

VogelWelten – Federn, Flügel, Vielfalt

Entwicklung
einer ökologisch, nachhaltig orientierten Ausstellung
zum Sympathieträger Vogel

DISSERTATION
zur
Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)
der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von
Thomas Lingen
aus
Asbach (Westerwald)

Bonn 2004

Angefertigt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

1. Referent: Prof. Dr. Wolfgang Böhme
2. Referent: Prof. Dr. Gerhard Kneitz

Tag der Promotion: 09.06.2005

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn

http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert.

Erscheinungsjahr: 2005

VORWORT

Einführung

Vögel sind eine faszinierende Tiergruppe. In der menschlichen Erlebenswelt nahezu immer zu finden, sei es auf dem Land oder in der Stadt, bereichern sie die Erde nicht nur als elementare Funktionsträger in einem hochkomplexen Lebensnetzwerk. Vielmehr beeindruckt sie auch durch ihre häufig grazile und farbenprächtige Schönheit und der oft beneideten Fähigkeit, sich in die Lüfte erheben zu können. Stets war der Mensch vom Vogelflug begeistert und seine Versuche, es den Vögeln nachzuahmen, haben schließlich in ihrem Erfolg unsere Welt verändert.

An Vögeln lassen sich exemplarisch ökologische Fragestellungen erläutern und Gefährdung und Schutz bedrohter Arten aufzeigen. Gerade am Beispiel der Vögel ist nicht nur die räumliche, sondern auch emotionale Nähe des Menschen deutlich erkennbar, die als Anknüpfungspunkt für tiefergehende umweltdidaktische Zielsetzungen dienen kann.

Ganz offensichtlich ist der Vogel durch sein Flugvermögen das Paradebeispiel für einen Organismus, der verschiedene Regionen besiedeln kann und in der jährlichen Wanderung zahlreiche, selbst viele tausend Kilometer entfernte Lebensräume vernetzt. Mit näherer Betrachtung der Vögel wird damit deutlich, dass sich Arten-, Natur- und Umweltschutz nicht auf Insellösungen und regionale Schutzmaßnahmen beschränken darf, möchte man effektive Lösungen realisieren. Dies wird erst durch Länder und Kontinente vernetzende internationale Kooperationen möglich.

Die Erhaltung der Artenvielfalt und der Natur sind heute mehr denn je vordringliche Aufgabe und alle Mittel und Wege müssen ausgeschöpft werden, um dieser Prämisse gerecht zu werden. Eine Ausstellung, die Elemente der Natur zum Thema hat, ist eine dieser Möglichkeiten.

Dankbare Aufgabe dieser Dissertation war es daher, eine museale Ausstellung zu Vögeln zu entwickeln und die hierfür notwendigen Kenntnisse über die potentiellen Besucher zu schaffen. Nach Ermittlung der Zielgruppe

fand sich hierfür in der Präformativen Evaluation eine geeignete Methode.

Danksagung

Nicht vergessen möchte ich allen zu danken, die mich bei Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Naumann zu Königsbrück, der mich überzeugte, eine Dissertation zu schreiben und als Doktorvater im Oktober 2001 in seine Arbeitsgruppe im Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn, aufnahm, stets für Fragen bereitstand und mit wertvollen Anregungen und Hilfestellungen die Fertigstellung dieser Arbeit ermöglichte. Ihm verdanke ich sehr viel. Selbst, als er schon schwer erkrankt war, hatte er für mich immer ein offenes Ohr. Leider verstarb er im Februar 2004.

Ihm, der mir die Dissertation ermöglichte, und meinem Großvater, Herrn Prestel aus Hürth, der mir die Welt der Vögel seit frühester Kindheit an näher gebracht hat, möchte ich diese Arbeit widmen.

Ich danke besonders auch meinem Promotionsbetreuer und Referenten Herrn Prof. Dr. Böhme, der meine Betreuung ohne Zögern übernommen und mich mit großem Einsatz unterstützt haben. Herrn Prof. Dr. Kneitz als Co-Referent gebührt ebenfalls mein ausdrücklicher Dank. Herrn Prof. Dr. Thein und Herrn Prof. Dr. Hachtel danke ich für das bereitwillige Mitwirken in der Promotionskommission. Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Museum Koenig für die tatkräftige Hilfe und die zahlreichen Ideen, allen voran Herr Bock, Frau Dr. van den Elzen, Herr Dr. Gerken, Frau Heine, Frau von Rappard, Herr Dr. Riede, Frau Dr. Schmitt-Scheersoie und Herr Steuer. Des weiteren danke ich Schulleiterin Frau Runkel (Grundschule Buchholz), Konrektor Herrn Becker (Regionalschule Asbach), Direktor Herrn Bröcher und Frau Eichendorf (Abendgymnasium Rhein-Sieg, Siegburg), Schulleiterin Frau Rollenske und Frau Ramos (Realschule Hennef), Schulleiter

Herrn Brengmann und Frau Held (Hauptschule Hennef), Schulleiterin Frau Beemers und Herrn Wiest (Gymnasium Hennef), Schulleiter Herrn Pelz und Frau Becktepe (Gesamtschule Hennef) für die freundliche Unterstützung und aktive Mitwirkung bei der Evaluation zur VogelWelten-Ausstellung.

Ich danke der Konrad-Adenauer-Stiftung, Sankt Augustin nicht nur für die Gewährung eines Graduiertenstipendiums mit der damit verbundenen finanziellen Förderung, sondern insbesondere auch für die ideelle Förderung in Form von Seminaren und anderen Veranstaltungen, die meine Einsichten erweitert und mich zu politischem Engagement auf kommunaler Ebene motivierten.

Die zeitintensive Aufgabe des Korrekturlesens eines Teils der Arbeit hat mein Bruder Tobias übernommen. Auch ihm möchte ich danken.

Zu guter Letzt danke ich meiner lieben Frau Esther für das Korrekturlesen weiter Teile der Arbeit, die andauernde Geduld, Ideen und konstruktiven Vorschläge und die Begleitung in zahlreiche Museen, Ausstellungen und weiteren Lern- und Erlebnisorte.

Hinweise zu Texten und Urheberrechten

Einführende, humorvolle oder über das Basiswissen hinausführende Texte sind mit ei-

nem rotem Kasten versehen. Soweit sie Grundlagen ansprechen oder weitergehende Informationen liefern, sind sie zusätzlich mit dem Hinweis „KURZ-INFO“ versehen.

Das Urheberrecht der Fotografien und Grafiken liegt bei den genannten Autoren. Solche Abbildungen sind durch „aus QUELLE“ in eckigen Klammern gekennzeichnet. Eine ausdrückliche Erlaubnis zur Veröffentlichung liegt von Herrn Reinhardt vor, dem ich an dieser Stelle recht herzlich danken möchte.

Selbst erstellte Grafiken und Fotografien sind daran zu erkennen, dass ihnen eine Quellenangabe fehlt oder gegebenenfalls die Ursprungsquelle mit „nach AUTOR“ angegeben ist.

Die Fach-Sammlung (Band 2) stellt keine wissenschaftliche Diskussion über Bereiche der Ornithologie dar, sondern lediglich eine Zusammenstellung möglicher Themeninhalte der geplanten VogelWelten-Ausstellung. Ihrer Aufgabe entsprechend verzichtet sie daher zu Gunsten einer leichteren Lesbarkeit auf übermäßige Literatur- und Autorenverweise innerhalb des Textes.

*Thomas Lingen,
Asbach (Ww) / Bonn, 01.04 2004*

**BAND 1 MUSEOLOGIE
KAPITEL-ÜBERSICHT**

| | | | |
|------------|-------------------------------------|------------|---|
| I | Dissertationsmotiv | IV.3 | Prinzipien der umweltbildungsgerechten Ausstellungsstruktur |
| II | Grundlagen der Museologie | IV.4 | Konzeptionen und Präsentationsgestaltung |
| II.1 | Geschichte der Institution Museum | IV.5 | Medien |
| II.2 | Grundtypen und Definitionen | IV.6 | Naturkundliche Ausstellungen im deutschsprachigen Raum |
| II.3 | Museumspädagogik und Akzeptanz | | |
| III | Mensch und Umweltbewusstsein | V | Besucherstrukturen |
| III.1 | Die Natur des Menschen | V.1 | Allgemeine Merkmale |
| III.2 | Umweltbewusstsein | V.2 | Die Besucher des Museum Koenig |
| IV | Die museale Präsentation | VI | Zielgruppe |
| IV.1 | Umweltbildung im Museum | VI.1 | Zielgruppen-Fixierung |
| IV.2 | Ausstellungsmotiv | VI.2 | Zielgruppen-Evaluierung |
| | | VI.3 | Präformative Evaluation |
| | | VII | Literaturverzeichnis |

INHALTSVERZEICHNIS

I Dissertationsmotiv

Thematische Begründung

Logische Gliederung

II Grundlagen der Museologie

II.1 Geschichte der Institution Museum

Die Odyssee (Auszug)

Ursprung des Museums

Das Museum im Mittelalter

Renaissance

Barock und spätere Epochen

Gegenwärtiges Museumsgrundverständnis

Historische Aufgabenchronologie

II.2 Grundtypen und Definitionen

Grundtypen der Museumslandschaft

Definition des ICOM

Definition des DMB

II.3 Museumspädagogik und Akzeptanz

Akzeptanz von Museen

Museumskunde

Museumspädagogische Forschung

Museumsdidaktik

Museumspädagogische Praxis

Museumspädagogik

Kritische Anmerkungen

III Mensch und Umweltbewusstsein

III.1 Die Natur des Menschen

Die Spezies „Mensch“

Globale Umweltprobleme

III.2 Umweltbewusstsein

Umweltschutz

Der Begriff „Nachhaltigkeit“

Engagement für den Umweltschutz

IV Die museale Präsentation

IV.1 Umweltbildung im Museum

Der Begriff der Umweltbildung

Umweltausstellungen

IV.2 Ausstellungsmotiv

Leitmotiv

Freiwilligkeit und Grundinteresse

Heterogene Zielgruppe

Soziale Gemeinschaft

Ganzheitlichkeit

IV.3 Prinzipien der umweltbildungsgerechten Ausstellungsstruktur

Lernprozesse

Besucherorientierte Ausstellungen

Grundlegende Voraussetzungen

Freude und Spaß machen

Eine Beziehung zum Besucher herstellen

Alle Sinne und Bewusstseinskomponenten

ansprechen

Mut statt Angst machen

Natur erleben lassen

Soziale Interaktion anregen

Eigenes Entdecken möglich machen

Besucher am Erkenntnisprozess beteiligen

Rollen- und Perspektivenwechsel ermöglichen
Botschaften auf spielerische Weise vermitteln
Das Prinzip „weniger ist mehr“ verfolgen
Komplexe Sachverhalte auf einfache Weise vermitteln
Konkretes statt Abstraktes vermitteln
Orientierungen bieten

Botschaften durch die Art der Gestaltung transportieren
Kindgerechte Aufarbeitung
Pausen erlauben
Vielseitig sein
Begreifen im Sinne von Be-Greifen und Greif-Bar
Ernstnehmen, nicht verurteilen

IV.4 Konzeptionen und Präsentationsgestaltung

Einführung
Deskriptiv-klassische Konzeption
Mäander-Konzeption

Lagunen-Konzeption
Kombi-Mäander-Lagunen-Konzeption

IV.5 Medien

Das Wesen des Mediums
Medien-Typen
Anordnungsprobleme
Vernachlässigung des Objekts
Computer- und Video-Präsentationen

Eindruck und Erfahrung
Besucher-Lenkung und Orientierung
Texte als Medium
Schautafel-Gestaltung
Text-Verknüpfungen mit anderen Medien

IV.6 Naturkundliche Ausstellungen im deutschsprachigen Raum

Liste

V Besucherstrukturen

V.1 Allgemeine Merkmale

Einführung
Allgemeine Besucherstruktur

Besucher-Nutzungstypen

V.2 Die Besucher des Museum Koenig

Einführung

Spezielle Besucherstruktur

VI Zielgruppe

VI.1 Zielgruppen-Fixierung

Soll- und Ist-Gruppen
Einfluss der Ausstellungsintention auf die Zielgruppen-Fixierung

Motiv
Zielgruppen-Fixierung
Konsequenz

VI.2 Zielgruppen-Evaluierung

Vernachlässigung der Grundlagenforschung
Legitimation und Begriffsdefinition
Status-Quo-Evaluation
Analog-Komparative Evaluation

Präformative Evaluation
Formative Evaluation
Remediale Evaluation
Summative Evaluation
Voraussetzungen und Standardregeln

VI.3 Präformative Evaluation

- VI.3.1 Motivation und Methodik
 - Erkenntnisgewinn und Nutzen
 - Fragestellung und Zielsetzung**
 - Vorbereitende Datenerhebungen
 - Methodik
 - Zielgruppe der Befragung
- VI.3.2 Kenndaten der VogelWelten-Evaluation
- VI.3.3 Durchführung
 - Test-Studie Vorlaufphase 1
 - Test-Studie Vorlaufphase 2
 - Hauptphase
 - Brief an Schulen
 - Standard-Version des Fragebogens
 - Kinder-Version des Fragebogens
 - Beteiligte Schulen
 - Ablehnungen
- VI.3.4 Ergebnisse und Analyse
 - VI.3.4.1 Einführung
 - Darstellungsform
 - Abkürzungen
 - VI.3.4.2 Demographie
 - Einführung
 - Summenwerte
 - A1 Befragte dividiert nach Alter
 - A2 Anzahl der in Schulen befragten Schüler(innen)
 - VI.3.4.3 Interesse an einer VogelWelten-Ausstellung
 - A1 Generelles Interesse an einer VogelWelten-Ausstellung
 - A2 Generelles Interesse der Museumsbesucher
 - A3 Generelles Interesse der Schüler(innen) nach Schulformen
 - A4 Generelles Interesse der Schüler(innen) nach Alter
 - A5 Zuordnung der im Museum befragten Schüler(innen) nach Schulformen
 - A6 Befragte Personen in Museum und Schule, dividiert nach Geschlecht
 - A7 Geschlechtsbezogene Interessensspezifitäten
 - A8 Besuchsrahmen
 - A9 Interessen der Befragten nach Themenschwerpunkten
 - VI.3.4.4 Wünsche, Erwartungen und Vorstellungen
 - A1 Zusätzliche Themenwünsche
 - A2 Erwartungen an eine Ausstellung zu Vögeln
 - A3 Spontanassoziationen zu Vögeln
 - VI.3.4.5 Kenntnisse
 - Einführung
 - A1 Offene Fragestellung
 - A2 Geschlossene/Offene Fragestellungen
 - A3 Offene Fragestellung
 - Statistische Kennwerte**
 - A4 Zusammenhang von Interesse und Kenntnis
 - VI.3.4.6 Kurzzusammenfassung

VII Literaturverzeichnis

I DISSERTATIONSMOTIV

Thematische Begründung

Die globale Umweltproblematik ist - wenigstens in den Industrieländern - in aller Munde. Dennoch steigt der Ressourcenverbrauch in vielen Bereichen weiter an, obwohl bereits seit langem bekannt ist, dass nur eine umweltverträgliche, nachhaltige, eine die Regenerationsfähigkeit der Ressourcen nicht übersteigende Umweltnutzung dazu beitragen kann, dauerhaft auf dem Globus Lebensbedingungen für die kommenden Generationen zu sichern. In anderen Worten: Die intellektuelle Einsicht in die Probleme ist - auch bei uns - bei weitem nicht so weit gediehen, dass sie zu entsprechenden Handlungsveränderungen geführt hätte.

Erst verbesserte Einsicht in die beobachteten Phänomene und die ihnen zugrunde liegenden Prozesse kann dazu beitragen, dass dieses Verständnis auch in konkretes Handeln umgesetzt wird. Zu deren Erreichung sind verschiedene Wege denkbar: Einer davon führt über eine frühzeitige Bewusstseinswerdung in der sensitiven Phase der Sozialisierung während der menschlichen Ontogenese. Dies ist ein Weg, für den es nur in begrenztem Umfang erprobte didaktische Modelle gibt und auf dem zweifellos erheblicher Nachholbedarf besteht.

Im Rahmen dieses Promotionsprojektes werden am Beispiel einer besonders beliebten Organismengruppe, der Vögel, Mittel und Wege einer musealen Ausstellung erarbeitet, mit denen Umweltbildung und Umweltverhalten nachhaltig verbessert werden können. Die Vögel wurden gewählt, weil sie von vielen Institutionen, beispielsweise der Naturschutzverbände (Zahlreiche dieser Verbände sind aus Vogelschutz-Gruppierungen entstanden.) allgemein als Sympathieträger verstanden werden und ein allgemeines - wenn auch nicht sehr detailliertes, positiv belegtes - Grundwissen zu dieser Tiergruppe vorausgesetzt wird. So hoffe ich, dass meine Dissertation ihren Beitrag zur Erreichung eines verbesserten

Umweltbewusstseins leisten kann, Pflanzen und Tiere wieder mehr ins Zentrum des menschlichen Lebens rücken, als Mitgeschöpfe unseres Planeten in Achtung begriffen werden und neben dem Menschen ein fortwährendes Existenzrecht erhalten.

Logische Gliederung

Wie bereits geschildert, sollen Umweltbildung und Umweltverhalten mithilfe einer Ausstellung verbessert werden. Dies erfordert zunächst eine Kenntnis über die Besucherstruktur des Museums. Erst so kann die Zielgruppe der VogelWelten-Ausstellung definiert werden, jene Gruppe, die Ansprechpartner und Adressaten sind.

Eine Ausstellung kann jedoch nur dann erfolgreich sein, wenn genauere Daten über Kenntnisse, Erwartungen, Vorstellungen, Wünsche und Interessen ihrer (potentiellen) Besucher vorliegen und mit in die Präsentationskonzeption einfließen. Diese Datenerhebung wird über eine Präformative Evaluation erreicht, bei geplanten Projekten dieser Art das probate Mittel der Evaluationsforschung. Zusammen mit den gegebenen räumlichen Voraussetzungen und Prinzipien der Museumspädagogik stellen sie die Basis für die geeignete Wahl der Ausstellungsinhalte und der didaktischen Methodik dar und bilden so die Grundlage für die eigentliche Ausstellungskonzeption.

Die exakte Zuordnung der einzelnen Projektteile zu den drei Bänden ist der Abbildung Ia (siehe folgende Seite) zu entnehmen.

So erarbeitet und diskutiert Band 1 museumspädagogische und -didaktische Grundlagen und stellt die eigenen in Schulen und Museum durchgeführten Zielgruppen-Forschungen der Interessen, Erwartungen und Kenntnisse der potentiellen Besucher (Besucherforschung, Präformative Evaluation) und ihre Ergebnisse und Interpretation vor.

Der zweite Band widmet sich den wesentlichen Merkmalen der Klasse „Aves“ (Vögel) und weiteren möglichen Ausstellungsinhalten. Dabei versteht sich dieser Teil als Sammlung und Nachschlagewerk der für eine Ausstellung potentiell geeigneten Inhalte, ohne ein Kompendium oder eine wissenschaftliche Diskussion der Ornithologie darzustellen. Band 2 muss daher für ein Verständnis der Dissertationshauptbestandteile, die in den Bänden 1 und 3 zusammengefasst sind, nicht vollständig gelesen werden.

Der vorangestellten fachlichen und museumspädagogischen Basis folgen im dritten Band schließlich konkrete Vorschläge zu einer optimalen, heutigen Ansprüchen gerecht werdenden Präsentation einer Ausstellung zur Vogelwelt. Die entwickelten, konkreten didaktischen Ansätze für eine Ausstellung stellen nicht nur die Besonderheiten dieser Gruppe vor, sondern vor allem übergeordnete Leistungs- und Wirkungsmechanismen mit generellem Umweltbezug, die unter der genannten umweltdidaktischen Zielsetzung geeignet erscheinen.

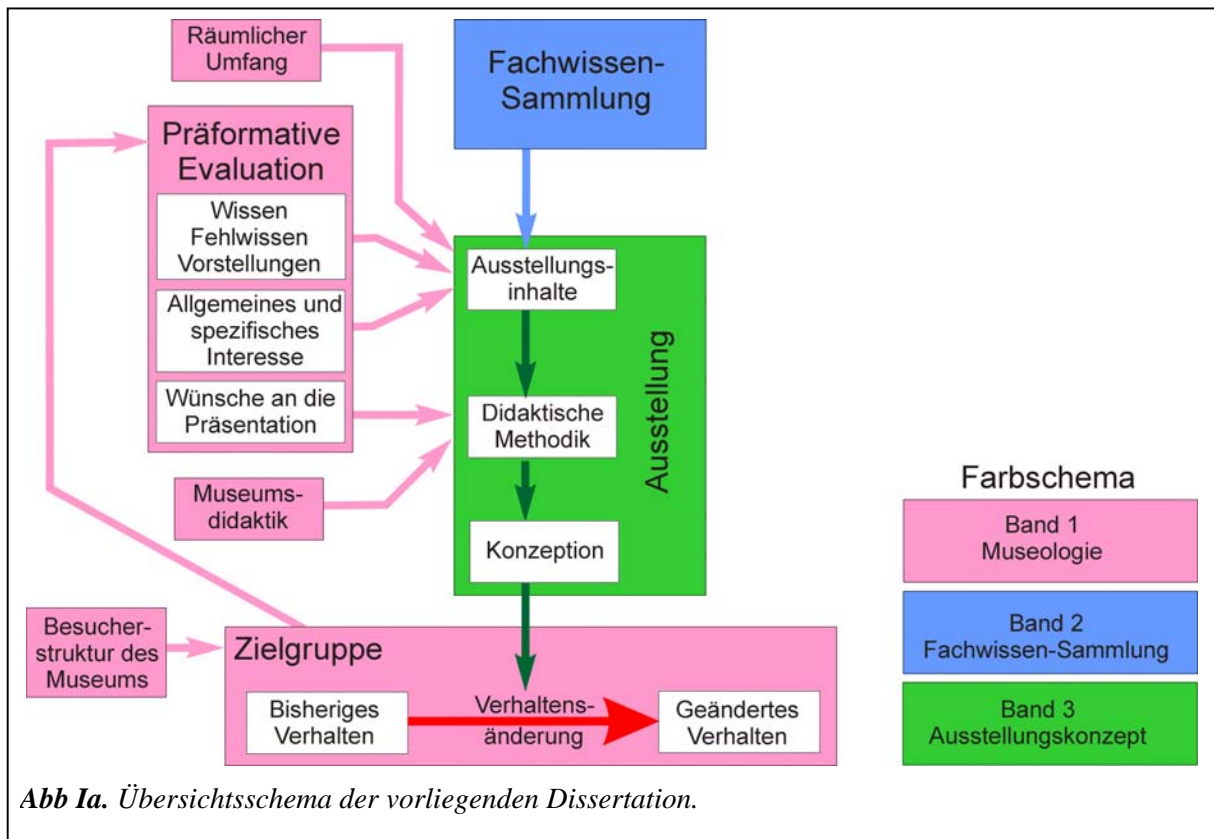


Abb Ia. Übersichtsschema der vorliegenden Dissertation.

II GRUNDLAGEN DER MUSEOLOGIE

II.1 GESCHICHTE DER INSTITUTION MUSEUM

Die Odyssee (Auszug)

Ανδρα μοι εννεπε, μουσα, πολυτροπον, ος μαλα πολλα
πλαγχθη, επει Τροιηζ ιερον πτολιεθρον επερσεν,
πολλων δ ανθρωπων ιδεν αστα και νοον εγνω
πολλα δ ο γ εν ποντω παθεν αλγεα ον κατα θυμον,
αρνυμενοζ ην τε ψυχην και νοστον εταιρων.

Sage mir, Muse, die Taten des vielgewanderten Mannes,
welcher so weit geirrt nach des heiligen Troja Zerstörung,
vieler Menschen Städte gesehn und Sitte gelernt hat
und auf dem Meere so viel unnennbare Leiden erduldet,
seine Seele zu retten und seiner Freunde Zurückkunft.

(entnommen aus der Odyssee von Homer,
des griechischen Epikers der zweiten Hälfte des achten Jahrhunderts vor Christus)

Ursprung des Museums

Die Geschichte des Museums und des Begriffs „Museum“ reichen bis in die griechische Antike und ihrer Mythologie und Religion zurück.

Nach der Zerstörung Trojas, so die Sage, reiste Odysseus, der seiner Ehefrau Penelope nicht untreu werden wollte und sich daher weigerte die Göttin Kalypso zu ehelichen, zur Strafe von Poseidon, dem Gott des Wassers, in langen Irrfahrten über die Meere. Er hoffte auf die Unterstützung der Musen, jener neun Töchter des Zeus, des obersten Gottes der griechischen Mythologie, die die Göttinnen der Künste und der Wissenschaften waren.

Jede der neun Töchter, Erato, Euterpe, Kalliope, Klio, Melpomene, Polyhymnia, Terpsichore, Thalia und Urania, stand für eine der vielen Künste und Wissenschaften. Ihnen zu Ehren war in Alexandria eine besondere Stätte geweiht worden. Als Tempel der Musen bestach die mit Museion bezeichnete Gedenkstätte besonders durch ihre wertvolle Kunst-

sammlung. Das Museum als Ort der Sammlung der Künste und Wissenschaften war geboren.

Das Museum im Mittelalter

Doch längst noch waren die in der Folgezeit zahlreich angelegten Sammlungen nicht der breiten Öffentlichkeit zugedacht. Auch fehlte solchen Sammlungen der ordnende, systematische Charakter heutiger Museen. Das dem Kinde schon innewohnende starke Bedürfnis des Sammelns zeigte sich in mittelalterlichen Raritäten- und Naturalienkabinetten, Reliquiensammlungen und Kunstkammern. Sie waren eher dem Exotischen, Außergewöhnlichen, Magischen und Missgestaltetem gewidmet (Rietschel (1986)) als der vollständigen Darstellung spezieller Themenkomplexe. Auch dienten sie im Wesentlichen neben der Befriedigung der persönlichen Sammlerleidenschaft einzelner Herrscher und Fürsten der Zurschaustellung eigenen Vermögens und Bildung.

Renaissance

Im 15. und 16. Jahrhundert wurden die klassische Antike und ihre Kunst, naturwahrheitliche Betrachtung und Kultur als Vorbild des kulturellen Lebens wiederentdeckt. Die naturgetreue Abbildung der Wirklichkeit wurde zum zentralen Kerngedanken der Bewegung, die besonders in Italien Anhänger, wie Giotto, Pisano, Leonardo, Michelangelo und Raffael, fand und sich von dort nach 1500 im übrigen Europa, unter anderem durch Dürer und Cranach, ausbreitete.

In der Zuwendung zur Historik und wissenschaftlichen Arbeitsweise verkörperte sich der aufkeimende Humanismus. Die Forschung wurde so einer der grundsätzlichen Ansätze der Sammlungen.

Barock und spätere Epochen

Immer mehr setzte sich im 17. und 18. Jahrhundert der Gedanke der systematischen Sammlung durch, der in Naturalienkabinetten besonders durch das mit der 10. Ausgabe der *Systema Naturae* im Jahr 1758 vorgestellte binominale System des Carl von Linné Auftrieb erhielt. Erst mit diesem war eine wirkliche Zuordnung der Pflanzen und Tiere nach ihren morphologischen Ähnlichkeiten in verwandtschaftlichen Klassifizierungen möglich geworden.

Der Tendenz zur säkularisierten Bildung entsprechend öffneten sich die bis dato nur sehr wenigen Personen zugänglichen Sammlungen im 18. Jahrhundert der Öffentlichkeit. Die Aufgaben der Museen erweiterten sich hiermit von den Stätten reiner Sammlung, Bewahrung und elitären Wissenschaft hin zu Orten, die darüber hinaus auch der Präsentation dienen.

Auch vollzieht sich ein Wandel der Sammlungen vom reinen Ansammeln von Gegenständen verschiedenster Herkunft zum gezielten Sammeln bestimmter Objekte in Spezialmuseen, die sich einem einzelnen oder wenigen Wissenschaftsgebieten verschrieben haben. In dieser Zeit entstanden große Museumsinstitute der Naturkunde, wie das Naturmuseum Senckenberg in Frankfurt oder das

Natural History Museum in London (HdK (1993)).

Johann Julius Hecker sah in den Naturalienkabinetten seiner Zeit oftmals Sammlungen von Gegenständen, „welche wenig Nutzen schaffen, weil sie nur den Fremden und Durchreisenden als Kuriositäten gezeigt werden.“ Er wünschte sich, wie er in der 1747 veröffentlichten Denkschrift „Plan zur Gründung einer mechanischen Realklasse“ schrieb, eine Form, in der „dergleichen Dinge zum allgemeinen Besten könnten nutzbar gebraucht werden: das ist gewiß zu erwarten, wenn (...) dergleichen Dinge der Jugend gezeigt und ihr dabei das nötige (...) auf eine leicht begreifliche und historische Weise beigebracht würde“ (zitiert nach Fingerle (1992)). Schule und Museum waren so – seiner Meinung nach – in ihrer neuen Aufgabenstellung eng miteinander verwoben.

Der ursprünglichen Funktion der Sammlung und Bewahrung von Gegenständen trat durch diese Sichtweise eine völlig neue hinzu. Die Bildungsfunktion von Museen wurde hiermit postuliert, wodurch sich das Aufgabenspektrum der Museumseinrichtungen abermals erweiterte.

Am Senckenberg Museum wurde ab 1826 an Sonntagen für „lernbegierige Knaben“ Unterricht erteilt und die Stadt Frankfurt am Main unterstützte finanziell die Gründung einer „Unterrichtsanstalt für Naturgeschichte“ (Schäfer). Die späteren Unterrichtsreihen im Senckenberg Museum in Form von Vorlesungen, Praktika und Kursen waren Initiatoren zur Gründung der Universität zu Frankfurt (Fingerle (1992)).

Alfred Lichtwark, der ab 1886 Direktor der Hamburger Kunsthalle war, sah in den Museen als „Volksbildungsstätten“ ihre demokratische Aufgabe. Auf einer Tagung im Jahre 1903 verkündete er: „Die Museen, die dem ganzen Volke offen stehen, die allen zu Dienste sind und keinen Unterschied kennen, sind Ausdruck demokratischen Geistes“ (Lichtwark (1905)).

Gegenwärtiges Museumsgrundverständnis

Die seitdem entwickelten und noch heute gültigen Aufgaben und Funktionen des Museums „Bewahren“, „Forschen“, „Selektives Sammeln“, „Präsentieren“ und „Bilden“ treten in ihrem materiellen Fundus und strukturellen Aufbau stets deutlich hervor. Außer von geführten Schulklassen, Gruppen und den zur Bevölkerungszahl vergleichsweise wenigen besonders Interessierten würden die Museen aber kaum besucht werden. Für den Großteil der Menschen würden diese Aufgabenfaktoren wohl nicht nur eine annähernd für einen Besuch ausreichende Attraktivität bedeuten.

Etliche Untersuchungen und Schriften zur Museumskunde vernachlässigen den Hauptgrund zahlreicher Besucher für das Aufsuchen eines Museums völlig. Diese begreifen den Erholungs- und Erlebniswert in einem Museum neben dem Bildungscharakter als deutlichen Besuchsanziehung. Zu Zeiten weniger Möglichkeiten aktiver Freizeitgestaltung durch äußere Programmanbieter reichte die rein deskriptive, systematisch geordnete Ausstellungsform aus. Heute kann Freizeit in vielerlei Form gestaltet werden, so dass Erholungs- und Erlebnisbedürfnis durch unterschiedlichste Art und Weise gedeckt werden können. Mit dieser Erkenntnis geht die Feststellung einher, dass gerade in unserer heutigen Zeit der sich ständig expandierenden Freizeitindustrie diese mit den klassischen Museen in unmittelbare Konkurrenz tritt.

Um auch in Zukunft mit den Freizeit- und Erlebnisangeboten anderer konkurrieren zu können, sind Anpassungen an die gesteigerten Ansprüche – nicht nur auf dem Freizeitsektor, sondern auch auf dem Bildungsniveau – potentieller Besucher unumgänglich. Dies haben bereits zahlreiche Institutionen, so auch das Zoologische Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK) in Bonn erkannt und befinden sich auf dem besten Wege, der ihr neu zugedachten Funktion gerecht zu werden ohne dabei die alten zu vergessen.

Gleichzeitig mit Aufkeimen der Freizeitindustrie in den 1960er Jahren ist eine weitere

neuerliche Aufgabe an die Museen herangetragen und vielerorts bereits in die Konzeption integriert worden. Den Museen wird spätestens seit der Kultusminister-Konferenz vom 3. Juli 1969 eine spezielle Bedeutung in der Vermittlung der Umweltbildung beigemessen (Weyer, Naumann (1994)). Sie vertrat in ihrer „Empfehlung zum Bildungsauftrag der Museen“ die eindeutige Auffassung, dass „in der Bewahrung von Erbe und Tradition, nicht zuletzt aber auch in der Vermittlung gegenwarts- wie zukunftsbezogener Aspekte, die Museen unser Verständnis für die Welt und Umwelt schärfen; sie bereichern und vertiefen so das Wissen um unsere eigene Existenz“ (Satzstellung angepasst, zitiert nach von Freyermann (1988)).

Klausowitz verkündet 1978 sogar, dass „ein rezent-biologisch ausgerichtetes Naturkunde-Museum ohne Ökologie in der Forschung und ohne Umweltschutzthematik in der Ausstellung heute als ein unvollständiges Museum gesehen werden muss“ (Klausowitz (1978)). Nicht nur die Vermittlung reiner Umweltbildung wird als Ziel formuliert, sondern zugleich auch die Förderung der Bereitschaft für einen verantwortungsvollen Umgang mit den Ressourcen der belebten Welt und unseres Planeten.

Zu transportierende Botschaft („take home message“) ist, dass nur eine die Regenerationsfähigkeit nicht übersteigende, nachhaltige Umweltnutzung dazu beitragen kann, dauerhaft Lebensbedingungen für die kommenden Generationen zu sichern. Da erst eine verbesserte Einsicht in die beobachteten Phänomene und Prozesse dazu beitragen kann, dass in einer demokratischen Gesellschaft entsprechende, vom Volk getragene Handlungsveränderungen eintreten können, kommt den Museen hier eine bedeutsame Rolle zu.

Selbst die Bundesrepublik Deutschland hat diese Aufgabe mit übernommen und im Grundgesetz verankert: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen...“ (Grundgesetz, Artikel 20a, eingefügt am 27. Oktober 1994).

Auch wenn die „meisten Erwachsenen es vorziehen, ihre Bildung als Unterhaltung verpackt zu sehen“, darf diese doch nicht vernachlässigt werden, so Miles 1983. „Die Chance wäre vertan, die Besucher sehr befriedigt und zugleich gut informiert aus dem Museum gehen zu lassen“ (Miles, Lewis (1983)). Auf dem Opferaltar der Freizeitindustrie darf der Bildungscharakter des Naturkundemuseums nicht geopfert werden, es gilt daher vielmehr die Prämisse, die gewünschten Bildungsinhalte auf eine unterhaltsame, erlebnis- und lehrreiche Art und Weise zu transportieren.

Der Boom der Musealisierung

Immer zügiger scheint sich das Rad der Geschichte zu drehen. Die Innovations-, Erfindungs- und Wissensrate wächst von Jahr zu Jahr. Gleichzeitig veraltern Neuerungen jeglicher Art immer schneller. Der Computer von heute ist morgen schon ein Auslaufmodell. Der Rechenschieber dagegen erhielt Jahrhunderte lang keine wirkliche Nachfolger-Generation. Mit der sich immer schneller verändernden Umgebung jedes Einzelnen geht ein Vertrautheitsschwund und eine subjektiv empfundene Gegenwartsschrumpfung einher. Solche Konsequenzen dieser zivilisatorischen Dynamik versucht die Gesellschaft durch „kompensatorische Vergangenheitsvergegenwärtigung“ (nach Lübke, zitiert aus Parmentier (1996)) zu mildern. Denkmalschutz, historische Geisteswissenschaften und Museen stellen hier gewissermaßen die Verbindung zwischen der Erinnerung an die Vergangenheit und alten Wertvorstellungen mit der Gegenwart her.

Die progressive Musealisierung spiegelt sich in der starken Zunahme der Museen generell und ihrer Besucherzahlen wider.

Gab es beispielsweise um das Jahr 1900 in der Schweiz etwa 12 Heimatmuseen, stieg ihre Zahl vor dem zweiten Weltkrieg auf 20 und in

den 1960er Jahren gar auf etwa 120.

Die Musealisierung der Schweiz ist jedoch kein Einzelphänomen, auch in Deutschland lassen sich solche Prozesse beobachten.

Allein in Bonn wurden zwischen 1980 und 1990 fünf Museumseinrichtungen eröffnet. 1992 folgten mit dem Kunstmuseum Bonn und der Kunst- und Ausstellungshalle zwei weitere museumsähnliche Einrichtungen. Auch die Eröffnung des Museums „Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland“ im Jahr 1994 ist im Kontext der Musealisierung zu sehen. Mit Stand von 1994 finden sich in Bonn bereits 21 Museen der verschiedensten Richtungen und Typen.

Seit Beginn der Erfassung aller relevanten Museumseinrichtungen im Jahr 1981 durch das Institut für Museumskunde in Berlin ist die Zahl der Museen von 2076 (1981) auf 3600 im Jahr 1992 (nur alte Bundesländer) gewachsen

Die Besucherzahlen entsprechen dieser Entwicklung. Seit den 1980er Jahren sind sie von 52.428.000 (1982) über 56.748.000 (1984) auf schließlich 62.000.000 im Jahr 1986 stetig gestiegen (nach Statistisches Jahrbuch der BRD, nach Leder (1988), zitiert in von Freymann (1988)).

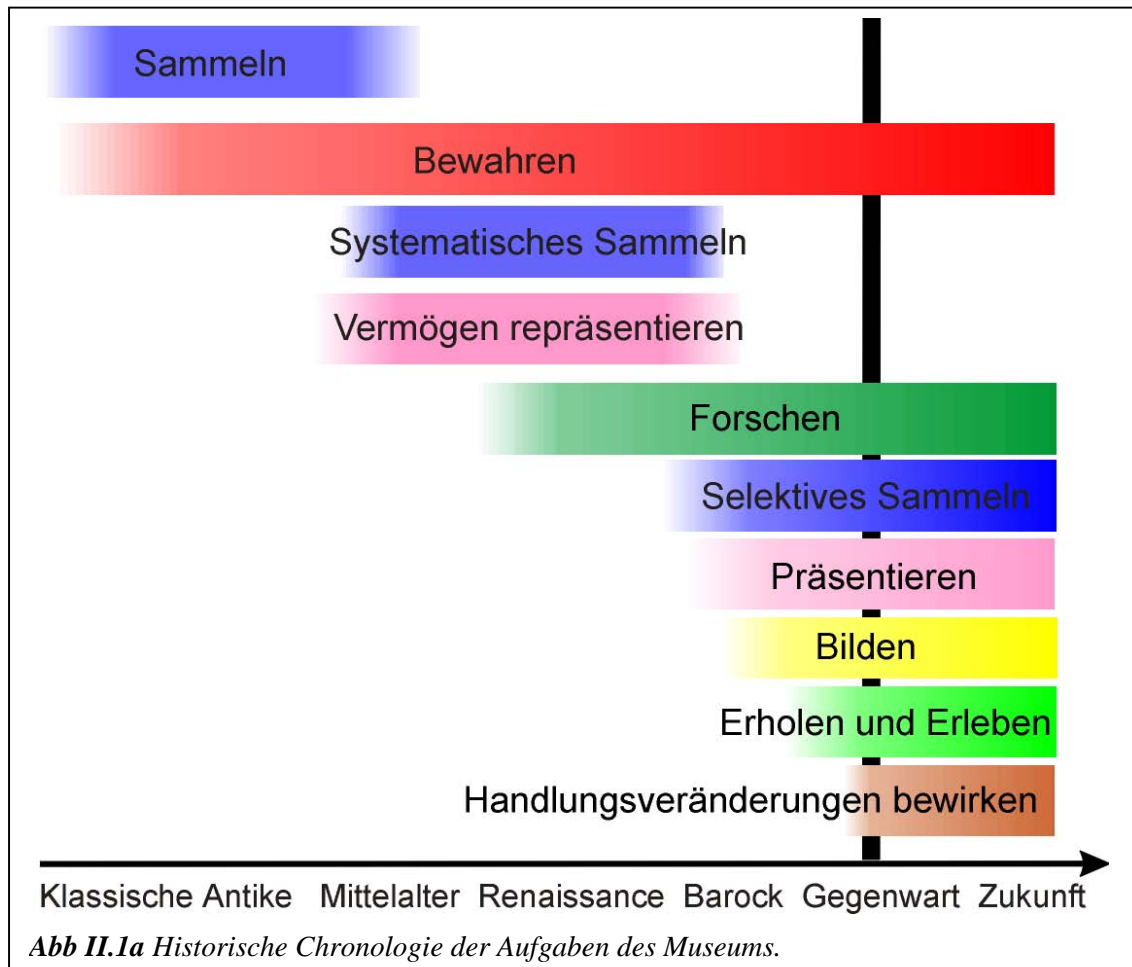
Auch wenn die Besucherzahlen deutschlandweit steigen, führen die Gründungen zahlreicher neuer Museumseinrichtungen zu ebenso neuen Konkurrenzsituationen um die Besucher. Zudem ist seit 1990 jährlich eine leicht nach unten weisende Tendenz der Besucherzahlen zu verzeichnen (Institut für Museumskunde, zitiert in Gesch (1994)).

Gleiches gilt auch für das Museum Koenig. Auch dort ist seit langer Zeit eine Stagnation der Besucherzahlen feststellbar gewesen. Ein Grund, so Eva Leis (Leis (1993)), sei unter anderem auf die wachsende Konkurrenz durch die Eröffnung zweier großer Museen in unmittelbarer Nähe gewesen.

Historische Aufgabenchronologie

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass jede große Zeitepoche unserer historisch-kulturellen Entwicklung dem Museum neue Aufgaben und Funktionen beigemessen und

hinzugefügt hat. Die Grafik II.1a fasst diese kurz zusammen. Spannend ist die hypothetische Frage, welche Aufgaben den Museen künftiger Epochen noch hinzugefügt werden und welche Rolle Museen spielen werden.



II.2 GRUNDTYPEN UND DEFINITIONEN

Grundtypen der Museumslandschaft

Das bereits beschriebene Entstehen von Spezialmuseen, die einzelne oder wenige Wissenschaftsgebiete behandeln, führte zu einer Klassifizierungsmöglichkeit der einzelnen Museen in bestimmte Grundtypen, derer Wilhelm Schäfer (Schäfer ((1974)) vier sah. Er kategorisiert alle Museen in

1. *Kulturhistorische Museen, die Objekte menschlicher Herstellung zum Thema haben,*
2. *Kunstmuseen, die sich menschlicher Kunstwerke annehmen,*
3. *Museen der exakten Wissenschaften, die sich besonders physikalischen, chemischen, astronomischen und teilweise geowissenschaftlichen Disziplinen widmen, und schließlich*
4. *Naturkundliche und Naturhistorische Museen, die sich biologischen und erdgeschichtlichen Komplexen verschrieben haben und Objekte der Natur ausstellen.*

Als Sonderformen können solche Museen verstanden werden, die Themen verschiedener Museumstypen bearbeiten und daher als Verbundmuseen bezeichnet werden und auch diejenigen Museen, die als Spezialmuseum konkrete Fragestellungen erörtern.

Auch wenn Mörmann die These vertrat, der Begriff „Museum“ verfüge über „keine zeitgemäße, allgemein anerkannte Definition“ (Mörmann (1979)), so sind doch zwei Definitionen gängige Praxis, die in ihrer Auslegung genügend Spielraum für alle Formen von Museen offen lassen.

Definition des ICOM

Die Definition des International Council of Museums (ICOM) besagt:

„A museum is a non-profit making, permanent institution in the service of society and its development, and open to the public which acquires, conserves, researches, communicates and exhibits, for purposes of study, education and enjoyment, material evidence of people and their environment“ (ICOM: Statutes, Paris (1990), zitiert nach Vieregg (1994)).

Definition des DMB

Der Deutsche Museumsbund (DMB) fasst seine Definition eines Museums enger in vier Kernaussagen (Vorstand des Deutschen Museumsbundes und Eisleb (1987)):

1. *Ein Museum ist eine von öffentlichen Einrichtungen oder von privater Seite getragene, aus erhaltenswerten kultur- oder naturhistorischen Objekten bestehende Sammlung, die zumindest teilweise regelmäßig als Ausstellung der Öffentlichkeit zugänglich ist, gemeinnützigen Zwecken dient und keine kommerzielle Struktur oder Funktion hat.*
2. *Ein Museum muss eine fachbezogene (etwa kulturhistorische, historische, naturkundliche, geographische) Konzeption aufweisen.*
3. *Ein Museum muss fachlich geleitet, seine Objektsammlung muss fachmännisch betreut werden und wissenschaftlich ausgewertet werden können.*
4. *Museumsobjekte werden zur Freude und Information der Öffentlichkeit ausgestellt. Die Schausammlung des Museums muss eine eindeutige Bildungsfunktion besitzen.“*

II.3 MUSEUMSPÄDAGOGIK UND AKZEPTANZ

Akzeptanz von Museen

Auch wenn man dazu geneigt ist, anzunehmen, dass jeder nicht nur weiß, was Museen sind, sondern sie auch als wichtiges Element unserer gesellschaftlichen Kulturlandschaft auffasst, darf man nicht generell von einer solchen Einsicht ausgehen.

In der differenzierten Betrachtung der Bevölkerung offenbaren sich verschiedene Einstellungen.

So sehen die einen im Museum einen nicht wertbesetzten, unbekanntem Ort, der einen Besuch nicht lohnt, andere sprechen Museen Eigenschaften zu, die „fernen Inseln“ gleichen, „die nur bei seltenen Ausflügen wie Märchenreiche aufgesucht werden“ (Klein, zitiert aus HdK (1993)). Nur einem kleinen Bevölkerungsteil sind Museen etwas Vertrautes, etwas, was zur eigenen Lebenswelt gehört. Sie empfinden den Museumsbesuch allerdings auch nicht als Alltagsbeschäftigung, sondern eher als Genuss und Bereicherung. So wird das Museum für ihre Besucher zu einem Ort für ein „überhöhtes Freizeiterlebnis“ (HdK (1993)).

Museumskunde

Um die Akzeptanz in der Bevölkerung zu erhöhen und den Besucher in Interaktion mit der Ausstellung nicht nur zu bilden, sondern auch ein Erlebnis und unmittelbaren Kontakt mit den exemplarisch aus der wirklichen Welt herausgegriffenen (Natur-)Objekten zu vermitteln, muss das Museum seine Ausstellungenskonzeption auf geeignete Weise an die Voraussetzungen und strukturellen Charaktereigenschaften seiner (potentiellen) Besucher ausrichten.

Die Museumskunde liefert hierfür das Gerüst, indem sie fachwissenschaftliche Erkenntnisse der Museumsforschung und benachbarter Wissenschaftsdisziplinen, wie der Psychologie oder Pädagogik, zusammen mit rechtlichen und organisatorischen Grundfragen und Lösungsansätzen sammelt und zur Verfügung stellt.

Museumspädagogische Forschung

Die Museumskunde bedient sich der Museumspädagogischen Forschung, um die eben angeführten Erkenntnisse der Wechselwirkungen zwischen Ausstellung und Besucher zu eruieren und zu evaluieren. Sie kann so Methoden der Verbesserung des Bildungserfolgs liefern.

Museumsdidaktik

Die in der Museumspädagogischen Forschung ermittelten und durch die Museumskunde verbreiteten Erkenntnisse können durch eine gezielte Präsentation der musealen Objekte in die Praxis umgesetzt werden. Dies leistet die Museumsdidaktik, die in ihrer Methodik das Bildungsanliegen des Museums realisieren möchte. Darüber hinaus soll sie gar „hinausweisen in Gegenwart und Zukunft, Ableitungen für das eigene Leben bieten“ (Schmeer-Sturm, zitiert aus Schelte (1999)).

Museumspädagogische Praxis

Es kann für alle Besucher nur eine Ausstellung installiert sein. Da jeder Besucher jedoch andere Voraussetzungen, Bildungshorizonte und Erwartungen mitbringt, ist es die besondere Aufgabe der Museumspädagogischen Praxis, diese bestehenden Unterschiede auf eine geeignete Art und Weise so zu kompensieren, dass sich die Ausstellung für alle Besucher gleichermaßen interessant, spannend, erlebnis- und lehrreich darbietet. Dies kann beispielsweise über Führungen realisiert werden.

Museumspädagogik

All jene angesprochenen Themenfelder, von der Museumskunde über die Museumspädagogische Forschung und Museumsdidaktik bis schließlich zur Museumspädagogischen Praxis, sind Teildisziplinen und Bausteine der Museumspädagogik, die eine klare „bildungsbezogene Vermittlungsfunktion“ (von Freymann (1988)) vertritt.

Die Bildungsziele werden natürlich vom Museum selbst bestimmt, sollten jedoch auch dem demokratischen Leitprinzip unserer

Gesellschaft entsprechend erkennbar und publik sein.

Als besondere Chance sollte hierbei von Museen die Nähe zum Objekt gesehen werden. Kaum eine andere Institution ist in der Lage, trotz der gewährten Distanz, die auch Vorteil sein kann, dennoch so nah an den eigentlichen Gegenstand der Betrachtung zu kommen. Gerade in der Hinführung und Vermittlung zwischen Objekt und Besucher liegt die Aufgabe der Museumspädagogik (von Freymann (1988)). Die Aufgabe des Museums kann jedoch nicht darin liegen, umfassend und erschöpfend über einen bestimmten Sachverhalt zu informieren und zu bilden. Vielmehr sollen Interesse und Denk- und Lernprozesse initiiert werden (Schelte (1999)) und im Sinne der Umweltbildung Handlungsveränderungen hin zu einer die Regenerationsfähigkeit nicht übersteigenden, nachhaltigen Umweltnutzung induziert werden.

Kritische Anmerkungen

Für den einzelnen Besucher ist das Museum ein Ort, den er freiwillig aufgesucht hat. So gestalten sich auch alle Lern- und Bildungsprozesse auf einer freiwilligen, durch Interesse geprägten Ebene. Die beste Ausstellung muss daher bei desinteressierten und demotivierten Besuchern in der Vermittlung ihrer Bildungsziele scheitern, gelingt es ihr nicht, den Besucher in ihren Bann zu ziehen. Herausragende primäre Aufgabe der Museumspädagogik muss also sein, durch eine geeignete Form der Ausstellungspräsentation und Vermittlung Begeisterung und Interesse für den behandelten Themenkomplex zu schaffen.

Für die zahlreichen Schülerinnen und Schüler jedoch, die im Rahmen eines Schulausfluges das Museum aufsuchen, ist der Besuch in ein curriculares Rahmenkonzept eingebunden und der Lernerfolg mehr oder weniger durch Betonung extrinsisch motiviert und aufgezwungen. Von einem zumindest basalen Grundinteresse an der Thematik darf somit nicht unbedingt ausgegangen werden.

So kann dank der latent drohenden Gefahr schlechter Noten zwar der Lernerfolg meist erreicht werden, erwünschte Handlungsveränderungen beim Besucher werden sich jedoch kaum einstellen. So gibt es zahlreiche Untersuchungen, die bestätigen konnten, dass ein

gelerntes Verhalten nichts mit einer späteren tatsächlichen Ausführung zu tun haben muss. Es ist demnach zu unterscheiden zwischen dem Lernen und der Kenntnis über verantwortungsvolles Handeln und Verhalten im Sinne der Umweltbildung und ihrer realen Anwendung. Eine Ausstellung mit Intention der Umweltbildung muss dies berücksichtigen.

Besonders Spaß, Freude, eigenes Entdecken und Erleben können tiefgreifende Spuren hinterlassen. Doch gerade auf diesen Gebieten haben Vergnügungs- und Erlebnisparke, wie das Phantasialand (Brühl), das Hamburg Dungeon oder Fort Fun im Sauerland den klassischen Museen schon lange Zeit den Rang abgelaufen. Die heutigen Museen müssen als Ort der aktiven Freizeitgestaltung eben mit diesen Institutionen um die Besucher unmittelbar konkurrieren. Einige der Museen, museumsähnlichen Einrichtungen oder zoologischen Gärten stellen sich bereits dieser neuen Aufgabe und versuchen durch erlebnisreiche Zusatzangebote oder Neugestaltung ihrer Anlagen und Elemente ihre Attraktivität zu erhöhen. Im Neuwieder Zoo werden so beispielsweise neue große Gehege für artgerechte Haltung in natürlicher Umgebung gestaltet, erlebnispädagogische Elemente, wie Klappen und Gucklöcher, aufgebaut oder Informationstexte in Neugier weckender Weise dargeboten.

Das Museum sollte sich, möchte es neben den modernen Erlebnis- und Spaßstätten bestehen, zumindest auf dem Gebiet „Spaß und Erlebnis“ eben bei genau diesen Institutionen einiges „abschauen“.

Kritisch hat sich H. Treinen mit dem Museum als Lernort auseinandergesetzt. Seiner Auffassung nach sei das Museum nicht einmal unbedingt ein Ort des Lernens. „Museen und ihre Inhalte können ausschließlich als Verstärker im Hinblick auf vorweg übernommene und eingeübte Geschmacksrichtungen und Interessenschwerpunkte aufgefasst werden“ (Treinen, zitiert aus Fingerle (1992)). Verschiedene Faktoren, wie beispielsweise eindeutige Lernziele und eine Aufgeschlossenheit des Besuchers, bedingen einen Lernerfolg im Museum. Ein besonderes Problem sieht Treinen in der Heterogenität der Besucher, die es nicht ermöglichen, alle Besucher gleichermaßen anzusprechen.

III MENSCH UND UMWELTBEWUSSTSEIN

III.1 DIE NATUR DES MENSCHEN

Die Spezies „Mensch“

Die Spezies „Mensch“ ist ein Produkt der Natur und ihrer Wirkungsmechanismen und als solche zunächst nur eine der vielen Lebensformen des Globus, eine einzige Position auf der langen Liste der Arten.

Kein Lebewesen dieses Planeten kümmert sich prinzipiell um die Erhaltung der natürlichen Ressourcen oder um eine Erhaltung von Umwelt und Natur in ihrer einzigartigen Vielfalt belebter wie unbelebter Erzeugnisse.

Das einzige, worum sich jedes Lebewesen stets kümmert, ist das ureigene Überleben und die Weitergabe seiner Gene in Form eigener Nachkommen. Selbst um die Erhaltung seiner Spezies ist kein Lebewesen bemüht, außer er profitiert selbst durch ein solches Verhalten, was dann auch die eigentliche Triebfeder für zunächst scheinbar uneigennütziges Verhalten darstellt. Immer geht es um die Fortsetzung der eigenen genetischen Linie. Der größere Reproduktionserfolg ist das letztendlich einzig wirksame evolutionäre Selektionsprinzip der Natur.

Dem Menschen ist als ein Erzeugnis der evolutionären Prozesse demnach zunächst auch nicht eine umweltgerechte, ökologisch, nachhaltig orientierte Handlungsweise „mit in die Wiege gelegt“. Sie kann daher auch nicht erwartet und vorausgesetzt werden. Die „Natur des Menschen“ im Sinne seines grundsätzlichen Verhaltens entspricht der der anderen Organismen dieses Planeten.

Jedoch ist kein Lebewesen dieses Planeten – außer dem Menschen – bisher in der Lage gewesen, seine Umwelt so systematisch und nachhaltig zu beeinflussen und schließlich zu schädigen, so dass die Existenz des Lebens in seiner bisher bekannten Form heute mehr als nur gefährdet ist, sondern als akut bedroht angesehen werden muss.

Urtrieb des menschlichen Handelns war dabei im Laufe der Jahrtausende keineswegs die bewusste Zerstörung natürlicher Ressourcen.

Die waren ihm – wie allen übrigen Lebewesen auch – eigentlich ziemlich egal, sofern ihr Erschöpfen nicht dazu führte, dass der Mensch selbst sich einschränken musste.

Auch die heute mit verklärtem Blick betrachtete traditionelle Landwirtschaft begründete sich nicht im bewussten Umgang mit der Natur und Umwelt, sondern im Überleben der eigenen Familie und den damals noch eingeschränkteren Möglichkeiten der Naturnutzung. Dass sie letzten Endes umweltverträglicher war als die industriell geprägte Landwirtschaft unserer Zeit ist als purer Zufall nur als eine Randerscheinung zu sehen.

Die Methoden und Möglichkeiten des Menschen, die natürlichen Ressourcen immer intensiver für seine Zwecke zu nutzen und gar auszubeuten, werden immer ausgefeilter und größer. Die natürliche Natur wurde so in weiten Teilen der Erde immer mehr zu einer vom Menschen beeinflussten und gesteuerten „Natur des Menschen“. Folge ist, dass sich die Auswirkungen menschlichen Handelns immer weniger nur lokal auswirken, sondern die eigentliche Bedrohung des Lebens in immer globaleren Folgen menschlicher Einflussnahme zu suchen sind.

Die Evolution und kognitive Entwicklung hat den modernen Menschen jedoch dazu befähigt, sich seines eigenen Seins und seiner Handlungen bewusst zu werden. Die globale Umweltzerstörung hat nun ein Maß erreicht, dass selbst günstige Prognosen davon ausgehen, dass der Mensch sich selbst die Lebensgrundlagen für kommende Generationen entzieht, wenn er seine Potentiale weiterhin derart unbekümmert (aus)nutzt. Es liegt also im ureigensten Interesse der Menschheit, um ihrer selbst Willen schon, der Zerstörung der natürlichen Ressourcen Einhalt zu gebieten und umzudenken zu einer nachhaltigen, die Regenerationsfähigkeit der Natur nicht übersteigenden Nutzung.

Der Mensch ist zwar kognitiv allen anderen Lebensformen überlegen, dennoch gelten für ihn prinzipiell die gleichen Gesetzmäßigkeiten. Als integraler Bestandteil eines Beziehungsgeflechts gegenseitiger Einflüsse in der Natur trägt er in der Verantwortung für seine „Mitwelt“ schließlich Verantwortung gegenüber sich selbst (Meyer-Abich (1987), zitiert aus Weyer, Naumann (1994)).

Globale Umweltprobleme

Als gravierendste Umweltprobleme müssen heute

- die doppelte Gefährdung der Erdatmosphäre durch Verbrennung fossiler Brennstoffe und den Gebrauch von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) und wirkungsspezifisch vergleichbaren Substanzen,
- der Verlust der wahrscheinlich wertvollsten Ressource weltweit, der biologischen Vielfalt (Biodiversität), durch die Ausrottung von Arten und die Zerstörung natürlicher Lebensräume,
- die Zerstörung besonders der tropischen Wälder, die beispielsweise globale Klimaveränderungen und Ausbreitung von Wüsten zur Folge haben können,
- die Verschmutzung der Meere, die die Weltfischbestände als wichtigste Nahrungsquelle des Menschen bedrohen,
- die Vernichtung und Verschwendung von Süßwasser und
- die Gefährdung der Böden gelten.

All jene genannten Umweltprobleme sind in

der Lage, dem Menschen die Lebensgrundlagen zu entziehen.

Darüber hinaus sollte der Mensch allerdings nicht nur stets den Wert der Natur und seiner Umwelt im weitesten Sinne über den Nutzen für ihn selbst definieren. Er sollte die Natur in ihrer Ganzheit und Schönheit von sich aus als schützenswert anerkennen und achten.

„Wir Menschen sind nicht nur physiologische, anatomische und neurologische Wunder – wir sind auch Teil einer Gesamtheit, die wir als Natur, oder auch als Schöpfung bezeichnen. Dieser Schöpfung wohnt auch ein Eigenwert inne, der uns die Verpflichtung zum Erhalt dieser Werte für alle Zukunft auferlegt“ (Naumann (2001)).

Zur Erreichung eines Erkennens dieser Problematiken und eines Umdenkens hin zu einem umweltverträglichem Verhalten sind große Anstrengungen auf allen Gesellschaftsebenen notwendig. Die Umsetzung dieser Ziele im Globalen wie im Lokalen bei konkreten Schutzprojekten bedingen jedoch eine breite Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung, die nur über ein ausgeprägtes Umweltbewusstsein getragen werden kann.

Dieses Bewusstsein muss dem Menschen vermittelt werden, sonst werden weiterhin beispielsweise täglich Trinkwasser (USA: 295 Liter, Deutschland: 127 Liter Wasser durchschnittlich pro Tag, (nach BGW/OECD (1998), zitiert aus BMU (2002): Aus Verantwortung für die Zukunft) verschwendet und CO₂ in großen Mengen emittiert (USA: 20 Tonnen, Deutschland: 10 Tonnen jährlich pro Bürger (nach EIA/UNFPA, zitiert aus BMU (2002): Aus Verantwortung für die Zukunft).

III.2 UMWELTBEWUSSTSEIN IN DEUTSCHLAND

Umweltschutz

Die Bemühungen für den Umwelt-, Arten- und Biotopschutz spiegeln die in der Vergangenheit innerhalb der deutschen Bevölkerung stark gestiegene Sensibilisierung für Umweltfragen wider.

Diese wird seit Anfang der 1990er Jahre, mitt-

lerweile im regelmäßigen Zwei-Jahres-Rhythmus, in einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage zum Umweltbewusstsein ermittelt. Die im folgenden Text angeführten Werte beziehen sich auf die neueste Studie aus dem Jahr 2002 (BMU (2002): Umweltbewusstsein in Deutschland 2002).

Für 93 Prozent der deutschen Bevölkerung ist der Umweltschutz ein wichtiges Thema, den sie als bedeutsamen politischen Aufgabenbereich sehen. Über die Hälfte der Bevölkerung glaubt auch, dass die Wachstumsgrenze erreicht oder bald erreicht sei (56%) und eine Umweltkatastrophe unabwendbar sei, wenn keine Verhaltensänderungen eintreten (54%).

Für 62 Prozent wird auch heute noch von politischer Seite zu wenig für den Umweltschutz getan und sie sind beunruhigt, wenn sie an die Umweltverhältnisse denken, in denen spätere Generationen leben müssen. Bemerkenswert hoch ist auch der Bevölkerungsteil, der die landschaftliche Schönheit und Eigenart der Heimat erhalten und geschützt wissen will (91%) und der gar für eine gänzliche Sperrung von Gebieten in Nationalparks und Naturschutzgebieten eintritt (72%). Trotz der hohen Zahlenwerte muss allerdings auch festgehalten werden, dass seit Ende der 1980er Jahre, nach dem Tschernobyl-Reaktorunfall, das Thema Umweltschutz immer weniger als eines der aktuell wichtigsten Probleme Deutschlands gesehen wird. Namentlich im Jahr 1988 noch über 65 Prozent den Umweltschutz als eines der wichtigsten Probleme, so waren es im Jahr 2002 weniger als 15 Prozent (siehe Abbildung III.2a).

Nur scheinbar widersprechen sich die Erkenntnisse der Umfragen, dass 93 Prozent Umweltschutz als wichtig erachten, aber noch nicht einmal mehr 15 Prozent der Bevölkerung ihn als eins der wichtigsten Probleme Deutschlands sehen. Der Umweltschutz ist in der Rangfolge deutlich vor Problemen der wirtschaftlichen Schwäche, wie beispielsweise der Arbeitslosigkeit, zurückgetreten.

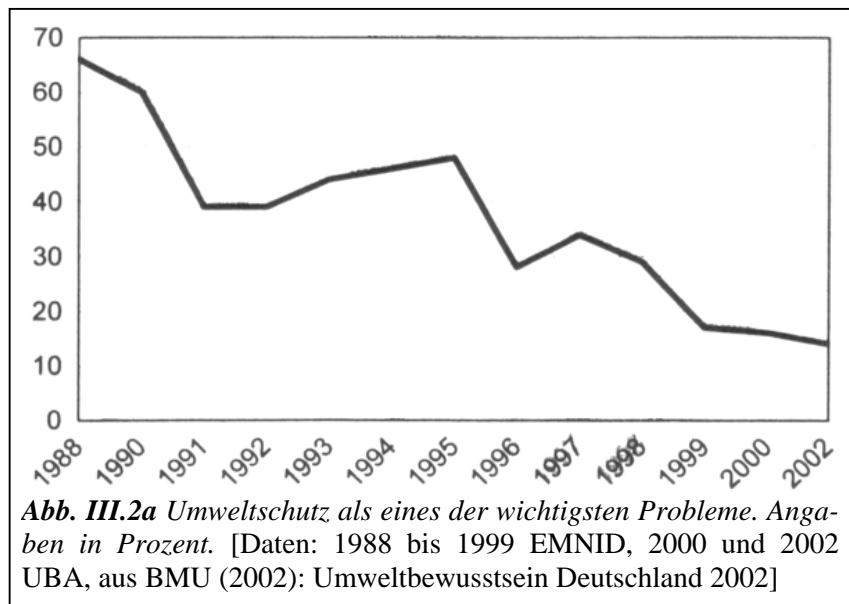


Abb. III.2a Umweltschutz als eines der wichtigsten Probleme. Angaben in Prozent. [Daten: 1988 bis 1999 EMNID, 2000 und 2002 UBA, aus BMU (2002): Umweltbewusstsein Deutschland 2002]

Der Begriff „Nachhaltigkeit“

Seit der Rio-Konferenz der Vereinten Nationen im Jahr 1992 ist der Begriff der „Nachhaltigen Entwicklung“ zum Leitmotiv der Umweltpolitik und damit in der allen Bevölkerungsschichten zunehmend bekannter geworden. Heute geben 28 Prozent an, dass sie mit dem Begriff vertraut sind. 1996 waren es erst 11 Prozent. Das Bildungsniveau korreliert dabei deutlich mit der Kenntnis des Begriffs Nachhaltigkeit. 42 Prozent der Menschen mit dem höchstmöglichen Bildungsniveau (Fachhochschulreife, Abitur, Hochschulabschluss) ist der Begriff bekannt, wohingegen es bei Befragten des Niveaus 1 (Ohne Abschluss oder Hauptschulabschluss) gerade 17,9 Prozent sind. Auch wenn im Jahr 2002 der Bekanntheitsgrad des Begriffs „Nachhaltigkeit“ deutlich höher liegt als in den Jahren davor, bedeutet dies trotzdem, dass noch immer 72 Prozent der deutschen Bevölkerung ihn eben nicht kennen. Relativiert wird diese an sich erschreckende Tatsache dadurch, dass die der Nachhaltigkeit zugrunde liegende Prinzipien breite Zustimmung erfahren. So sind 84 Prozent im Jahr 2002 (Jahr 2000: 90 Prozent) der Ansicht, die Umwelt sollte „nicht auf Kosten kommender Generationen ausgeplündert“ werden.

Engagement für den Umweltschutz

Der in der Literatur bereits oft zitierte Unterschied zwischen dem Wissen über umweltverträgliches Handeln und tatsächlichem umweltgerechten Verhalten konnte in den Umweltstudien Preisendörfers von 1996 und 1998 abermals bestätigt werden.

Preisendörfer kategorisierte 1999 die Bevölkerung in vier „Umwelttypen“ (Preisendörfer (1999), zitiert aus BMU (2002): Umweltbewusstsein in Deutschland 2002):

- Umweltignoranten (Anteil 10 Prozent) sind Personen, die sich kaum umweltgerecht verhalten und dementsprechend auch nur geringes Umweltbewusstsein haben.
- Umweltheoretiker (Anteil 32 Prozent) haben ein mittelmäßiges Umweltbewusstsein und umweltgerechtes Verhalten.
- Einstellungsungebundene Umweltschützer (Anteil 28 Prozent) haben zwar ein unterdurchschnittliches Umweltbewusstsein, verhalten sich aber deutlich umweltgerecht.
- Konsequente Umweltschützer (Anteil 30 Prozent) sind sowohl im Umweltbewusstsein als auch im umweltgerechten Verhalten überdurchschnittlich.

Besonderes Augenmerk sollte der Tatsache geschenkt werden, dass diejenigen, die sich selbst aktiv für die Umwelt engagieren häufig

über einen Hochschulabschluss verfügen, Freiberufler, leitende Angestellte sind oder im gehobenen oder höheren Dienst im öffentlichen Dienst beschäftigt sind. Verbunden mit diesen Merkmalen sind meist ein hohes Maß an Bildung.

Um das Umweltengagement weiter zu bestärken, wurde seit 1998 mit der Einführung eines Verbandsklagerechts im Naturschutz die Möglichkeit für am Verwaltungsverfahren beteiligte Naturschutzverbände geschaffen, gegen Planfeststellungen, Bebauungspläne und Ausnahmeregelungen in Schutzgebieten zu klagen. Auch wurde die finanzielle Förderung für Projekte der Umwelt- und Naturschutzverbände, die etwa 6,5 Millionen Mitglieder haben, seit 1998 um über 60 Prozent erhöht. Des Weiteren werden seit 2001 Bürgern bei der Genehmigung von Industrieanlagen und anderen umweltrelevanten Vorhaben größere Mitsprache- und Informationsrechte zugestanden (BMU (2002): Umweltbericht 2002).

Neben dem Umweltbewusstsein aus seiner selbst willen spielt die wirtschaftliche Bedeutung der besonders in Deutschland entwickelten Umwelttechnologien eine zunehmende Rolle. Mittlerweile ist energie- und materialsparsame Produktion Wettbewerbsvorteil und der Export deutscher Umwelttechnik zu einem wesentlichen Faktor des Arbeitsplatzmarktes geworden.

IV DIE MUSEALE PRÄSENTATION

IV.1 UMWELTBILDUNG IM MUSEUM

Der Begriff der Umweltbildung

Die beschriebenen Umweltprobleme können nur erfolgreich angegangen werden, wenn möglichst vielen Menschen die bestehende Problematik bewusst ist bzw. wird und sie aufgrund dessen auch zu einer Verhaltensänderung hin zu einem nachhaltig orientierten, umweltgerechtem Agieren bereit sind.

Dieser Bewusstseins- und Verhaltenswandel kann nur über eine verbesserte Bildung jedes Einzelnen erreicht werden. Hierin liegt die besondere Aufgabe der Umweltbildung. Sie ist die notwendige Basis für jede Form des effektiven Umweltschutzes.

Engels-Wilhelmi betitelte in der Umweltbildung die „ganzheitliche, also rationale, affektive und pragmatische Befähigung des Menschen, sachkundig, verantwortlich und demokratisch mit der Natur umzugehen“ und beschränkte sich dabei nicht auf Museen im Besonderen, sondern sah in ihr die „Gesamtheit der (...) Lehr- und Lernprozesse in allen Stufen und Einrichtungen des Bildungssystems wie auch des Natur- und Umweltschutzes (...)“ (Engels-Wilhelmi (1993)).

Ziel der Umweltbildung ist daher nicht nur die Vermittlung von Wissen, sondern in besonderem Maße von Handlungskompetenz, „die ein umweltrelevantes Handeln“ überhaupt erst „in vorab nicht prognostizierbaren Situationen ermöglicht“ (Schleicher (1997)).

Das gerade in letzter Zeit etwas vor anderen, besonders wirtschaftlichen Problemen in den Hintergrund gerückte Thema „Umweltschutz“ (Erinnerung: Abbildung III.2a) soll durch praktizierte Umweltbildung weiterhin, wieder und neu im Bewusstsein der Menschen aktiviert werden. Es muss verdeutlicht werden, dass die Umweltproblematik nach wie vor aktuell ist.

Die Notwendigkeit der Umweltbildung ist unbestritten und spiegelt sich in zahlreichen Erklärungen und Schriften der verschiedensten Autoren, Institutionen und Einrichtungen wider, von der UNESCO (1975 und 1977) dem Deutschen Bundestag (1992) bis zum Verband Bildung und Erziehung e. V. (1987) (vergleiche Weyer, Naumann (1994)).

Allen Definitionen gemein ist die Förderung des Bewusstseins gegenüber ökologischen Zusammenhängen und des Umweltgeschehens, von Einstellungsveränderungen und schließlich die Vermittlung von umweltgerechter Handlungskompetenz.

In Abgrenzung zu den oftmals angeführten Begriffen der Umwelterziehung und Umweltaufklärung (vergleiche Weyer, Naumann (1994) befindet sich die Umweltbildung, die mehr als nur die Informierung (Aufklärung) oder die Erziehung erreichen möchte. Bildungsprozesse setzen stattdessen stets ein eigenständiges Auseinandersetzen mit der behandelten Thematik voraus, ein Fakt, der besonders im Einklang mit dem (meist) freiwilligen Besuch eines Museums zu sehen ist.

Umweltausstellungen

Naturkundemuseen kommt in der Vermittlung von Umweltbildung eine besondere Rolle, wenn nicht gar eine Vorreiterrolle zu.

Es gehört zum Wesen der Ökologie, des Umwelt- und Naturschutzes interdisziplinäres Denken und Handeln zu erfordern. In der Vermittlung dieser Interdisziplinarität bieten sich gerade naturkundliche Museen an, da sie viel mehr als alle anderen Bildungseinrichtungen und -systeme, wie die in einen separierenden Fächerkanon und in ein curriculares Rahmenkonzept eingebundenen Schulen, dieser Aufgabe gerecht werden können. Der unmittelbare Kontakt zum realen Objekt der Betrachtung ermöglicht dem Ausstellungsbesucher nicht nur eine rationale Wissensaufnahme, sondern vielmehr noch eine emotionale Bindung mit dem behandelten Ausstellungsthema einzugehen.

Soll eine Umweltausstellung darüber hinaus auch für Schulbesuche attraktiv gestaltet werden, sollte sie, auch wenn sie als außerschulischer Bildungs- und Erlebnisort gewertet werden muss, dennoch curricular verwertbare Elemente aufgreifen.

Dies muss jedoch keine Einschränkung bedeuten, da beispielsweise im Fall der Umweltbildungsausstellung „VogelWelten“ nicht nur die Thematik „Vögel“ in den Richtlinien der einzelnen Jahrgangsstufen und Schulformen enthalten sind, sondern auch exemplarisch auf Vögel übertragbare übergeordnete Teildisziplinen der Biologie, wie Ökologie, Evolution oder Stoffwechsel. In diesem Zusammenhang bietet sich die Erstellung diverser, didaktisch aufgearbeiteter Handreichungen und Arbeitsblätter beziehungsweise Unterrichtseinheiten zu verschiedenen Themen der geplanten VogelWelten-Ausstellung an.

Anders als die Schule vermag eine Ausstellung mühelos Disziplinengrenzen zu überschreiten und so interdisziplinäre Ansätze zu verfolgen und auf ein ganzheitliches Lernen und Erleben abzielen, eine besondere Chance für Museen und die im Zusammenhang mit neuen Studien, wie der PISA-Studie, zur Qualitätssicherung und -steigerung aufgeforderten Schulen.

Cornelia Brüninghaus-Knubel fasst die Vorzüge des Museums wie folgt kurz zusammen: „Museen sind im Besonderen dazu geeignet, Bildung und Vergnügen, ästhetischen Genuß und Auseinandersetzung zu verbinden bei selbstbestimmter Zeitenteilung und Kommunikation der Besucher untereinander.“

So bleibt es nicht allein bei der reinen Vermittlung von Umweltwissen und der Darstellung von Umweltschäden, vielmehr wird Natur aktiv mit Spaß und Freude erlebt, neue Werte und Normen im Sinne einer Umweltethik geschaffen und Handlungskompetenz erreicht (vergleiche hierzu Stein (1996)).

Die Umsetzung von Umweltwissen und Handlungskompetenz in tatsächliche Handlung wird jedoch auch nur dann möglich und erreicht, wenn die angesprochenen Themenfelder möglichst am konkreten Beispiel behandelt werden. Besonders geeignet sind dabei solche Beispiele, die der unmittelbaren Lebenswelt und näheren Umgebung der Ausstellungsbesucher entnommen sind.

Die Anregung von Emotionen fördert die Bereitschaft zur Handlungsveränderung, auch wenn vermerkt werden muss, dass ein „Zuviel“ und permanente, immer wiederkehrend ausgelöste Betroffenheitsemotionen - beispielsweise über zerstörte und gefährdete Arten – eher zur Resignation und Hilflosigkeitsgefühlen als zu einem umweltbewussten Verhalten führen.

Der oft zitierte „erhobene Zeigefinger“ sollte zu Gunsten der Auslösung zielorientierter, in Handlungen mündenden Emotionen zurücktreten. So können und sollen Umweltbildungsausstellungen erlebnisreiche und interessante, zum Nachdenken anregende Einblicke in das Naturgeschehen ermöglichen und das Spannungsfeld zwischen Industriegesellschaft und Ansprüchen einer funktionierenden Umwelt beleuchten.

Eine weitere wichtige Aufgabe besteht in der Vermittlung der Grundzüge der modernen Ökologie-Lehre, in der Ursache-Wirkungsmechanismen eine entscheidende Rolle spielen. Dabei sollte die Realität nicht auf simplifizierte 2-Komponenten-Systeme reduziert werden. Nur sehr selten sind unter natürlichen Bedingungen eindimensionale Beziehungsgefüge als Bisysteme ausgebildet.

Eine Kernaufgabe liegt somit in der Problematisierung und Sensibilisierung für die hochkomplexen Netzwerke gegenseitiger Einflüsse und Beziehungsgeflechte und der Förderung von vernetztem und kombinatorischem Denken (vergleiche Weyer, Naumann (1994)). Oftmals sind die Vernetzungen derart komplex, dass sie dem Menschen, selbst dem Wissenschaftler, kaum überschaubar sind. Dennoch, so soll eine Umweltausstellung offenbaren, greift der Mensch bisher oft recht unbekümmert und unbedacht in bestehende Gleichgewichte ein. Intention ist es daher, den Menschen glaubhaft und verständlich davon zu überzeugen, die Natur als „Mitwelt“ (Meyer-Abich (1987)) zu begreifen und als „harmonisch integriertes Element der Biosphäre“ (Strauß (1990)) zu handeln.

Das Naturkundemuseum kann durch eine Neuausrichtung seiner Ausstellungskonzeption weg von der rein deskriptiven Betrachtungsweise der traditionellen Schausammlungen zu einem verbesserten Umweltverständnis und einer Handlungskompetenz im Sinne umweltgerechten Verhaltens beitragen. Scher (1998) schränkt jedoch ein: „Umweltausstellungen sind nur ein Beitrag zu Umweltbildungsprozessen!“

Die besondere Aufgabe des Naturkundemuseums für die Vermittlung von Umweltbildung bleibt aber unbestritten.

Bisher sind die zahlreichen Museen zur Naturkunde leider nicht oder nur teilweise dem übergeordneten Leitmotiv der Umweltbildung verschrieben. Positive Einzelbeispiele in Ausstellungen sind zwar realisiert, jedoch lässt sich „kaum eine Ausstellung anführen, die ihre Möglichkeiten zur Umweltbildung voll ausschöpft“ (Weyer, Naumann (1994), zitiert in Conein (1995)). Kaum einem Museum gelingt es, „die wichtige Klammer zwischen Mensch und Natur zu schließen, auch die Polarität der Interessen deutlich genug herauszustellen“ (Konzept „Der blaue Planet – Leben im Netzwerk“) und die zukunftsorientierte Frage zu erörtern, ob es gelingen kann, die ökologische Tragfähigkeit der Erde nicht nur für die jetzt lebenden Menschen, sondern langfristig zu sichern (Weyer, Naumann (1994)).

Zahlreiche naturkundliche Museen haben diese Problematik jedoch bereits erkannt und arbeiten an einer Restrukturierung und Neuausrichtung ihrer Ausstellung(en) hin zu einem nach modernen Gesichtspunkten orientierten Lern- und Erlebnisort der Umweltbildung. Exemplarisch hierfür seien nur das Haus der Natur in Salzburg (Österreich), das Zoologi-

sche Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig in Bonn (Deutschland), Das Museum Natur und Mensch in München (Deutschland), das Naturmuseum Naturama in Aarau (Schweiz), Naturmuseum Solothurn (Schweiz) oder das Naturmuseum Luzern (Schweiz) genannt.

IV.2 AUSSTELLUNGSMOTIV

Leitmotiv

Alle Aufgabenbereiche eines Naturkundemuseums sollten vom Leitmotiv getragen sein, ihren Beitrag zur Erhaltung der Artenvielfalt, der Mitwelt und der natürlichen Lebensgrundlagen zu leisten. In diesem Beitrag verkörpert sich der gesellschaftliche Auftrag der Institution Naturkundemuseum (nach Nüssli, Paatsch, Schulze (1987), zitiert in Weyer, Naumann (1994)). Eine solche thematisch-didaktische Prämisse ist nur über eine im Vergleich zu klassischen Naturkundemuseen invertierte Vorgehensweise bei der Konzeption einer Ausstellung zu realisieren. Die Umweltbildungsausstellung darf nicht von den gesammelten Objekten ausgehen. Stattdessen entscheiden die gesetzten Bildungsziele über die adäquate Auswahl an Objekten.

Freiwilligkeit und Grundinteresse

Ausstellungen bieten eine Reihe von besonderen Vorzügen, die sie auszeichnen. So werden sie meist freiwillig aufgesucht. Dies ist von unschätzbarem Wert, kann doch (daher) bei vielen Besuchern zumindest von einem Grundinteresse an Naturkundemuseen (und an den von ihnen behandelten Themen) ausgegangen werden.

Dies konnten auch die beiden empirischen Untersuchungen von Eva Leis im Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK) im Jahr 1993 aufzeigen (Leis (1993)). Darüber hinaus erreicht eine von der Öffentlichkeit gut angenommene Ausstellung viele Menschen und damit eine

weitgespannte Zielgruppe, die bereit ist, ihre Freizeit im Naturkundemuseum zu verbringen.

Heterogene Zielgruppe

Mit dem Erreichen vieler Menschen geht jedoch auch eine spezifische Heterogenität in der Besucherstruktur einher. Müssen andere Medien der Umweltbildungsvermittlung an diesem Punkt kapitulieren, kann gerade hier eine gelungene Ausstellung ihre Vorteile ausspielen. Nur sie bietet dem Besucher die angebrachte, eingehende Flexibilität. Jeder Besucher kann selbst bestimmen, wie intensiv er sich mit dem jeweiligen Ausstellungsobjekt und -thema beschäftigen möchte (vergleiche Paatsch (2000)).

Soziale Gemeinschaft

Viele Besucher statten einem Naturkundemuseum, wie dem ZFMK, in einer Gruppe einen Besuch ab, oder sie kommen als Familie mit ihren Kindern, wie 50% der Einzelbesucher (Besucher, die das Museum nicht in einer Gruppe aufsuchen) der zweiten Befragung und knapp 64% der Einzelbesucher der ersten Befragung im ZFMK (Berechnung nach Daten der beiden Besucherbefragungen von Leis (1993)) angaben. Nur 5,1% der Besucher des ZFMK kamen demnach 1993 allein in das Museum. Der Besuch einer Ausstellung in einer sozialen Gemeinschaft führt zwangsläufig zu einem interaktiven Austausch zwischen Besucher und Ausstellung und gleichzeitig zwischen den Besuchern.

Anders als andere möglichen Vermittlungsformen zur Umweltbildung, wie Bücher, Fernsehen, Zeitung oder Frontal-Unterricht, fördert eine Ausstellung dank des gemeinsamen Besuchs in solchen „Gruppen“ die zwischenmenschliche Kommunikation und im Gespräch die Bewusstseinswerdung umweltrelevanter Bildungsinhalte und Identifikation mit den Zielsetzungen einer Ausstellung.

Ganzheitlichkeit

Sachinformationen regen abstraktes Denken an, Ausstellungsobjekte und Bilder dagegen das bildhaft-symbolische Denken. Die Gleichzeitigkeit beider kognitiver Prozesse (in beiden Hirnhälften) in Anschauung mit möglichst allen Sinnen erleichtert eine intensive Wahrnehmung und Verinnerlichung (vergleiche Paatsch (2000)).

Solch ganzheitliche Erfahrungen ermöglichen dem Besucher ein „Erlebnis über Kopf, Herz und Hand“ (Fietkau, Kessel (1987)).

IV.3 PRINZIPIEN DER UMWELTBILDUNGSGERECHTEN AUSSTELLUNGSSTRUKTUR

Lernprozesse

Dem Bestreben des Naturkundemuseums, durch seine Ausstellung Wissen und Umweltbildung zu transportieren, stehen die Erwartungen, Vorstellungen und Wünsche einer Vielzahl von Besuchern entgegen. Während das Museum im Besucher Lernprozesse auf allen kognitiven, emotionalen und rationalen Ebenen induzieren möchte, gibt die Mehrzahl eben dieser Besucher an, nicht wegen des Wunsches nach Lernen gekommen zu sein (vergleiche Klein (1985)), sondern wegen eines Bedürfnisses nach „Freizeiterlebnis, Entspannung“ und „Freude“ (Weyer, Naumann (1994)). Das Lernen im Museum ist demnach gewissermaßen ein Nebenprodukt dieser Bedürfnisbefriedigung. Als solches muss die Ausstellung an den (fachlichen) Vorkenntnissen der Besucher ansetzen, um nicht zu langweilig zu sein. Auf der anderen Seite darf sie nicht zu komplizierte Sachverhältnisse und auch nicht zu detailreich erläutern, da sich der Besucher sonst überfordert und demotiviert abwendet. Jede Form des Lernens im Naturkundemuseum steht fachlich unter der Voraussetzung der angeführten primären Bedürfnisse.

Für die museale Präsentation müssen somit geeignete Mittel, Detailreichtum-Niveaus und Schwierigkeitsgrade gewählt werden, um trotz oder gerade in Beachtung der vorherrschenden

den Besuchervorstellungen und -kenntnisse den (in der Regel freiwillig gekommenen) Besucher mit den zu vermittelnden Inhalten zu erreichen.

Erschwerend wirkt hierbei zudem, dass die durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Besucher relativ kurz ist. Eine Besucheruntersuchung im ZFMK zeigte, dass sich 76,8% der Besucher maximal zwei Stunden in der Ausstellung aufhalten, wobei die vorhandene Schulbildung auch kaum einen nennenswerten Einfluss hat (vergleiche Leis (1993)).

Besucherorientierte Ausstellungen

In der kurzen Zeit des Museumsbesuchs muss das Hauptanliegen einer Ausstellung zur Umweltbildung vermittelt werden. Daher kann es nicht Ziel sein, systematisch alle Vorgänge, Prinzipien und Arten zu beschreiben und detailliert zu erklären. Es kann vielmehr nur eine exemplarische Auswahl besonders prägnanter Beispiele und Prinzipien vorgestellt werden, die aufmerksam machen und zum Weiterdenken anregen.

Während der Besuchsdauer muss erreicht werden, dass der Besucher aktiv in die künstlich geschaffene Ausstellungswelt einbezogen wird, er so integriert wird, dass er sich als „integraler Bestandteil“ der Ausstellung begreift und sich aktiv mit ihren Inhalten auseinandersetzt.

Hierfür zeichnen sich im Wesentlichen die Ausstellungsmedien und die gesamte Ausstellungspräsentation verantwortlich.

Die Bedürfnisdeckung des Besuchers stehen als Konsequenz des im vorigen Abschnitts Dargelegten an vorderer Stelle. Alle Inhalte zur Umweltbildung müssen besucherorientiert transportiert werden, sollen sie den Besucher erreichen.

Besucherorientiert heißt in diesem Zusammenhang: „Ausprobieren, Fragen stellen, Beobachten, Spielen, Staunen, Nach- und Vor-denken und Meinung(en) bilden“, zum Mitdenken einladen; die Ausstellung als ein „Erlebnisraum frei von langweiligen Stelltafeln“, aber mit künstlerischen Ausdrucksmitteln und neuen Medien begreifen, die keine „Rezepte“ präsentiert, sondern Perspektiven eröffnet und Orientierungspunkte bietet (vergleiche Paatsch (2002)). Von großer Bedeutung ist also, dass die Umweltausstellung ihre Besucher „visuell, ästhetisch, emotional und persönlich“ anspricht (Paatsch (2000c)).

Darüber hinaus finanzieren sich die meisten musealen oder museumsähnlichen Erlebnis- und Lerneinrichtungen über die eingenommenen Eintrittsgelder und / oder aus öffentlichen Mitteln. Diese Finanzierungsformen legitimieren für sich schon die herangetragenen Ansprüche im Sinne einer Besucherorientierung. Eine besucherorientierte Ausstellung kann jedoch nur dann gelingen, wenn ihre Besucher mit ihren Vorkenntnissen und Erwartungen vor Planung und Installation bekannt sind (siehe hierzu Kapitel V und VI).

Grundlegende Voraussetzungen

Auch wenn eine konkrete Ausstellungsplanung erst nach Evaluation der tatsächlichen Besucher-Zielgruppe erfolgen sollte, können unabhängig davon doch generelle, grundlegende und durch empirische Studien verifizierte Voraussetzungen für erfolgreiche Ausstellungen der Umweltbildung festgehalten werden.

Grundlegende Merkmale einer besucherorientierten Ausstellung sind Leit- und Finde-systeme, Rückkopplungsmöglichkeiten vom Besucher, beispielsweise über ein Besucher-

buch, und Vorab-Informationen über die präsentierten Themen (Günter (1998)). Diese Grundmerkmale sind in der VogelWelten-Ausstellung umgesetzt worden.

Weyer hat die Kriterien zur Verbesserung von Umweltaufklärung und -erziehung in 15 plakativen Postulaten zusammengefasst, die, im folgenden Text genannt, für sich sprechen und nur teilweise kurz, falls es notwendig erscheint, näher erläutert beziehungsweise ergänzt werden. Der interessierte Leser sei hier auf die Lektüre des umfangreichen Umweltforschungsplans „Möglichkeiten zur Integration ökologischer Ursache-Wirkungsbeziehungen in ein naturwissenschaftliches Museum zur Verbesserung von Umweltaufklärung und -erziehung“ verwiesen (siehe im Literaturverzeichnis unter Weyer, Naumann (1994)).

Darüber hinaus ist die Auflistung um einige weitere Postulate besuchergerechter Umweltausstellungen ergänzt, die sich zum Teil aus vergleichenden Analysen deutscher Umweltausstellungen in den Jahren 1998 und 1999 von Ulrich Paatsch ableiten (siehe bei Paatsch (1999b)).

Freude und Spaß machen

Dies fördert über die induzierten positiven Gefühle die Motivation der Besucher, sich überhaupt den Ausstellungsinhalten zu widmen.

Eine Beziehung zum Besucher herstellen

Eine solche Beziehung kann nur dann aufgebaut werden, wenn der Besucher „dort abgeholt wird, wo er steht“. Die Ausstellung muss an bereits Vertrautes und persönliche Interessen anknüpfen und auf diesen aufbauen, ohne ihn fachlich zu überfordern. „Im völlig unbekanntem Raum wird nichts begriffen. Erst das Vorhandensein von erkennbaren Konturen lässt Neues einordnen und somit verstehen“ (Schultschik (1991), zitiert in Weyer, Naumann (1994)). Personale Vermittlung bietet darüber hinaus den unschätzbaren Vorteil, den Museumsbesucher nicht nur kognitiv, sondern insbesondere emotional anzusprechen.

Alle Sinne und Bewusstseinskomponenten ansprechen

Das Ansprechen aller Sinne und Bewusstseinskomponenten erhöht – wie zahlreiche Untersuchungen bestätigen konnten – ganz erheblich den Lernerfolg, natürlich aber auch in besonderem Maße den Unterhaltungs- und Erlebniswert sowie den Interessantheitsgrad.

Durchschnittlich gelten folgende Behaltensquoten:

Nur lesen: 10% Behaltensquote

Nur hören: 20%

Visuelle Darstellung (Bilder): 30%

Hören und gleichzeitig sehen: bis zu 50%.

Grundsätzlich muss jedoch bei selbst sehr abwechslungsreich gestalteten Ausstellungen festgestellt werden, dass zwischen 40% und 70% vergessen werden (Paatsch (2000)).

Mut statt Angst machen

Hoffnungslosigkeit zu verbreiten, führt nur zur Resignation des Besuchers. Überhaupt mit der „Angst“ als Mittel zu agieren, um auf die Notwendigkeit des Natur- und Umweltschutzes hinzuweisen, ist nicht (mehr) notwendig, da bereits 93 Prozent der deutschen Bevölkerung den Umweltschutz als sehr wichtig einschätzen (siehe Kapitel III.2). Vielmehr soll der Besucher aktiviert werden, selbst etwas zum Umwelt- und Naturschutz beizutragen. Der berechtigten Angst vor der „düsteren Zukunft“ muss entgegengewirkt werden, indem konkrete Tipps, Vorschläge und Handlungsalternativen zur Bewältigung von Umweltproblemen angeboten werden.

Natur erleben lassen

Die „eigene Naturbegegnung“ ist meist der Auslösefaktor für eine aktive Mitarbeit im Natur- und Umweltschutz (vergleiche Reuther, Janßen (1993), zitiert in Weyer, Naumann (1994)). Wenn es gelingt, dass der Besucher ausgestellte, ausgestopfte, also tote Tiere als Repräsentanten seiner lebenden Artgenossen in der Natur ansieht, kann sich ihre Betrachtung einem wirklichen Naturerleben nähern.

Soziale Interaktion anregen

Hierzu sei an das vorherige Kapitel IV.2 Ausstellungsmotiv (Abschnitt Soziale Gemein-

schaft) erinnert.

Eigenes Entdecken möglich machen

Geflügelten Worten gleich hat der Begriff des „Entdeckenden Lernens“ die Pädagogik und klassische Erziehungswissenschaft revolutioniert. Kaum eine Methodik hat die (Schul-) Pädagogik so durchdrungen wie diese, wird doch der Lernerfolg und die Behaltensquote durch sie wesentlich gesteigert. Auch der Zugewinn an Spaß und Freude für den Besucher beim Entdecken einer spannenden Ausstellung trägt hierfür eine entscheidende Rolle. Gerade im Gefühl der Selbstbestimmtheit, das Entdeckungen durch eigene Neugier und Antriebsmotivation ermöglicht, liegt die besondere Stärke des Prinzips. Solche Entdeckungen können im Museum durch Herausziehen von Schubladen, Drücken von Druckknöpfen, die eine Reaktion einer Apparatur bedingen, Öffnen von Klappen oder Blicken durch ein Mikroskop oder Sichtluke realisiert werden. Selbst spannende Einblicke hinter Vorhänge, Nischen oder Durchgänge können für den Besucher anregende Entdeckungen bedeuten. Echte Interaktivität des Besuchers mit der Ausstellung und den realen Objekten ist von Bedeutung, weniger dagegen Scheinaktivitäten, wie die in vielen „neuen“ Ausstellungen zahlreich installierten Touch-Screen-Monitor-Computer-Anlagen, die lediglich die Auswahl aus bereits vorhandenen Programmabläufen erlauben (Paatsch (1999b)).

Spannend gestaltet sich auch eine Ausstellung, die fixe Erwartungen über bestimmte Dinge, nicht solche der fachlichen Qualität einer Ausstellung, enttäuscht und stattdessen Überraschendes bietet, neue Sinnzusammenhänge erstellt und so beispielsweise Gegenstände aus dem Alltagsleben in ungewohnter Art präsentiert (Paatsch (1999b)).

Mit einigen Mitteln sollte jedoch sparsam umgegangen werden. Wenn beispielsweise die ganze Ausstellung letztlich eine Ansammlung von zu betätigenden Druckknöpfen darstellt, interessiert den so ermüdeten und gelangweilten Besucher möglicherweise nur noch die unmittelbar auf den Tastendruck ausgelöste, folgende Reaktion. Eine Beschäftigung mit dem eigentlichen Thema kann dann völlig ausbleiben (Weyer, Naumann (1994)).

Zu berücksichtigen bleibt ferner, dass Druckknöpfe oder Klappen selbst nur das Entdecken als Abstraktum ermöglichen, aber keine Information transportieren.

Rollen- und Perspektivenwechsel ermöglichen

Dem Besucher soll bewusst werden, dass seine Sicht nicht die einzig richtige und gültige ist.

Besucher am Erkenntnisprozess beteiligen

Wissenschaftliche Arbeitsweisen und Methoden der Erkenntnisgewinnung sollten dem Besucher dargelegt werden, damit er in die Lage versetzt wird, kompetenter mit Wissenschaft und Forschung umzugehen und sich eine eigene Meinung zu bilden (Weyer, Naumann (1994)).

Botschaften auf spielerische Weise vermitteln

Das beim Spielen übliche Empfinden von Spaß und Freude, gepaart mit der freiwilligen Ausführung des Spiels, bewirkt für den Besucher „unbewusst“ und „ungeplant“ ein Lernen der Lerninhalte, da gerade sie Gegenstände des Spiels sind.

Eine Schwäche beziehungsweise Problematik der spielerischen Methodik dürfte dann zum Tragen kommen, wenn im spielerischen Umgang Inhalte transportiert werden sollen, die nichts mit Leichtigkeit oder Spiel gemeinsam haben. So dürfte es schwer fallen, beispielsweise die existente Bedrohung durch das Vernichten von Lebensräumen und Ausrotten von Tier- und Pflanzenarten dem Besucher in einem unterhaltsamen, „verharmlosenden“ Spiel näher zu bringen (Paatsch (1999)).

Das Prinzip „weniger ist mehr“ verfolgen

Die in diesem Kapitel bereits angesprochene relativ kurze Besuchsdauer im Naturkundemuseum zwingt fast zur Einhaltung dieses Grundprinzips. Um den Besucher während seiner mehr oder weniger kurzen Aufenthaltsdauer einen guten Überblick über den vermittelten Sachinhalt zu vermitteln, ist die Reduktion und Zusammenfassung auf die wesentli-

chen Inhalte und Schwerpunkte essentiell.

Dies umzusetzen ist nicht immer einfach, denn die Ausstellungsplaner sind in aller Regel auf eine ganz besondere Art von „ihrem“ Thema begeistert, so dass ihnen das Aussortieren von vermeintlich sekundären Inhalten sehr schwer fallen dürfte.

Um jedoch auch den intensiver an der Thematik Interessierten gerecht zu werden, ist eine Informationsstaffelung denkbar, die die Kerninhalte plakativ und prägnant darstellt, weitergehende Informationen dagegen in Broschüren, Klappbüchern, hinter Klappen, über eine kleinere Schriftgröße auf Informationstafeln oder über kompetente Ausstellungsmitarbeiter liefert.

Komplexe Sachverhalte auf einfache Weise vermitteln

Um eine Überforderung der Besucher mit gerade in der Ökologie beheimateten Fachbegriffen, hochkomplexen Wechselwirkungen und gegenseitigen Einflüssen zu vermeiden, ist es wichtig, selbst vielfältige Einflussysteme auf einfache Weise zu vermitteln. Gelingt dies, wird auch der Besucher eher befähigt, sich komplexen Aufgabenstellungen zur Umweltproblematik zu stellen, als vor ihnen zu kapitulieren (vergleiche Weyer, Naumann (1994)).

Die gegebene Komplexität muss daher auf ein (leicht) verständliches Mindestmaß reduziert und simplifiziert werden, ohne den besonderen Anspruch einer Umweltbildungsausstellung, deren Anliegen gerade in der Vermittlung der Komplexität liegt, aus den Augen zu verlieren.

Dem Wissenschaftler mag dies schwer fallen, da er dank seiner wissenschaftlich geprägten Denk- und Arbeitsweise Simplifizierungen extrem kritisch gegenübersteht und dies auch muss. Gottfried Korff, Wissenschaftler und Ausstellungsentwickler vom Tübinger Institut für empirische Kulturforschung, schlussfolgerte: „Wissenschaftler neigen immer dazu, alles zu relativieren, zu differenzieren und dann noch einmal abzusichern“ (Korff, zitiert aus Paatsch (1999)).

Konkretes statt Abstraktes vermitteln

Konkrete Beispiele erleichtern wesentlich das Verständnis und Behalten, besonders dann, wenn sie Anknüpfungspunkte an die Erfahrungswelt der Besucher bieten (Weyer, Naumann (1994)). Dabei sollte beachtet werden, dass das konkrete Beispiel mit exemplarischem Charakter anschaulich und nicht nur als Einzelfall präsentiert wird. Die Vermittlung eines prägnanten Beispiels soll dann für zugrundeliegende abstrakte Grundprinzipien stehen.

Orientierungen bieten

Orientierungshilfen, wie Übersichtseinführungen (Schautafeln) zu Beginn einer Ausstellungseinheit oder farbige Kennzeichnung von Themenkomplexen, erleichtern dem Besucher das Zurechtfinden in der naturkundlichen Ausstellung und gestalten den Aufenthalt für ihn so angenehmer. Wichtig ist, dass ein Ordnungs- und Leitsystem konsequent über die gesamte Ausstellung realisiert wird und Elemente der Wiedererkennung beinhaltet (vergleiche Paatsch (1999b)). (Weitere Ausführungen hierzu im Kapitel IV.5 Medien, Abschnitt Besucher-Lenkung und Orientierung)

Botschaften durch die Art der Gestaltung transportieren

Das Ausstellungsdesign entscheidet wesentlich mit über Erfolg oder Misserfolg musealer Präsentationen. Reale Objekte und Bilder sind Texten in der Regel vorzuziehen, da sie schneller erfasst, leichter eingeordnet und sogar unbewusst aufgenommen werden (Weyer, Naumann (1994)). Passung von Gestaltungsmethodik, Ausstellungsobjekt und der jeweiligen Informationsintention erleichtern die Vermittlung zwischen Ausstellung und Besuchern (Schelte (1999)).

Eine solche Adäquatheit, eine „Einheit zwischen Inhalt und Design“ bewirkt, dass Besucher solche „Ausstellungen als harmonisch, als rund und stimmig empfinden“ (Weyer, Naumann (1994)).

Bildhafte Darstellungen, attraktive Gestaltung, wie Dioramen, und Lage im unmittelbaren Blickfeld sind Faktoren zur Erhöhung der Anziehungskraft auf den Besucher (vergleiche Korenic, Young (1994), in Weyer, Naumann (1994)).

Kindgerechte Aufarbeitung

Ein großer Teil der Besucher naturkundlicher Museen sind Schulklassen, deren Lehrer sich einen Lernerfolg bei ihren Schülern versprechen, oder Familien mit Kindern, die das Museum als Freizeit-, Erlebnis- und Unterhaltungsort im Sinne eines Familienausflugs begreifen. Daher muss die museale Präsentation auch kind- oder jugendlich-gerechte Angebote bieten. Spielbedürfnis und Erkundungslust der Kinder dürfen nicht durch für sie ungeeignete Medien oder Interaktivelemente behindert werden. Gegebene Erklärungen müssen auch für sie verständlich sein. Auch die Eltern werden diese Entlastung dankbar zur Kenntnis nehmen (Paatsch (1999b)).

Pausen erlauben

Eine Ausstellung, die ihren Besuchern keine „Verschnaufpause“ lässt, läuft Gefahr, zu überfordern und ein reines „Durchlaufen“ des Besuchers zu fördern, ohne dass er sich mit den Inhalten auseinandersetzt. Besucher benötigen daher Ruheräume, Plätze die die Verarbeitung des Gesehenen, Erfahrenen und Gelernten ermöglichen. Dies können beispielsweise Lesecken oder entspannende und schöne Großfotos sein (Paatsch (1999b)).

Vielseitig sein

Die rein wissenschaftliche Sichtweise entspricht nicht dem Facettenreichtum, die jeder Thematik innewohnt. Eine vielseitige Betrachtung aus mehreren Richtungen, wie umweltbildungsbezogener Fachwissenschaft, Alltagswelt, Historie, Mythologie (Märchen), Technik, Erfahrungswelt, Kunst usw., ist daher spannender und erlebnisreicher als die Einengung auf nur einen einzigen Aspekt.

Begreifen im Sinne von Be-Greifen und Greif-Bar

Eine Ausstellung möchte Aufmerksamkeit, Neugier und Interesse wecken. Textlastigen Präsentationen kann dies kaum gelingen. Erst das originäre Objekt schafft die eigentliche Motivation für eine eingehendere Beschäftigung mit den fachlichen Hintergründen und Erklärungen.

Selbst die in vielen „modernen“ Ausstellungen großzügig installierten (quasi-) interaktiven Mediensysteme vermögen nicht, eine wirkliche Faszination und Eigen-Erfahrung zu erzeugen. Dabei zeigt sich, dass der Einprägungsgrad, das Begreifen mit der Intensität der aktiven händischen Auseinandersetzung steigt. Die Spanne reicht vom reinen Betrachten über das Berühren, Anfassen, in die Hand nehmen bis hin zur praktischen Arbeit mit den Objekten (vergleiche Paatsch (2000b)), wobei hier musealen Präsentationen naturgemäß gewisse Grenzen gesetzt sind.

So werden sich Kinder viel eher an die Flauschigkeit und Weichheit des Küken-Gefieders erinnern, wenn sie selbst Küken streicheln durften und nicht nur auf einer Texttafel lesen konnten (vergleiche den Abschnitt „Alle Sinne und Bewusstseinskomponenten ansprechen“). Bei wertvollen und seltenen Objekten wird eine solche Erfahrung des Berührens, des

Anfassens jedoch aus verständlichen Gründen kaum zu realisieren sein.

Ernstnehmen, nicht verurteilen

Trotz aller spielerischen und erlebnisreichen Grundprinzipien darf im Besucher doch nicht der Eindruck geweckt werden, ihm würde alles auf eine derart simplifizierte Art nähergebracht, wie sie nur einem Menschen zuteil werden würde, „der nur wenig denken und schon gar nicht erst ernst genommen werden könne“. Dem Besucher darf nicht vermittelt werden, er sei „das Mängelwesen, das durch die Ausstellung gebessert werden muss“ (Paatsch (1999b)). Er würde dies als „Angriff auf seine Person“ werten und zunächst mit Abwehrmechanismen reagieren. Vielmehr müssen konkrete Alternativen aufgezeigt werden (vergleiche Abschnitt „Mut statt Angst machen“).

IV.4 KONZEPTIONEN UND PRÄSENTATIONSGESTALTUNG

Einführung

Naturkundliche Museen und Präsentationen zur Umweltbildung im weiteren Sinn, die hier wegen ihrer gleichartigen Bildungsfunktion mit in die Betrachtung eingeschlossen werden, können auf ganz unterschiedliche Art und Weise ihre Ausstellungsobjekte präsentieren und ihre (museums-)pädagogischen Zielsetzungen umzusetzen versuchen. Dabei sucht und findet jedes Museum und jede Ausstellung zur Umweltbildung zum Großteil eigene, individuelle Wege. Dennoch lassen sich (nach Vergleich vieler Museen) mindestens vier Grundtypen der musealen Präsentationsgestaltung unterscheiden:

- Deskriptiv-klassische Konzeption
- Mäander-Konzeption
- Lagunen-Konzeption
- Kombi-Mäander-Lagunen-Konzeption

Die gewählten Bezeichnungen sollen an die den Ausstellungsformen zugrundeliegende museale Präsentationsgestaltung erinnern. Bewusst wurden für die zweite, dritte und vierte Konzeption Begriffe von Gewässertypen als Metaphern herangezogen. Sie sollen den „Fluss“ der Besucherströme symbolisieren, der in der Mäander-Konzeption klar gerichtet und einheitlich in Kurvenlinien dem Flussbett, hier dem einzig vorgegebenen Besucherweg folgt. Die Lagunen-Konzeption zeigt dagegen eine eher diffuse, nicht einheitlich gerichtete Besucherströmung.

Die vier angeführten basalen Konzeptionen sollen im Folgenden kurz vorgestellt und in ihren Grundzügen charakterisiert werden.

Deskriptiv-klassische Konzeption

Beispiel: Ehemalige Ausstellung und neue Zwischenausstellung des Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK), Bonn.

Die klassische, in vielen bisherigen Ausstellungen naturkundlicher Museen reali-

sierte Präsentation deskriptiver Form ordnet die Objekte (Medien) in systematischer, nach Vollständigkeit ringender Methodik an. Dabei werden die Vorkenntnisse und besonders die Erwartungen der Besucher zumeist außer Acht gelassen. Das gerade in älteren Ausstellungen präsentierte Zuviel an sachlich und in wissenschaftlicher Manier nüchtern und im Wesentlichen emotionslos transportierte Fachwissen überfrachtet und überfordert zahlreiche Besucher.

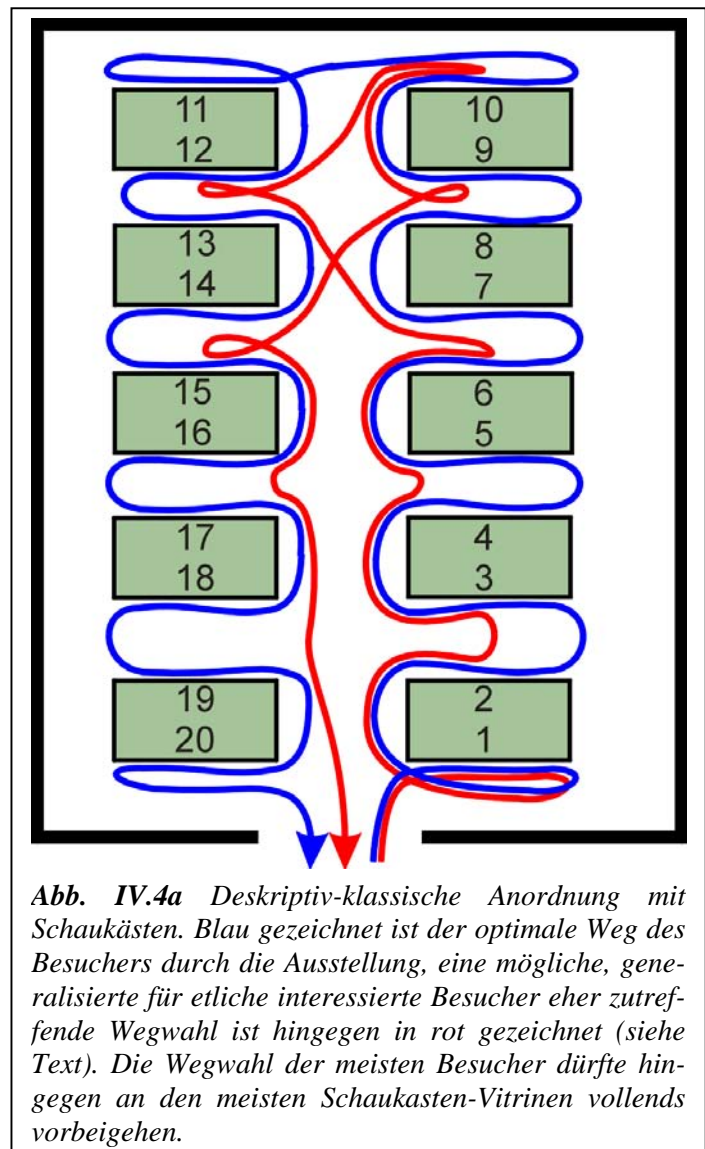


Abb. IV.4a Deskriptiv-klassische Anordnung mit Schaukästen. Blau gezeichnet ist der optimale Weg des Besuchers durch die Ausstellung, eine mögliche, generalisierte für etliche interessierte Besucher eher zutreffende Wegwahl ist hingegen in rot gezeichnet (siehe Text). Die Wegwahl der meisten Besucher dürfte hingegen an den meisten Schaukasten-Vitrinen vollends vorbeigehen.

Gerade hier lassen sich durch geeignete Reduktion der Inhalte auf das Wesentliche und einige Kernaussagen selbst deskriptiv-klassische Ausstellungen deutlich verbessern, wie dies die ornithologische Zwischenausstellung im Museum Koenig untermauern kann (siehe Abbildung IV.4a).

Meist wird jedoch in deskriptiv-klassischen Ausstellungen nur der visuelle Sinn, das Auge, angesprochen. Multi-Sinnesindrücke entstehen daher nicht, so dass auch ein tieferes Erleben und Empfinden für die dargestellte Thematik eher ausbleiben dürften.

Der Fokus konzentriert sich auf das unmittelbare Objekt, wie beispielsweise ein bestimmter Vogel in der ehemaligen Vogel-Ausstellung des ZFMK, das Objekte deskriptiv-klassisch präsentierte.

Das Umfeld, wie auch die Verbindungen zwischen Umwelt und Individuum werden nicht beleuchtet, wohl aber die morphologische Gestalt.

Der Vogel der systematischen Gliederung wird auf sein Aussehen reduziert, der Vogel bei Themenblöcken, wie beispielsweise Flugtechnik, Ernährung oder Knochenbau, dagegen auf ganz spezifische Funktionsmechanismen und Anpassungen. Der Vogel als ganzheitliches Individuum mit eigenem Charakter, als Mitgeschöpf in einer größeren Welt voller gegenseitiger Wirkbeziehungen, geht dabei jedoch verloren.

Auch kann es der musealen Präsentation in rasterförmig angeordneten Schaukästen kaum gelingen, Spannung, Entdeckungslust und Erlebnischarakter aufzubauen, zumal die ganze Ausstellung auf einen ersten Blick in ihrer Struktur überschaubar, daher erfassbar ist.

Als strukturgebende, sich immer wiederholende Elemente sind lediglich Schaukästen realisiert, die jedes ausgestellte Tier, jede Tierart isoliert von anderen darstellt. Nach kurzer Zeit führt die immer identische Präsentationsform in vielen Fällen zur Ermüdung des Besuchers.



Abb. IV.4b Die neue, überarbeitete und als Zwischenlösung gedachte ornithologische Teilausstellung im Museum Koenig in deskriptiv-klassischer Konzeption kurz vor der offiziellen Eröffnung. Sie zeigt, dass es trotz traditionellem Grundaufbau möglich ist, moderne und ansprechende Akzente zu setzen und durch eine bewusste Vermeidung von Informationsüberladung auch den „normal“ interessierten Besucher nicht zur Überfordern und so abzuschrecken. Dennoch bleibt eine Distanz zwischen Besucher und Ausstellung, eine emotionale Verbindung und Interaktivität entsteht nicht.

Den sterilen, nicht emotional ansprechenden Grundaufbau verstärkt des weiteren oftmals ein Platten- oder anderer Steinboden, der keinen Bezug zur Ausstellungsthematik herstellen kann.

Das eigentliche Ausstellungsthema spiegelt sich – zusammenfassend formuliert – isoliert vom Besucher nur innerhalb der Schaukästen hinter Glas wider. Der Besucher kann daher nicht in die „Welt des Präsentierten“ „abtauchen“ und mit ihr in aktive Interaktion treten. Die Beschäftigung mit der Thematik verbleibt daher in der Regel auf einem rein kognitiven Niveau und erfährt keine emotionale Vertiefung.

Die isolierende Darstellung in Glas-Schaukästen erschwert dem Besucher des weiteren, eine logische Abfolge der inhaltlichen Schwerpunkte zu erkennen, da Übergänge von einem Schwerpunktthema zum nächsten stets auch mit einer strengen räumlichen Trennung verbunden sind.

Diese klare Strukturierung kann jedoch, besonders wenn ein Besucher etwas über einzelne, bestimmte Themen erfahren möchte, zum Vorteil gereichen, da ein gezieltes Aufsuchen und Wiederfinden spezifischer Themenkomplexe leicht möglich ist und sich dank der Fülle an dargebotenen Informationen auch Speziell- und Stark-Interessierte umfassend über (einzelne) Themenkomplexe bilden können.

Zahlreiche Ausstellungen nummerieren ihre Ausstellungsschaukästen und stellen so eine logische Abfolge her. Museumsführer können in ihren Erläuterungen dann auf diese Nummern zur Erleichterung der Orientierung zurückgreifen.

Ist der Besucher stark intrinsisch motiviert, so kann er durch Abgehen von einem Schaukasten zum jeweils nächsten in der richtigen chronologischen Reihenfolge der Ausstellungs-dramaturgie viel über das behandelte Thema erfahren. Dazu sind jedoch zahlreiche Wegumkehren notwendig – vom Hauptgang

zu den Schaukästen und wieder zurück. Auch wird durch die gegebene Schaukasten-Struktur keine Unterscheidung der Inhalte nach ihrer Wichtigkeit vorgenommen. Die fehlende Vorgabe des „optimalen“ Weges, die durch die wiederholende Präsentationsform aufkeimende Langeweile und die ständigen Wegumkehren verführen zum „Geradeaus-Gehen“ an allen Inhalten vorbei oder auch zur Ablenkung durch andere, ebenfalls direkt sichtbare Themenkomplexe in anderen Schaukästen (siehe Abbildung IV.4a).

Ein bisher nicht erwähnter und auch nicht in Abrede zu stellender Vorteil der Glaskasten-Präsentation ist der Schutz der ausgestellten Präparate vor seinen Betrachtern, die allzu gern nicht nur durch unerlaubtes und unsachgemäßes Anfassen teilweise sehr wertvolle Ausstellungsobjekte beschädigen, sondern mit Regelmäßigkeit „Andenken mitnehmen“, so dass auch nicht durch Finanzmittel wieder zu behebende Schäden und Zerstörungen entstehen können.

Mäander-Konzeption

Beispiel: Teil der Unterwasserwelt-Ausstellung des Sealife Timmendorfer Strand, Timmendorfer Strand.

Im deutlichen Kontrast zur deskriptiv-klassischen Präsentation steht die Mäander-Konzeption. Das Grundprinzip sieht eine deutliche Besucherlenkung über nur einen einzig möglichen Weg vor. Die Themen-Reihenfolge ist damit strukturgegeben definiert und fix vorgegeben, weswegen eine logische Aneinanderreihung der Themen problemlos möglich ist (siehe Abbildung IV.4c). Die Betonung muss hier auf „möglich“ liegen, denn es gelingt nicht jeder Umweltausstellung, Sinnzusammenhänge und ansprechende logische Verknüpfungen der räumlich benachbarten Themen herzustellen. Fehlt diese, erscheint die Präsentation dem Besucher eher als zusammenhangsloses, wenig durchdachtes Sammelsurium nacheinander präsentierter Themen. Er verliert den Überblick. Mit Fehlen des „roten Fadens“ wird das Thema für ihn zu unübersichtlich, und schließlich resigniert er. Das Ziel der Umweltausstellung würde somit verfehlt.

In der Grundkonzeption führt ein mehr oder weniger geschwungener Weg durch die naturkundliche Ausstellung, die in Form einer durchgängigen Museumslandschaft gestaltet ist. Diese Landschaft gibt die Strukturierung des Ausstellungsraumes vor, eine Zerstückelung des zur Verfügung stehenden Raumes würde hingegen das freie Raumgefühl des Besuchers empfindlich stören (Schuck-Wersig, Wersig (1986)). Besucher können auf ihrem Rundweg in das Ausstellungsthema eintauchen, da alles um sie herum unmittelbar mit der behandelten Thematik zu tun hat. Alle Ausstellungsobjekte oder Dioramen sind unmittelbar an den beiden Wegrändern installiert, so dass es rechts und links des Wegs immer neue Entdeckungen zu machen gilt. Mancherorts sind die Ausstellungsobjekte so harmonisch in das natürlich gestaltete Umfeld eingebettet, dass sie erst

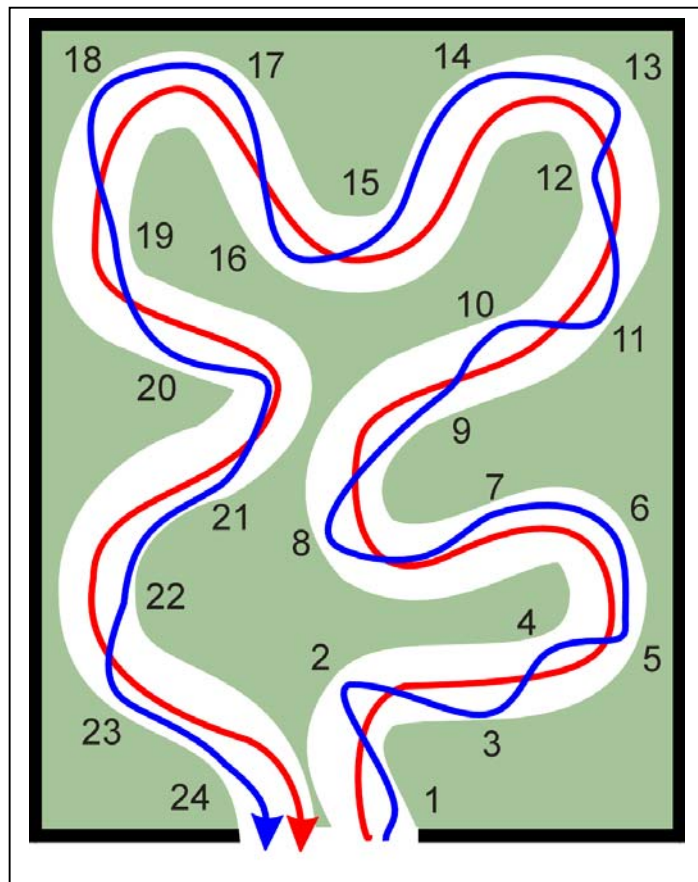


Abb. IV.4c Mäander-Aufbau mit einem vorgegebenen Besucherweg durch eine gestaltete Museumslandschaft. Blau gezeichnet ist der optimale Weg des Besuchers durch die Ausstellung, eine ebenfalls mögliche, an den Ausstellungsobjekten jedoch vorbeigehende Wegwahl ist hingegen in rot gezeichnet (siehe Text).

gesucht werden müssen, was den Erlebniswert dank eigener „Such-Expeditionen“ deutlich erhöht (siehe Abbildung IV.4d auf der folgenden Seite).

Selbst die Besucherwege werden in etlichen, besonders den neueren Umweltausstellungen als erfahrbarer Raum begriffen und als solcher themenbezogen gestaltet. Dementsprechend sind sie nicht als einfacher Steinboden charakterisiert, der allein der Aufgabe als Trittpläche des Besuchers dient. Vielmehr ist er integraler Bestandteil der Museumslandschaft und als solcher dem Ausstellungsthema angepasst beispielsweise aus Stein, Holz oder auch imitiertem Eis (aus weiß angestrichenem Beton).

Die Integration des eigentlichen Besucherwegs mit in die Ausstellungsflächen hinein kann so weit reichen, dass er als Brücke über Ausstellungselemente ausgeführt ist, wie in Abbildung IV.4d im Hintergrund zu sehen ist, wo der Weg als Holzbrücke über ein Gewässer führt.

Der Besucher fühlt sich so nicht nur „Neben“ der dargestellten Welt der Ausstellung, die er in einer distanzierten Betrachtung wahrnimmt, sondern „Mittendrin“, mitten in der Ausstellung, mitten in einer neuen, ihn gerade auch emotional ansprechenden Welt, auf die er sich einlassen kann und deren Schönheit und besonderen Wert es zu entdecken gilt.

Wesentliches Merkmal von Ausstellungen, denen dies gelingt, ist das Weglassen von Barrieren, die Besucherwege von den Ausstellungslandschaften trennt. So wird auf eine Separierung, wo immer möglich, beispielsweise über Glasscheiben vollständig verzichtet. Aquarien können baulich derart gestaltet werden, dass sie von oben ohne Trennung durch eine Glasscheibe einsehbar sind. So werden lebende Fische zunächst aus einer für den Menschen natürlichen Sichtweise gesehen, nämlich von oben ungehindert ins Wasser. Wer diese Fische seitlich betrachten möchte, muss sich erst bücken (siehe Abbildung IV.4d) und kann ganz neue Entdeckungen machen, wie die, dass „Fische von oben ja ganz anders aussehen als von der Seite“ (E. Breuer, mündlich, 01.09.2002).

So kann an die „normale“ Erfahrungswelt des Menschen angeknüpft werden und zur genauen Betrachtung hingeführt werden. Anders ist dies in klassischen Aquarien-Zoos älteren Gestaltungsdatums, wie dem Aquarium des Kölner Zoos, deren Aquarien meist nur seitlich, in Wände eingelassen angeordnet sind. Hier können Fische nur in der für Menschen in der Natur ungewohnten Blick-Perspektive seitlich gesehen werden. Ein Bezug zu den vorhandenen Fischen wird so nicht aufgebaut, vielmehr wirken die so präsentierten Fische meist unwirklich und in einer Welt, die keinerlei Verbindung zum menschlichen Dasein aufweist.



Abb. IV.4d Mäanderweg durch die Ausstellung im Sealife Timmendorfer Strand. Rechts und links des Besucherwegs sind Landschaftsräume im Maßstab 1:1 nachgebildet, selbst der Besucherweg, Wände und Decken sind in die Gestaltung miteinbezogen. So findet die nachgestellte Landschaft ihre optische Fortsetzung bis zum fiktiven Horizont inklusive Himmel durch Wandmalereien. Der Boden des Besucherwegs (im Hintergrund) ist als Brücke über ein Gewässer gestaltet. Überall in der Ausstellung, auch in den Naturraum-1:1-Großdioramen, finden sich Hinweise auf menschliche Einflussnahme (siehe den Rettungsring, nur teilweise zu erkennen im Foto rechts). So wird der Mensch als Element der Natur integriert, wie auch seine (Negativ-) Einflüsse dargestellt.

Anders ist dies im Sealife Timmendorfer Strand, wie auf dem Foto IV.4d ersichtlich wird. Die Besucher sind mit Entdeckungen beschäftigt, wie nicht nur die vor dem Aquarium gebückte junge Frau offenbart, sondern auch die sich über das Schutz-Brückengeländer weit nach vorne beugenden Jugendlichen.

Dabei kann der Eindruck und das Gefühl beim Besucher, mit Betreten der Ausstellung auch in eine andere Welt eingetreten zu sein, durch gleichzeitiges Ansprechen der verschiedenen Sinne verstärkt werden.

Auf Holzplanken läuft es sich anders als auf einem Betonboden. Ein Wasserfall lässt feinen Wassernebel in der Luft verbreiten. Rauer und kalter Wind aus einem Gebläse, der den Besuchern ins Gesicht bläst, lässt mit Pinguinen mitfühlen, die bei Eiseskälte ein Ei auf ihren Füßen unter ihrem Gefieder warm zu halten versuchen. Die dioramenhafte Nachbildung eines Waldes wird erst durch aus (versteckt angebrachten) Lautsprechern tönendes Vogelgezwitscher überzeugend wirken. Die Modellnachbildung einer Feldblumenwiese ohne „brummende“ Insekten und dem Duft von Blüten und frischem Gras wird immer so viel fehlen, dass das Gefühl, mitten in einer Wiese zu sein, nicht aufkommen wird. „Brummende“ Insekten sind über Lautsprecheranlagen problemlos akustisch zu imitieren und selbst Blumenwiesen-Düfte lassen sich mittlerweile über Zerstäuber, die synthetische Duftstoffe zerstäuben, verbreiten.

Ein Nachteil, der aber auch Vorteil sein kann, soll nicht verschwiegen werden. Da bei Mäander-Konzeption-Ausstellungen ein selektives Auswählen und Weglassen von Inhalten wegen fehlender Besucherweg-Alternativen oder Wegabkürzungen nicht möglich sind, müssen Besucher an allen Inhalten wenigstens vorbeilaufen. Dies kann einerseits zum Hinschauen verlocken, so dass Dinge positiv oder als interessant und spannend wahrgenommen werden können, die man sonst nicht gezielt aufgesucht hätte. Da nur unmittelbar vor dem Besucher liegende Inhalte (Themen) genau gesehen werden können, die weiter entfernten nur bruchstückhaft durch die Museumslandschaft erkennbar sind, und so zumindest bei guter Gestaltung nach jeder Wegbiegung

spannende „Überraschungen“ und Entdeckungen folgen, dürfte der Aufbau eines Spannungsbogens gelingen können.

Auf der anderen Seite jedoch kann sich der Besucher auch in gewisser Hinsicht entmündigt fühlen, da ihm die Möglichkeit genommen wird, selbst zu entscheiden, was er sehen will und was nicht. Stattdessen wird er an allen Inhalten auf einem durchschnittlichem Vertiefungsniveau vorbeigeführt. Zu vertiefend darf eine solche Ausstellungskonzeption auch nicht in die Materie vordringen, zu viele der oftmals nur mäßig interessierten Besucher würden gelangweilt oder fachlich überfordert. Dies bedeutet aber auch, dass sie für wissenschaftliche wie auch hobbymäßige Spezialisten zu oberflächlich ist und ihr damit zumindest für diesen Personenkreis der Reiz zu einem Besuch fehlt beziehungsweise solche Besucher die Ausstellung enttäuscht verlassen werden.

Ebenfalls ist ein gezieltes Aufsuchen nur einzelner Themenkomplexe, die einzelne Besucher möglicherweise speziell interessieren und denen sie ihre Aufmerksamkeit widmen möchten, nur mühsam durch Ablaufen der gesamten Ausstellung möglich.

Aber für alle Besucher gilt, dass ein Zuviel an Sinneseindrücken und Wissensvermittlung ermüdet, zum „geistigen Abschalten“ und zum „überladen von Thema zu Thema Stolpern“ führt (siehe Abbildung IV.4c, „roter Weg“). Dies alles muss bei der Planung einer Ausstellung, auch einer zur Umweltbildung, beachtet werden.

Lagunen-Konzeption

Beispiel: Ausstellung „afrikanische Savanne“ im Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn

Etliche Vorteile der deskriptiv-klassischen Konzeption, wie die Möglichkeit des direkten Aufsuchens spezieller Themenschwerpunkte, und der Mäander-Konzeption, beispielsweise dem Integrieren des Besuchers in die „Ausstellungswelt“, kombiniert die Lagunen-Konzeption (siehe auf der folgenden Seite Abbildung IV.4e), wie sie in der neuen Ausstellung des ZFMK „afrikanische Savanne“ realisiert ist (siehe Abbildung IV.4f).

Eine zwingende Reihenfolge des Besuchs einzelner Themenschwerpunkte im Sinne einer Besucher-Lenkung über nur einen einzigen möglichen Besucher-Weg ist weder möglich noch in diesem Fall sinnvoll. Die gestaltete (Museums-)landschaft muss dem Rechnung tragen.

Wenn das Verständnis einzelner Themenschwerpunkte nur dann möglich ist, wenn andere Themenschwerpunkte vorher aufgesucht wurden, muss dies eindeutig erkennbar sein. Auch sollten solche Informationseinheiten unmittelbar benachbart angeordnet werden.

Dass ein klarer Besucher-Weg nicht vorgegeben ist, kann Vor- und Nachteil zugleich sein. Bei der Behandlung mancher Themenkomplexe ist eine klare Besucherführung durchaus notwendig, wenn implizit aufeinander aufbauende Inhalte präsentiert werden. Dem Fehlen dieser engen Besucher-Lenkung in der Lagunen-Konzeption schlussfolgert für den Ausstellungsbesucher jedoch auch ein breiter Raum der Bewegung, Möglichkeiten der eigenen Besuchsgestaltung und das Gefühl der Mündigkeit.

Die Überschaubarkeit der Ausstellung eignet sich insbesondere dann, wenn der Charakter und Eindruck weitläufiger Landschaftsbilder, wie Wüste oder Wattenmeer, dargestellt werden sollen. Auch für die Ausstellungseinheit „afrikanische Savanne“ (ZFMK) trifft dies zu. So kann die Grundkonzeption schon wesentlich zum Gelingen der Wiedergabe von Natur- und Landschaftsräumen beitragen.

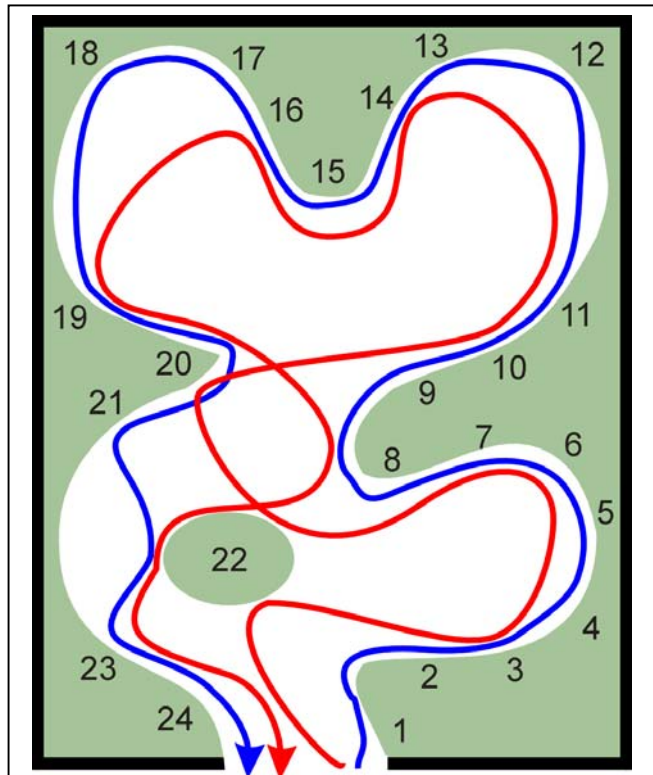


Abb. IV.4e Lagunen-Aufbau in einer gestalteten Museumslandschaft. Blau und rot sind exemplarisch mögliche Routen des Besuchers dargestellt. Die Angabe eines „optimalen“ Weges ist nicht unbedingt sinnvoll (siehe Text).



Abb. IV.4f Die neue Savanne-Ausstellung im Museum Koenig in Bonn. Rechts hinter den Klippschliefern (im Vordergrund) ist eine der Lagunen zu sehen.

Kombi-Mäander-Lagunen-Konzeption

Die vierte und schließlich letzte hier vorgestellte Variante kombiniert in gewisser Hinsicht Mäander- und Lagunen-Konzeption. Bei dieser Kombi-Konzeption (siehe Abbildung IV.4g) erhält der Besucher die Freiheit, sich bestimmte Schwerpunkte näher auszusuchen, je nach individuell verschieden ausgeprägtem Interesse.

Die Basics, also die auf jeden Fall wichtigen, grundsätzlichen Inhaltelemente, bekommt dennoch jeder Besucher zumindest auf seinem Ausstellungsrundgang präsentiert, im Optimalfall auch vermittelt. An diesem Grundwissen muss jeder Besucher wenigstens „vorbeigehen“. Aus dieser Tatsache erwächst jedem Teilelement der Umweltausstellung dieser Kombi-Konzeption die besondere Herausforderung und Aufgabe, diese Chance zu nutzen und den Besucher mittels geeigneter Eye-Catcher schon von mittlerer Distanz „anzulocken“, in der Form der Präsentation erstes Interesse zu wecken und durch den selektiv, passend ausgewählten und ansprechend dargestellten Inhalt zu begeistern beziehungsweise zu interessieren.

Der mündige Besucher sucht sich neben dem auf dem regulären Hauptweg dargebotenen Basisangebot die für ihn besonders interessanten (Spezial-)themen aus, die er (in den Lagunen) vertiefen möchte. Solche Interessenslagunen haben spezielle Themenschwerpunkte, die eine erweiterte, über die Grundlagen hinausgehende Kenntnisbildung ermöglichen. Der durchschnittlich Interessierte kann diese „übergehen“, ohne dass der Gesamteindruck und die Intention der Umweltausstellung gestört oder beeinträchtigt würde. Die Lagunen können im Wesentlichen drei grundlegende Themata beinhalten: 1. Vertiefungseinheiten, 2. Pausen- und Erholungslagunen und 3. Lernkontrollen.

Dabei können selbst die der Erholung dienenden Lagunen thematisch in die Umweltausstellung miteinbezogen werden, wenn beispielsweise das Pausieren in einem natürlich nachgestalteten Umfeld geschieht, entdeckt und erkennt der Besucher, dass Naturraum auch für ihn einen unmittelbaren Erholungswert darstellen kann, sich der Besuch auch der realen Natur „lohnt“.

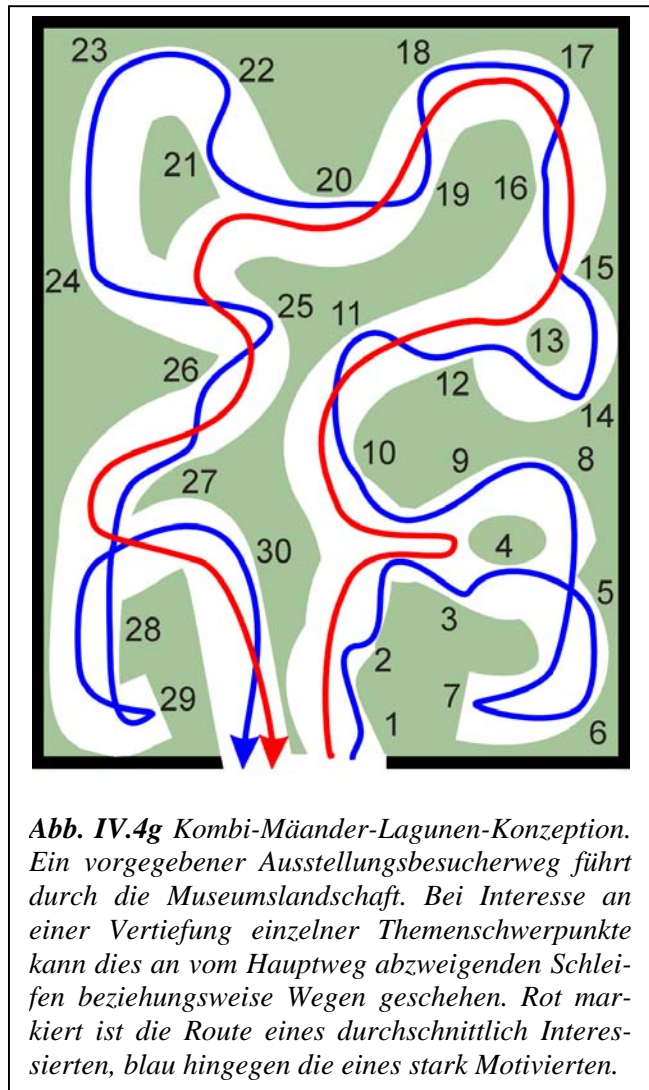


Abb. IV.4g Kombi-Mäander-Lagunen-Konzeption. Ein vorgegebener Ausstellungsbesucherweg führt durch die Museumslandschaft. Bei Interesse an einer Vertiefung einzelner Themenschwerpunkte kann dies an vom Hauptweg abzweigenden Schleifen beziehungsweise Wegen geschehen. Rot markiert ist die Route eines durchschnittlich Interessierten, blau hingegen die eines stark Motivierten.

Die Lernkontrolle darf in ihrer konzentrierten Form nur in den dafür speziellen vorgesehenen, freiwillig aufzusuchenden Lagunen realisiert werden. Besonders für Kinder und Schulklassen dürften sie von besonderem Interesse sein. Lern- und Verständniskontrollen dürfen in versteckter Form zwar auch in der eigentlichen Ausstellung installiert sein, jedoch muss unbedingt vermieden werden, dass sich der Besucher entmündigt auf dem Prüfstand fühlt und den Eindruck gewinnt, ihm solle ein bestimmtes Wissen und Verhalten aufgezwungen werden, dessen Aufnahme und Akzeptanz zu allem Überfluss auch noch „nachkontrolliert“ wird.

Die im dritten Band vorgestellte Planungskonzeption einer VogelWelten-Ausstellung beruht in ihren Grundzügen auf dieser Präsentationsmethodik, da sie aufgrund der angeführten Merkmale die (meiner Ansicht nach)

geeigneteste Darstellungsform der Vielfältigkeit der Vogelwelt darstellt, auch wenn räumlich bedingte Kompromisse hier unumgänglich sind.

IV.5 MEDIEN

Das Wesen des Mediums

Medien sind dem Begriff nach zunächst schlicht Mittelglieder. Sie haben die Aufgabe, zwischen den Zielen einer Ausstellung und den Besuchern zu vermitteln. Die Museumsdidaktik bedient sich ihrer zur Erreichung der von ihr gesetzten Intentionen, beispielsweise der Vermittlung von Umweltbildung.

Originale Objekte sind die Hauptausstellungsmedien eines typischen Naturkundemuseums. Sie werden, wenn sie dem Museum zugeführt werden, zu einem Medium und somit zu einem Repräsentanten. Dabei geht mit der Nutzung des Objekts im Museum in der Regel auch der ursprüngliche Bedeutungs- und Funktionszusammenhang verloren (vergleiche Fingerle (1992)).

So wird sich ein ins Museum verbrachtes Mühlrad zwar noch eventuell – von einem Motor angetrieben – drehen, doch die originäre Funktion, aus der Wasserkraft eine Drehbewegung zu erzeugen, um hiermit über Achsen und Übersetzungen einen Mühlstein anzutreiben und Korn zu mahlen, ist verloren gegangen.

Ebenso ist es mit präparierten, ausgestopften Tieren, die in einzelnen Schaukästen präsentiert werden. Auch sie sind der intakten Lebensgemeinschaft entrissen worden und stehen in der klassisch-deskriptiven Naturkundeausstellung isoliert und ohne jede Beziehung zu anderen Organismen. Um den Besuchern diese Verknüpfungen nahe zu bringen, müssen die ausgestellten Tiere daher in Beziehungen zu ihrer unbelebten wie auch belebten Umwelt präsentiert werden. Die museale Präsentation versucht sich so in der möglichst realistischen Wiedergabe der natürlichen Umwelt. Dass sie dabei nie an die tatsächliche

Natur heranreichen kann, versteht sich von selbst, aber darin soll sie auch nicht ihre spezielle Aufgabe sehen.

Die besondere Stärke der Museumsausstellung und ihrer Medien, ja ihre eigentliche Aufgabe, liegt in der Erklärung der dargestellten natürlichen Zusammenhänge. Ihr Vorteil ist in der exemplarischen Darstellung von Naturzusammenhängen zu sehen, die anhand dieser dem Besucher erläutert werden und auf generelle Naturphänomene und Problematiken aufmerksam machen wollen. Dabei wird man sich nicht allein auf originale Objekte als Medien beschränken. Vielmehr werden Ausstellungen durch geeignete Modelle, Reproduktionen, Grafiken und Info-Texte bereichert. Erst durch diese Ergänzungen lassen sich die originalen Objekte in ihren unter natürlichen Bedingungen existenten Bedingungen erklären und verstehen.

Die Trennung von Objekten, die in ihrer originalen Funktion außerhalb des Museums agieren und solchen, die als Medium im Museum fungieren, ist nicht immer scharf auszumachen.

So berichtete Wolfgang Kemp von einer Bauernfrau, die regelmäßig in ein Museum ging, um dort vor einer ausgestellten Marien-Skulptur eine kurze Andacht zu halten. Zu dieser Figur hatte sie bereits als Kind gebetet, da die Maria noch in ihrem Heimatort in der Kirche stand. Der Bauernfrau war der Sinnwandel der Marien-Figur, der mit der Verfrachtung von der Kirche ins Museum einherging, nicht bewusst. Auch die Mitarbeiter des Museums schienen mit der Situation überfordert, so dass sie der Frau schlichtweg ihre Andachten verbat (Kemp (1987), zitiert in Fingerle (1992)).

Medien-Typen

Neben den bereits erwähnten originalen Objekten, Modellen, Reproduktionen, Grafiken und Info-Texten können in naturkundlichen Museen und in allen im weiteren Sinne der Umweltbildung verschriebenen Lern- und Erlebnisorten beispielsweise Dioramen, Sehhilfen, wie Lupen oder Mikroskope, die, so eins der Ergebnisse einer Evaluation, sehr gerne genutzt werden (Paatsch (2001)), Diapositive, Tonbildvorführungen, Videos, Lautsprecher, Computer, Interaktiv-Medien jeglicher Art und Spiele, aber auch lebende Tiere als Medien in die Ausstellung integriert werden und dort einen wichtigen Beitrag liefern.

Bei der musealen Präsentation sollten Originalobjekte, Experimente, Mitmach-Spiele, Simulationen, Dioramen und Modelle, die viel eher emotionale Empfindungen und Eindrücke erzeugen können, Vorrang vor Bildern, Videos, Grafiken oder Texten haben (vergleiche Paatsch (2003a)). Bei jeder thematischen Einheit muss abgewägt werden, welche Medien im speziellen Fall die geeignetesten sind. Ein vollständiger Verzicht auf Abbildungen und Texte wird jedoch kaum möglich sein.

Für alle Medien gilt, dass sie möglichst direkt erfassbar und (leicht) verständlich sein müssen. Der Besucher lässt sich in der Regel nur wenig Zeit für jedes Objekt, wie Untersuchungen von Klein (1989) bestätigen konnten. Demnach liegt die durchschnittliche Verweildauer vor einem Museumsexponat bei gerade einmal acht Sekunden (Klein (1989), zitiert in Parmentier (2003)).

Anordnungsprobleme

Selbst wenn es selbstverständlich klingt, muss doch auf Grundlegendes bei der Installation einer Ausstellung hingewiesen werden, da es immer wieder zu „Pannen“ dergestalt kommt, dass sich beispielsweise akustische Medien, wie Lautsprecher, gegenseitig behindern und ein Zuhören im Sinne von Verstehen vereiteln, da sie schlicht zu nah beieinander aufgestellt werden. Auch werden manches Mal Video-Präsentationen direkt gegenüber von Fenstern aufgebaut, so dass das direkt einfallende Sonnenlicht nur den Staub auf dem Bildschirm oder der Leinwand beleuchtet oder

störende Reflektionen erzeugt, der eigentliche Film aber kaum zu erkennen ist.

Sind diese Probleme in den meisten Fällen leicht zu lösen, bedürfen sie doch lediglich einer räumlichen Umplanung, betreffen die folgenden kritischen Betrachtungen eher die spezifischen Medien an sich.

Vernachlässigung des Objekts

Originale Objekte sollten das bevorzugte Medium eines Naturkundemuseums sein. Oft werden dies präparierte Tiere oder (bei Weichtieren) bemalte Gipsabdrücke sein, die als Stellvertreter ihrer Spezies, ihrer Familie oder ihres Lebensraumes im Besucher Einblick und Achtung im Sinne von Umweltbewusstsein und Umweltbildung erzeugen sollen. Die Präsentation dieser Tiere in der Ausstellung sollte daher diesen Zielen gerecht werden, sie in ebensolcher Würde und Achtung zeigen (siehe Abbildung IV.5a auf der folgenden Seite). Nur wenn dies auch dem Besucher deutlich wird, können die Ausstellungsgestalter dasselbe von ihm wünschen. Wer beispielsweise zum Gebrauch von Recycling-Papier auf Hochglanz-Papier aus Frischholz aufruft, wird seine Ziel ebenso verfehlen.

Der Vorrang des originalen Objekts sollte immer bewahrt bleiben. Erst wenn es zur Erklärung und Verdeutlichung der gewünschten Leitmotive oder Detailziele nicht ausreicht, sollten ihm weitere Hilfsmedien zur Seite gestellt oder durch andere Medien ersetzt werden. In der geplanten VogelWelten-Ausstellung werden dies oft Modelle oder Dioramen sein, in denen die Objekte ihren Platz einnehmen werden. In vielen Ausstellungen, auch und besonders in den sogenannten „modernen“ Ausstellungen, sind die originalen Objekte jedoch vor Video- und Computer-Installationen stark in den Hintergrund getreten.

Dieses „In-den-Hintergrund-treten“ der originalen Objekte gipfelt darin, dass in manchen Ausstellungen das Objekt nur noch erster Eye-Catcher für die Ausstellungseinheit ist. Alle weiteren Erläuterungen und Inhalte werden allein über Texte, Modelle, Computer oder Videos vermittelt.



Abb. IV.5a Sehr unsauber in dicken Tropfen mit Heißkleber und ohne unmittelbar erkennbare Ordnung an die Schautafel-Rückwand geklebte Präparate. Auf einem Zettel sind die Artnamen vermerkt. Ohne ersichtlichen Zusammenhang ist über dieser Schautafel eine (an der Frakturschrift erkennbar) alte anatomische Zeichnung eines Krokodils angebracht. Die Präparate werden eher wie Ware präsentiert. Achtung vor der Natur und ihren Bewohner wird so kaum zu erzeugen sein. Gesehen in der Vogel- und Reptilienausstellung am Drachenfels (vergleiche Abbildung IV.5e).

Paatsch drückt dies treffend aus: „Aber täuschen wir uns nicht – in vielen Ausstellungen führen die natürlichen und kulturhistorischen Originale ein trauriges Schattendasein. Die ausgestopfte Schleiereule etwa steht zwar hoch oben auf ihrem Podest, aber das „Eigentliche“, das „Wichtige“ wird dann doch eine Etage tiefer auf der Texttafel, oder mit Hilfe von Kopfhörern oder auf dem Computerbildschirm vermittelt. Etwas polemisch könnte man fragen: Warum sollte man sich da noch die Schleiereule anschauen? In vielen Fällen sind die Originale doch nur Illustrationen für das papierene Wort. Oder – was noch

schlimmer ist – sie sind einfach nur als Animation für die Besucher gedacht, damit die sich zu dieser Texttafel begeben, diese lesen und überhaupt – damit die Ausstellung „nicht ganz so trocken“ wirkt.“ (Paatsch (1999))

Doch die Vernachlässigung der potentiellen Erklärungskraft der Objekte ist nicht ein Phänomen unserer Epoche oder speziell der Museen, sondern der Pädagogik im weitesten Sinne. Bereits im 17. Jahrhundert wurde diese Problematik von Comenius aufgegriffen (Parmentier (2003)).

Rousseau sah in Büchern eine „Geißel der Kindheit“ und meinte: „Ich will keinen anderen Lehrer für ihn als die Natur und keine anderen Modelle als wirkliche Gegenstände. Ich will, dass er das Original vor Augen hat und nicht das Papier, auf dem es dargestellt ist. Er soll ein Haus nach einem richtigen Haus zeichnen und einen Baum nach einem richtigen Baum und einen Menschen nach einem Menschen, damit er sich daran gewöhnt, alles richtig nach seinen Erscheinungsformen zu beobachten und nicht daran falsche und konventionelle Nachbildungen für wirkliche zu halten“ (Rousseau (1963), zitiert in Parmentier (2003)).

Im Sinne besuchergerechter Ausstellungen heutiger Auffassung treten daher Texte vor den Objekten wieder zurück. Dabei sollte jedoch auch beachtet werden, dass ein Objekt allein nicht immer imstande ist, alles und jeden Sachverhalt von sich aus zu erklären. Werden Begleittexte derart bis zur Unkenntlichkeit gekürzt, dass sie über ein unpräzises, sehr vages und verallgemeinerndes Niveau nicht mehr hinauskommen, verliert auch das Objekt seine wertvolle Vermittlungsfunktion und dient nur noch der ästhetischen Betrachtung und Dekoration (vergleiche Parmentier (2003)).

Computer-, Video-Präsentationen und Alternativen

Gerade die oft als interaktives Medium gelobten, jedoch tatsächlich mehr pseudo-interaktiven Computer-Installationen, die in einer Vielzahl von Museen aufgestellt wurden und werden, um Zeitgeist und Moderne als Inhalte zu vermitteln, sind es, die in der jüngsten Vergangenheit die eigentlichen Objekte aus dem Vordergrund verdrängt haben.

Dabei kann von echter Interaktivität nicht die Rede sein, erlaubt ein Computer und seine Software doch nur eine Auswahl aus vorgegebenen Programmabläufen. In vielen Fällen kann daher ein nur zielloses „Herumgeklicke“ beobachtet werden. Die Inhalte werden jedoch nicht oder nur kaum wahrgenommen, da eine intensive Beschäftigung ausbleibt, besonders, wenn der Computer im Stehen bedient werden muss (vergleiche Weyer, Naumann (1994) und Paatsch (2003a)).

Die Software sollte des weiteren auf textlastige Darstellungen verzichten, da diese Texte kaum ein Besucher lesen werden wird, sondern eher Bilder und kurze Videos zeigen, die mit akustischer Ausgabe versehen sind. Der Besucher wird eher zuhören und zuschauen, als selber lesen.

Auch sollte eine Kurzeinweisung in die Bedienung der verwendeten Software beziehungsweise des Computers gereicht werden, da auch heute noch längst nicht erwartet werden darf und kann, dass jeder Museumsbesucher mit einer solchen Apparatur umgehen kann. Eine Evaluation von Schmitt-Scheersoi konnte beispielsweise aufzeigen, dass 10 Prozent der Museumsbesucher keine Erfahrung im Umgang mit Computern haben (Schmitt-Scheersoi (2003)).

Wer keine Erfahrung mit Computern hat, hat möglicherweise Schwellenängste, die dazu führen, dass entweder von diesen Angeboten keinen Gebrauch gemacht wird oder andere für sie diese Geräte bedienen (siehe Abbildung IV.5b). Insbesondere gilt dies, wenn die Installationen wenig kindgerecht oder zu kompliziert sind. Ein vertiefter Lernerfolg, aber auch Spaß und Freude bei der Beschäftigung mit dem Medium setzt in der Regel voraus, dass man selbst aktiv werden kann. Der Einsatz von Computern und Videoinstallationen im Museum sollte daher kritisch auf seine Notwendigkeit überprüft werden.

In manchen Fällen bedeutet die Aufstellung eines Computers oder einer Video-Anlage durchaus einen Vorteil und eine wertvolle Bereicherung der thematischen Einheit, besonders dann, wenn dynamische, bewegte Prozesse vermittelt werden.



Abb. IV.5b Computer-Installation im Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer in Norddeich. Die Mutter übernimmt die Bedienung des Computers. Dem Kind verbleibt nur eine Zuschauerrolle.



Abb. IV.5c Diorama einer Müllkippe mit zwei Möwen in der neuen ornithologischen Ausstellung im Museum Koenig, Bonn.

Solche Anlagen sollten jedoch nicht nur dem Selbstzweck oder der Vorspiegelung und Nacheifern einer scheinbaren „Moderne“ dienen. „Ein Cola-Dosen-Gebirge im Ausstellungsraum ist allemal eindrucksvoller als ein Video über die umweltschädlichen Folgen der Verwendung von Getränkedosen“, so Paatsch (2003a). Ebenso wurde in der überarbeiteten neuen ornithologischen Ausstellung des Museum Koenig eine Müllkippe mit zwei Möwen im Diorama nachgestaltet (siehe Abbildung IV.5c auf der vorigen Seite), anstatt eine Computerinstallation oder ein Video zu präsentieren.

In der Praxis spielen hierbei natürlich nicht immer rein didaktische Überlegungen eine entscheidende Rolle. Oftmals sind dies gerade auch zeitliche (in der Planung), finanzielle, fähigkeitsbestimmte und räumliche Begebenheiten.

Gerade bei kurzen Bewegungsabläufen und Prozessen sollte überlegt werden, ob nicht andere, oftmals sogar preiswertere und wartungsärmere Medien anstelle von Computer und Video-Installationen geeignet sind.

Abbildung IV.5d zeigt eine solche schon sehr alte, aber immer wieder – gerade auch für Kinder – eindrucksvolle Technik.

Auch können manche Prozesse anstatt im Film auch über eine interaktive Installation realisiert werden. Die mit der Benutzung, dem

förmlichen Ausprobieren verbundene, aufzubringende Eigenaktivität fördert darüber hinaus die Konzentration auf das Medium und die Lehrinhalte.

Ein Problem eher praktischer Natur ergibt sich in der Notwendigkeit, Computer zur Museumsschließung herunterzufahren und zur morgendlichen Öffnung wieder hochzufahren. Schließlich bedingt einfaches Ausschalten von Computern bei heutigen Betriebssystemen in der Regel das Durchlaufen diverser Festplatten- und Betriebssystemreparatursoftware.

Dieses Hoch- und Herunterfahren bedeutet aber zusätzlichen personellen Zeitaufwand, der relativ hoch sein kann, wenn mehrere Computersysteme in der Ausstellung aufgestellt sind.

Eine eigentlich nicht sinnvolle Alternative wäre es, die Computer über Nacht eingeschaltet zu lassen und so jedoch zusätzliche Stromkosten zu verursachen. Dies wäre auch im Hinblick auf eine Ausstellung zur Umweltbildung (Stichwort: Energiesparen!) nicht angemessen (vergleiche Künzler (1997): Jahresbericht Naturmuseum Solothurn).

Wenn auf Ton- und Videopräsentationen nicht verzichtet werden kann und soll, ist auf eine maximale Länge von drei Minuten zu achten. Am Einschaltknopf sollte weiterhin das Thema und die Spielzeit angegeben werden, beispielsweise „Video über Schwirflugh der Kolibris, Dauer: 120 Sekunden“. Auch sollten solche Installationen nicht in separaten Vorführräumen aufgestellt werden, außer es soll bewusst Kino-Atmosphäre geschaffen werden, die zum Verweilen und Entspannen einladen möchte. Eine gewisse Separierung von der eigentlichen Ausstellung kann zwar erwünscht sein, um beispielsweise akustische Beeinträchtigungen der anderen Museumsbesucher zu vermeiden. Dennoch sollte eine zur jeweilig behandelten Thematik räumliche wie inhaltliche Nähe bewahrt bleiben, damit das Ansehen beispielsweise eines Filmes im Kontext der gerade besuchten Ausstellungseinheit begriffen und erlebt werden kann.

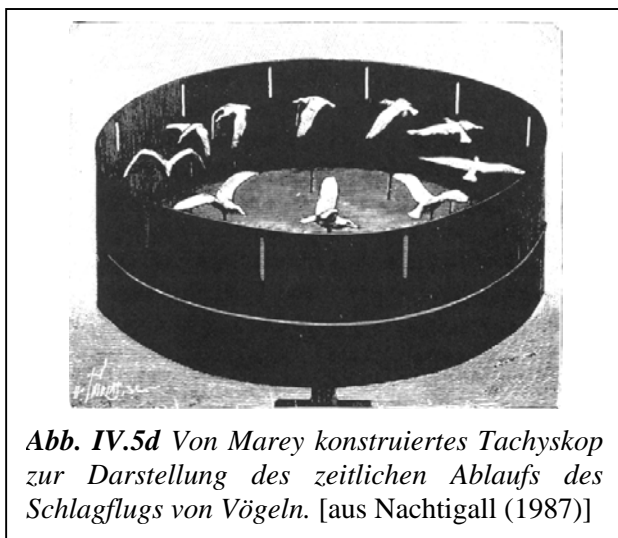


Abb. IV.5d Von Marey konstruiertes Tachyskop zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Schlagflugs von Vögeln. [aus Nachtigall (1987)]

Eine Evaluation des 1999 neu gegründeten Ausstellungszentrums „Multimar Wattforum Tönning“ konnte aufzeigen, dass etwa die Hälfte aller Besucher vom Angebot der an Monitoren dargebotenen Informationen Gebrauch machen. Kurze Videos werden gerne angesehen, umfangreichere Informationen jedoch nur sehr bruchstückhaft abgerufen, zumal sich die in der Regel stehende Bedienungsweise als sehr ungünstig erweist (Paatsch (2001)).

Trotz der angeführten Kritik stellen Computer und Videopräsentationen, wenn sie im geeigneten Rahmen eingesetzt werden, eine nicht zu unterschätzende Bereicherung einer musealen Ausstellung dar, vermögen sie doch durch ihre Möglichkeiten bestimmte Inhalte wesentlich anschaulicher zu vermitteln als andere Medien. Auch besteht bei vielen Museumsbesuchern der klar formulierte Wunsch, Computer sollten öfter in Museen eingesetzt werden, wie 77 Prozent einer Evaluation angaben (Schmitt-Scheersoi (2003)). Computer, so ein weiteres Ergebnis der Untersuchung, gehören für die meisten Besucher in Museumsausstellungen.

Eindruck und Erfahrung

Generell trägt in einer Ausstellung buchstäblich alles eine mediale Wirkung. Dies gilt also nicht nur für die gezielt aufgestellten Objekte, Dioramen, Modelle, Texttafeln usw., sondern auch für die zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten und das nähere und weitere Umfeld des Lern- und Erlebnisortes Museum.

Da Besucher vor allem Eindrücke und Erfahrungen, nicht nur erworbenes Wissen, „mit nach Hause nehmen“, spielt sogar die Deckenhöhe und Wandfarbe eine entscheidende Rolle. So kann eine schmutzig-dunkelgraue Wand und niedrige Deckenhöhe mühelos eine erdrückende und einengende Atmosphäre schaffen, selbst wenn die eigentliche Ausstellung noch so farbenfroh und erlebnisreich ist. Wohlbefinden, Entdeckungsfreude und Animierung zur Betrachtung lassen sich meist schon durch offen wirkende Räume und Gliederung der Ausstellung in verschiedene Ebenen und Teilbereiche bewirken, so Herger (1993) und Wersig, Schuck-Wersig (1995).

Besucher-Lenkung und Orientierung

Eine besondere Form der Medien stellen diejenigen dar, die das Zurechtfinden innerhalb des Museums erleichtern sollen. Sie zeigen an, wo der Besucher sich momentan befindet, welche Themenschwerpunkte ihn erwarten und wie er andere Ausstellungsteile finden und aufsuchen kann.

Dazu gehören Wegweiser zu Themenschwerpunkten, aber auch zu Toiletten, Bistro, Kasse und Museumsshop, Orientierungspläne sowie Einführungsmedien, die dem Besucher im Eingangsbereich jedes Themenschwerpunktes einen kurzen Überblick über das Behandelte geben.

Für die VogelWelten-Ausstellung sind ein eindeutiges und anschauliches, aber nicht zu abstraktes Logo, gepaart mit einem einheitlichen Layout und einer Ausstellungsfarblogik, die einzelne Ausstellungs- beziehungsweise Museumsteile farblich identifiziert, vorgesehen, die eine solche visuelle Orientierung auf „einen Blick“ ermöglichen.

Diese visuellen Marken sollten sich zum Beispiel auf Info-Texttafeln, Eingangsbereichen zu einzelnen Ausstellungsteilen, auf Wegweisern wie auch in den Informationsbroschüren und Kurz-Info-Besucherwegweisern finden.

Das Behalten des Überblicks über eine ansprechende geeignete Besucherführung und ein Leitsystem wird auch vom Museumsbesucher selbst als Wunsch formuliert, wie Schmitt-Scheersoi (2003) anmerkt.

Kinder werden in der geplanten VogelWelten-Ausstellung bei ihrem Besuch von einem Maskottchen begleitet, das sie auf den Stationen ihres Rundgangs durch die Ausstellung immer wieder empfängt und in die behandelte Thematik einführt.

Texte als Medium

Die Kenntnisvermittlung über Texte stellt ein besonderes Problem dar. Keiner besucht ein Museum seiner Texte wegen (Dawid, Schlesinger (2002)). Texte ermüden und langweilen den Besucher meist sehr schnell, werden überhaupt nur selten wirklich gelesen und wenn, dann eher „überflogen“.

Da die Verweildauer vor dem jeweiligen Objekt, hier die Texttafel, mit den bereits erwähnten acht Sekunden durchschnittlich eh schon sehr kurz ist, muss auch der Text diesen Voraussetzungen genügen.

Hier wurden gerade in den älteren Ausstellungen Fehler begangen. Ihre Texte sind zu kompliziert geschrieben, enthalten Fachbegriffe, sind zu lang und nicht in der Reihenfolge der sinkenden Wichtigkeit des Inhalts formuliert.

Manche Museumspädagogen fordern daher sogar, die Originale allein „für sich sprechen zu lassen“ – ein jedoch umstrittenes Konzept, da nicht jedes Original in der Lage sein dürfte, ohne weitere Erläuterungen alle wichtigen Informationen zu vermitteln und gerade Laien „Hintergrundinformationen und Erklärungen brauchen, um Objekte einordnen und verstehen sowie Zusammenhänge begreifen zu können“ (Dawid, Schlesinger (2002)).

Die Anforderungen an einen Ausstellungstext sind demnach insgesamt sehr hoch. Wenn die zu transportierenden Informationen nicht auf andere visuelle oder akustische Weise vermittelt werden können, dann muss der Ausstellungstext wenigstens kurz und präzise, aber nicht zu kompliziert erläutern, worum es geht. Hier liefern unter anderem die Grundregeln des journalistischen Textens wertvolle Hinweise. Für M. Schmuck, Geschäftsführer der Journalistenschule Klara in Berlin, sind professionelle oder journalistische Texte solche, die kurz, klar und leserfreundlich sind (Schmuck (2004)).

Grundlegender Bestandteil solcher (Ausstellungs-)Texte ist eine Gliederung eines Ausstellungstextes in einzelne Abschnitte, versehen mit Titel- und Zwischenüberschriften (Dawid, Schlesinger (2002)).

Mit den wichtigsten Inhalten beginnend, schließen sich die weniger wichtigen daran an, so dass der Text eine klare Gliederung vom Wichtigsten zum Unwichtigsten aufweist (Schmuck (2004), Dawid, Schlesinger (2002)). So kann gewährleistet werden, dass selbst der Besucher, der den Text nicht bis zu Ende liest, und das dürften in der Regel die meisten Besucher sein, das Wichtigste erfahren konnte.

Während sich der Text auf das Wichtige und Wesentliche konzentriert, wird Belangloses

weggelassen. Dabei soll dennoch möglichst konkret beschrieben werden, damit sich der Leser eine ebenso konkrete Vorstellung bilden kann (Schmuck (2004)). Rein abstrakte Darstellungen wird er nicht verstehen können. Gleichmaßen wichtig für ein Verständnis ist der möglichst weitgehende Verzicht auf Fremd- und Fachwörter (vergleiche Herger (1993), von Borzyskowski, in Klein (1991), Schmuck (2004)).

Um zu erreichen, dass den Ausstellungstexten etwas mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird, schlagen mehrere Museumspädagogen die Anbringung auf dreidimensionalen oder an ungewöhnlichen Orten vor. So schlägt Rohmeder (1977) vor, Texte auf Säulen, Würfeln, auf dem Boden oder an der Decke anzubringen.

Schautafel-Gestaltung

In diesem Abschnitt sollen die wichtigsten gestalterischen Charakteristika und Grundregeln für besuchergerechte und erfolgreiche Ausstellungstexte kurz und stichwortartig zusammengefasst werden (vergleiche Paatsch (2003b und 2003c), Schmuck (2004) und Dawid, Schlesinger (2002)). Sie stellen gleichzeitig die Voraussetzungen und den Rahmen für die im Band 3 vorgestellten Ausstellungstexte dar.

- **50/50:** Maximal die Hälfte von Ausstellungstafeln mit Text und Abbildungen füllen.
- **Nur ein Sachverhalt:** Jeder Text und jede Abbildung auf einer Info-Schautafel behandelt nur einen einzigen inhaltlichen Aspekt. Gleiches gilt für jeden einzelnen Satz. Er erläutert stets nur einen Sachverhalt.
- **Weniger ist mehr:** Inhalte auf das Wesentliche beschränken, maximal 100 bis 150 Wörter in höchstens 30 Zeilen, eher 20 Zeilen. Längere Texte und nicht essentielle Abbildungen und Fotos in Klapp-, Großbüchern oder Karteikarten im Schubert unterbringen.
- **Betonung:** Die Wichtigkeit durch gestalterische Hervorhebung betonen.

- **Klarer Aufbau:** Abbildungen und Texte auf einer Linie ordnen, Text- und Bildblöcke in immer einheitlichen Größen (z.B. in DIN-Formaten).
- **Textstruktur:** Nicht mehr als 60 oder 70 Anschläge pro Zeile, immer im Flattersatz, nicht Blocksatz. Ein Satz sollte drei Zeilen nicht überschreiten, sowie ein Absatz zwischen acht und zehn Zeilen umfassen sollte. Falls möglich, sollten die Absätze mit Zwischenüberschriften versehen werden. Der Schreibstil ist kurz und präzise, ohne komplizierten Satzbau mit zahlreichen Verschachtelungen und Nebensätzen. Auf Fachbegriffe und Fremdworte sollte möglichst verzichtet werden, oder sie müssen zumindest erklärt werden.
- **Einheitliche Schrift und Schriftgrößen:** Möglichst nur eine Schriftart und wenige verschiedene Schriftgrößen. Empfohlen: Drei Schriftgrößen: 144 Punkt für Überschriften, eine kleinere für Basis-Texte und eine noch kleinere für darüber hinausgehende Informationen. Schriftgröße stets über 20 Punkt. Hervorhebungen nur durch Fettschrift, nicht durch Unterstreichung.
- **Bilder größer als Textblöcke:** Abbildungen (Fotos) nach Möglichkeit größer als Textblöcke, die maximal DIN-A3 Größe haben sollten.
- **Variationen:** Anordnungen variieren, keine Symmetrien verwenden, da sie langweilig wirken können. Akzent möglichst auf einer Seite setzen.
- **Überschriften:** Überschriften auf einheitlicher Höhe von etwa 1,90 Bodenhöhe. Dies erlaubt auch ein Lesen aus der „zweiten Reihe“. Eine farblich einheitliche Unterlegung verbessert die Orientierung, außer Farbe wird als Gliederungsprinzip verwendet. Überschriften sollen neugierig machen, daher lieber mit Fragen oder Zitaten, wie zum Beispiel: „Ich kann ohne Auto nicht leben!“, beginnen als mit abstrakten Titeln, wie „Belastungen

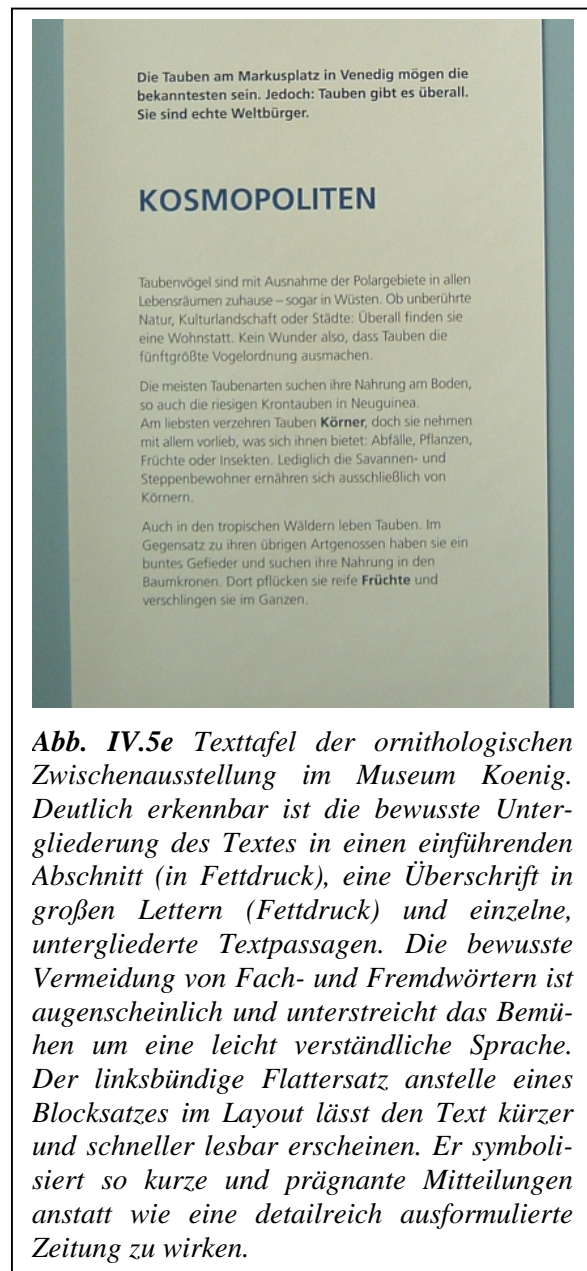


Abb. IV.5e Texttafel der ornithologischen Zwischenausstellung im Museum Koenig. Deutlich erkennbar ist die bewusste Untergliederung des Textes in einen einführenden Abschnitt (in Fettdruck), eine Überschrift in großen Lettern (Fettdruck) und einzelne, untergliederte Textpassagen. Die bewusste Vermeidung von Fach- und Fremdwörtern ist augenscheinlich und unterstreicht das Bemühen um eine leicht verständliche Sprache. Der linksbündige Flattersatz anstelle eines Blocksatzes im Layout lässt den Text kürzer und schneller lesbar erscheinen. Er symbolisiert so kurze und prägnante Mitteilungen anstatt wie eine detailreich ausformulierte Zeitung zu wirken.

durch Individualverkehr“. Gute Überschriften vermitteln direkt zentrale Aussagen des Textes.

- **Textinhaltliche Anordnung:** Wichtigste Aussage immer zuerst, danach Erläuterungen, später eventuell weitere Infos. Auf Gliederung der Texte achten. Textaufbau ist dann richtig, wenn er von hinten kürzbar ist.

- **Fotos:** Farb- und Schwarzweißfotos möglichst nicht mischen, da eine Kombination irritiert und möglicherweise falsche Bedeutungen vermitteln könnte. Nur mischen, wenn hierdurch etwas vermittelt werden soll, wie beispielsweise eine Trennung von Arbeitswelt (Schwarzweiß) und Freizeit (Farbe).

Neben den bisher beschriebenen Charaktermerkmalen „guter“ Texttafeln sollte nach Möglichkeit eine Einordnung der durch die Tafel vermittelten Information in den weiteren Kontext und die logische Reihung im Gesamtthemenkonzept erkennbar sein. Eine Möglichkeit ist die einfache Durchnummerierung der Schautafeln, Exponate oder Texttafeln, wie in der ornithologischen Zwischenausstellung im ZFMK realisiert. Darüber hinaus ist die auf der Texttafel behandelte Thematik durch optische Hervorhebung der Oberthematik in Klassen kategorisierbar (siehe Abbildung IV.5f).

Wie eine Schautafel aussehen kann, die in jeder Hinsicht als unübersichtlich und didaktisch ungeeignet angesehen werden darf, zeigt Abbildung IV.5g. Eine Ordnung und Gliederung ist ebenso wenig zu erkennen, wie eine Verwendung nach didaktischen Erwägungen heraus besonders ausgewählter Fotografien. Auch fehlt die so didaktisch wichtige Reduktion der Inhalte auf die wesentlichen Fakten und Inhalte. Gestalterische Prinzipien für „gute“ Schautafeln fanden daneben ebenfalls keine Berücksichtigung.

Text-Verknüpfungen mit anderen Medien

Oft werden Texte, die Elemente von Dioramen oder Modellen erläutern, auch deshalb nicht beachtet, weil ihnen der direkte optische Bezug und die unmittelbare Nähe zu den zu erklärenden Elementen fehlt. So ist es beispielsweise eine relativ häufig anzutreffende Methodik, in einem meist gut gestalteten Lebensraum-Diorama zahlreiche Vögel an unterschiedlichen Plätzen zu lokalisieren. Artname und ergänzende Erläuterungen zu jenen

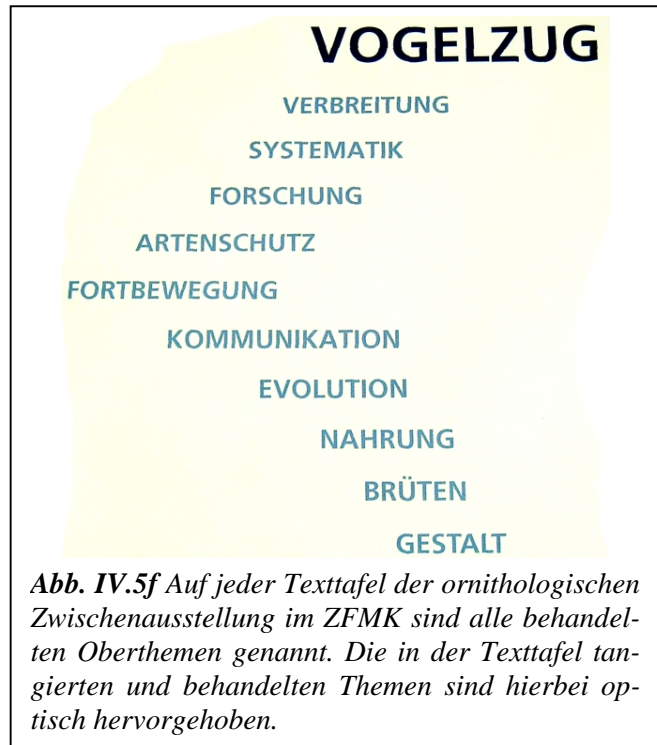


Abb. IV.5f Auf jeder Texttafel der ornithologischen Zwischenausstellung im ZFMK sind alle behandelten Oberthemen genannt. Die in der Texttafel tangierten und behandelten Themen sind hierbei optisch hervorgehoben.

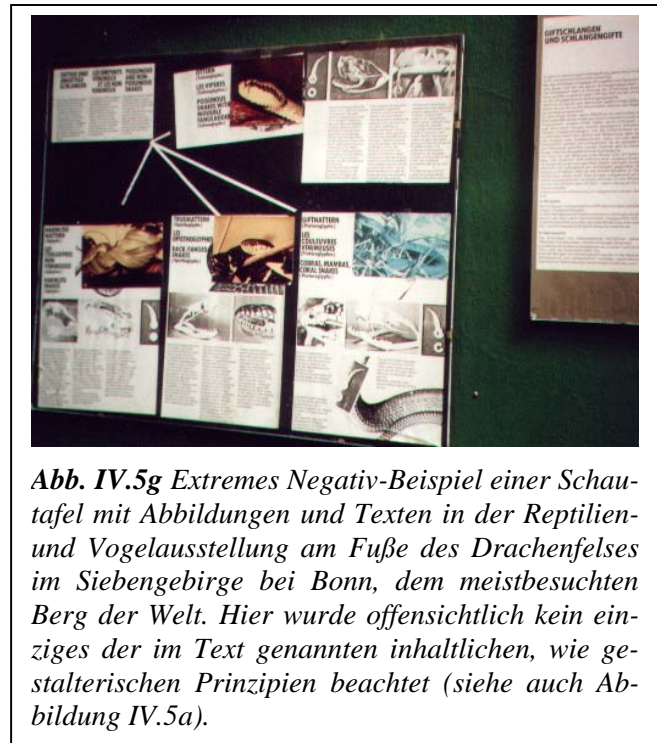


Abb. IV.5g Extremes Negativ-Beispiel einer Schautafel mit Abbildungen und Texten in der Reptilien- und Vogelausstellung am Fuße des Drachenfels im Siebengebirge bei Bonn, dem meistbesuchten Berg der Welt. Hier wurde offensichtlich kein einziges der im Text genannten inhaltlichen, wie gestalterischen Prinzipien beachtet (siehe auch Abbildung IV.5a).

Vögeln sind über eine Texttafel zu erfahren, die neben oder vor dem Diorama angebracht ist. Einziger Anhaltspunkt, welches Vogel-Exponat des Dioramas zu welchem Artnamen und Artbeschreibung auf der Texttafel gehört, liefert in manchen Fällen eine einfache Umrisszeichnung des Vogels. Die richtigen Zuordnungen sind nur sehr mühsam und zeitaufwändig zu ermitteln, was sich die meisten Besucher „ersparen“ und den Texten daher keine weitere Beachtung schenken. Einfacher ist es, wenn im eigentlichen Diorama Artnamen-Schildchen in direkter Nähe zum Exponat aufgestellt sind und somit eine Zuordnung zur Erläuterungstexten erleichtert ist. In natürlich gestalteten Dioramen können solche Schildchen jedoch auch störend und desillusionierend empfunden werden.

Eine beispielhafte Lösung dieses Problems zeigt die Diorama-Multimedia-Installation im Schloss Homburg in Nümbrecht, Bergisches Land (Adresse siehe im Anhang), einem kleinen regionalen Museum. Hier ist auf eine didaktisch sehr durchdachte Methodik in einem Spiel eine gleichzeitige Verknüpfung von Artnamen mit näheren Erläuterungen und zugehörigem Exponat realisiert worden.

Die Installation zeigt Vogelpräparate in natürlich gestalteter Umgebung. Der typische Aufenthaltsort zahlreicher Vogelarten wird über das Diorama dargestellt, während akustische Laute (Vogelrufe) und deren Zuordnung zu den Vogelarten über ein Quiz kennen gelernt werden können.

Mit einer Taste kann ein Spieldurchgang gestartet werden. Es ertönt ein Vogellaut, der über Tastendruck einer der Artnamen-Tasten zugeordnet werden muss. Bei Drücken einer der Tasten wird das ausgewählte und zum Artnamen zugehörige Exponat mit einem Spotlight angeleuchtet.

Wurde die richtige Vogelart ausgewählt, ertönt der nächste Vogellaut und das Spiel wird fortgesetzt. Bei einer falschen Entscheidung reagiert das System entsprechend und es muss

ein weiteres Mal ein Tipp abgegeben werden, ehe das Spiel mit einer anderen Art fortsetzt.

So gelingt nicht nur die Verknüpfung der zu erklärenden und demonstrierenden Inhalte, sondern in besonderem Maße die erlebnis- und entdeckungsreiche Realisierung.

Die nach Tastendruck auf einen Artnamen aufleuchtenden Spotlights müssen im Diorama zunächst gesucht und gefunden werden. So wird die Verknüpfung von Artnamen und Aussehen des Vogels geübt. Gleichzeitig müssen diese beiden Inhalte jedoch aktiv mit dem passenden Vogellaut verbunden werden.

Gerade, wer wegen Unsicherheiten falsch tippt, wird einige Vogelarten öfter auswählen müssen und so in einigen Wiederholungsdurchgängen Artnamen und Aussehen präsentiert bekommen und sich damit zunehmend besser einprägen.

Weitere Medien, Methoden und Sinne

Dass Fotos, Grafiken und Diagramme oft auf einen Blick schon mehr sagen können als manchmal lange Texte, wurde schon angesprochen. Aber auch besser als das originale Objekt können sie oft mehr über das eigentliche Objekt „erzählen“ als es das selbst jemals könnte, und wenn der Grund dafür auch noch so banal scheint und es beispielsweise nur daran liegt, dass das Original so klein ist, dass es ohne Vergrößerung nicht oder nur unzureichend erkennbar ist. In einigen Fällen ist es dann zwar ratsamer, eine Vergrößerungslupe fest in der Ausstellung zu installieren und dem Besucher so durch den Blick durch die Lupe Authentizität zu vermitteln, doch (auch aus Kostengründen) wird dies nicht immer möglich sein. Vorrang vor Fotografien sollten aber plastische, dreidimensionale Originale oder Modelle haben. Der Anblick dieser prägt sich fast immer besser ein, als eine Abbildung oder gar ein Ausstellungstext. Noch besser wird die Behaltensrate, wenn mehrere Sinne (gleichzeitig) angesprochen werden, wie schon im Kapitel IV.3 kurz angesprochen wurde.

So kann zum Beispiel der Hörsinn über (von Lautsprechern übertragenen) Geräuschen angesprochen werden, seien es nun gesprochene Texte oder Vogelstimmengewitzler. Nicht immer müssen dies also Wissensinhalte sein, die vermittelt werden. Oft wird gerade im Schaffen einer bestimmten Atmosphäre die Intention liegen. Noch subtiler wirken in die Ausstellung integrierte olfaktorische Sinneseindrücke, die gewollte Stimmungen erzeugen und manchmal auch unbewusst Wahrnehmung und Empfinden steuern.

Daneben bleibt, obwohl oft einfach zu realisieren, der Tastsinn in vielen Ausstellungen völlig unberücksichtigt. Doch gerade im wortwörtlichen Begreifen, Betasten und Berühren liegt einer ursprünglichsten Möglichkeiten des Lernens und Verstehens. Solche „begriffenen“ Erinnerungen sind in der Regel lösungsresistenter im Gehirn verankert als allein über das Auge wahrgenommene. In einigen Ausstellungen sind daher spezielle Sinnesparcours oder Ausstellungselemente dem Fühlen und Tasten gewidmet (siehe Abbildung IV.5h).

Klappen, Deckel & Co

Der Anspruch, den die moderne Erlebnis- und Museumspädagogik mit der geforderten Besucherorientierung an Lern- und Erlebnisorte der unterschiedlichsten Couleur richtet, hat diese seit einigen Jahren erreicht und zu einigen einschneidenden Veränderungen in der Museumslandschaft und ihren Ausstellungen geführt. In zahlreichen dieser Orte sind an vielen Stellen Klappen, Decken und Schubladen installiert worden, die mit einer Frage oder kurzen Aussage auf der Front versehen die Antwort oder weitere Erläuterungen erst nach Öffnen der beweglichen Abdeckung oder Herausziehen der Schublade offenbaren (siehe auf der folgenden Seite Abbildungen IV.5i bis IV.5l). Mit solchen Verdeckungsmethoden lässt sich einerseits Neugier auf die verborgene Information wecken, andererseits wird die Ausstellung optisch von allzu viel Text freigehalten.



Abb. IV.5h Im Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer in Norddeich können Objekte in erfühlt werden. Eine Folie verhindert, dass sie gesehen werden können.

Nur, wer sich wirklich für das beispielsweise hinter dem Deckel befindliche interessiert, wird dies sehen. Der Eindruck einer „textlastigen“ und somit ermüdenden und überfordernden Ausstellung kann vermieden werden. Zudem regt eine Bewegungsinstallation die eigene Aktivität an und erhöht so die Aufmerksamkeit auf bestimmte Objekte wie mit einem Spotlight. So kann sie als technisch sehr einfache Möglichkeit, die selektive Wahrnehmung beeinflussen und gezielt lenken.

In einigen Ausstellungen scheint der klappbare Deckel jedoch als einzig umgesetzte Methodik der Erlebnispädagogik zu einem „Allerheilmittel für besucherorientierte Museen der Freizeitgestaltung“ geworden zu sein. Nahezu alle Texte verschwinden besonders bei „kindgerechten“ Ausstellungen hinter solchen Deckeln, so dass der Besucher ständig gezwungen ist, sich mehr mit dem Aufklappen von Deckeln zu beschäftigen als mit den eigentlich zu vermittelnden Inhalten, was ebenfalls langweilen und ermüden kann. Es gilt also, diese Methodik in Kombination mit anderen nur auf angemessene Weise anzuwenden (siehe Abbildung IV.5n).



Abb. IV.5i Klappen im Streichelzoo des Zoo Neuwied. Die Fragen stehen links neben den Klappen. Diese sind nach rechts zu öffnen, mit dem Nachteil, dass diese nicht wieder von alleine zufallen, falls, wie hier, ein Federmechanismus fehlt. Die Antwort oder das richtige Verhalten stehen auf der Rückseite der Klappe.



Abb. IV.5k Im Naturschutzgebiet Ewiges Meer in Ostfriesland aufgestellte Klapptafeln, die über die dort heimischen Tierarten informieren.



Abb. IV.5j Ebenfalls im Zoo Neuwied ist diese Klapptafel angebracht, die in Form eines großen Bildes auf Textdarstellungen verzichten kann und stattdessen die betreffende Tierart auf dem Klappdeckel zeigt. Der Deckel ist hier so zu öffnen, dass er beim Loslassen auch ohne Feder stets wieder zufällt.



Abb. IV.5l Klapptafel, die die Frage nach der Verantwortung für den Artenschutz und die bisherigen Zerstörungen von Naturräumen stellt, gesehen im Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer, Norddeich.



Abb. IV.5m Der besondere Clou der Klapptafel-Frage von Abbildung IV.5l ist die Form der Beantwortung. Nicht ein Text informiert über die Verantwortung des Menschen, sondern der Besucher sieht sich selbst in einem hinter der Klappe angebrachten Spiegel.

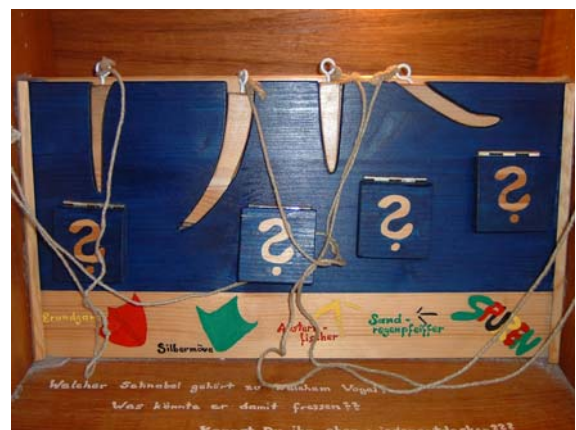


Abb. IV.5n Kombination von Klapptafeln mit puzzleartigen Elementen. Die Holz-Schnabel-Formteile passen nur in die jeweils dafür vorgesehene Form. Gesehen im Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer, Norddeich.

Klappbücher

Eine beliebte Methode, um weiterführende Informationen in eine Ausstellung zu integrieren, ohne die „normal interessierten“ Besucher damit konfrontieren zu müssen, ist die Unterbringung von Texten und Fotografien in sogenannten Klappbüchern (siehe Abbildun-

gen IV.5o und IV.5p). Dies entlastet eine Ausstellung wesentlich von unmittelbar sichtbaren Texten, die nur durchschnittlich interessierte Besucher abschrecken können. Andererseits stellen sie aber den stärker Interessierten Gelegenheiten zur vertieften Kenntniserweiterung zur Verfügung.



Abb. IV.5o Klappbuch in der Greenpeace-Ausstellung im Sealife Timmendorfer Strand.



Abb. IV.5p Klappbuch mit Texten und Farbfotos im Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer, Norddeich. Wie in der Abbildung ersichtlich, ist hier eine Klappe neben der anderen angeordnet. Da auch ansonsten die farbliche und objektbezogene Gestaltung in diesem Ausstellungsraum recht nüchtern ist und sich in weiten auf Stellwände und Wandplakate beschränkt, wirkt sie etwas ermüdend.

IV.6 NATURKUNDLICHE AUSSTELLUNGEN IM DEUTSCHSPRACHIGEN RAUM

Liste

An dieser Stelle werden diverse naturkundliche Ausstellungen und Museen (Lern- und Erlebnisorte) im deutschsprachigen Raum genannt, die im Rahmen dieser Dissertation entweder besucht wurden oder anderweitig Informationen lieferten. Lehrpfade und Zoologische Gärten präsentieren teilweise ähnliche Inhalte und nutzen heute sogar teilweise vergleichbare Medienformen (siehe Abbildungen IV.5k bis m) wie Museen. Sie sind in dieser Liste jedoch nicht erfasst, da sie nicht als Museen im üblichen Sinne gewertet werden können. Moderne Lern- und Erlebnisorte wie das SeaLife Timmendorfer Strand stellen Mischformen zwischen Zoo und Museum dar und sind daher in die Liste aufgenommen worden. Die Reihenfolge dieser Auflistung ist rein alphabetisch und umfasst Lern- und Erlebnisorte in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Aarau

- Naturama Aargau
<http://www.naturama.ch>

Aschaffenburg

- Naturwissenschaftliches Museum Schönborner Hof
http://www.aschaffenburg.de/wDeutsch/tourismus/museum/museum_03.php

Bad Dürkheim

- Pfalzmuseum f. Naturkunde, Grethen
Themen u.a.: Heimische Geologie, Tierwelt, Bergbau und Keltischer Ringwall
<http://www.pfalzmuseum.de/>

Bamberg

- Naturkundemuseum Bamberg
Themen u. a.: Naturalienkabinett.
<http://www.uni-bamberg.de/NatMus>

Basel

- Naturhistorisches Museum Basel
<http://www.nmb.bs.ch>

Bayreuth

- Urwelt-Museum Oberfranken
Themen u. a.: Abschnitte aus der Erdgeschichte Oberfrankens, Geschichte des Lebens (Paläontologie), Geologie, Mineralogie.
<http://www.urwelt-museum.de>

Berlin

- Naturhistorisches Forschungsinstitut, Museum für Naturkunde
Themen u. a.: ökologische Zusammenhänge, Lebensräume einheimischer Vögel.
<http://www.museum.hu-berlin.de>

Bern

- Naturhistorisches Museum der Burggemeinde Bern
<http://www.nmbe.unibe.ch>

Bonn

- Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig
<http://www.museumkoenig.uni-bonn.de/>

Braunschweig

- Staatliches Naturhistorisches Museum
Inhalte u. a.: Bienentanzuhr, Riesenseekuh-Skelett
<http://www.naturhistorisches-museum.de/>

Chemnitz

- Museum für Naturkunde
Themen u. a.: Insektarium (mit lebensnah gestalteten Terrarien), landschaftsökologische Ausstellung „Natur und Landschaft der Region Chemnitz“, Wanderausstellung „Der versteinerte Wald von Chemnitz“.
http://www.chemnitz.de/de/tourismus/tourismus_kultur_24.htm

Darmstadt

- Hessisches Landesmuseum
Themen u. a.: Geologisch-paläontologische und mineralogische Sammlung, Fossilien aus der Grube Messel (Urpferdchen, siehe auch Senckenberg, Frankfurt), archäologische und zoologische Sammlung
<http://www.hlmd.de/>

Düsseldorf

- Naturkundliches Heimatmuseum Benrath, Schloss Benrath
Themen u. a.: Raum vom Rhein bis zum Bergischen Land, von der Wupper bis zur Ruhr, Besucher wandert vom Rheinstrom bergauf durch die vom Fluss geformte Terrassenlandschaft, Lerninhalte sind Fluss, Fluss-aue, Niederterrasse, Mittelterrasse, Hauptterrasse und Bergisches Land.
http://www.duesseldorf.de/kultur/aquazoo/naturmuseum_benrath/

Eichstätt

- Jura Museum Eichstätt, Willibaldsburg
Themen u. a.: Erdgeschichtliche Entwicklung und Besonderheiten der südlichen Frankenalb, Fossilien der Solnhofener Plattenkalke, Aquarien.
<http://www.jura-museum.de>

Frankfurt

- Forschungsinstitut Senckenberg
Eines der größten Naturkundemuseen Deutschlands. Themen: Vielfalt des Lebens, Entwicklung der Lebewesen (Dinosaurier, Pflanzenwelt, Evolution des Menschen), Verwandlung unserer Erde über Jahrmillionen, Riesen und Zwerge im Tier- und Pflanzenreich, Wale, Embryologie des Menschen, Planetensystem und Tropenwald in Hessen vor 50 Millionen Jahren (Grube Messel).
<http://www.senckenberg.uni-frankfurt.de/sm.htm>
- Explora Museum +Wissenschaft+Technik
Themen u. a.: Optische und visuelle Phänomene der eigenen Wahrneh-

mung.

<http://www.exploramuseum.de>

Fribourg

- Naturhistorisches Museum
<http://www.fr.ch/mhn/de>

Gerolstein

- Naturkunde Museum
<http://www.eifeltour.de>
http://www.gerolsteinerland.de/index_1024.html

Göttingen

- Zoologisches Museum der Universität Göttingen
<http://wwwuser.gwdg.de/~gtroest/Museum/zoologis.htm>

Halle

- Geiseltalmuseum des Instituts für Geologische Wissenschaften
Themen u. a.: Fossilreste des Umlands aus dem Tertiär.
<http://www.geologie.uni-halle.de/gm/geisl.html>

Heidelberg

- Zoologisches Museum der Universität
<http://web.zoo.uni-heidelberg.de>

Karlsruhe

- Staatliches Museum für Naturkunde
<http://www.smnk.de>

Königswinter

- Siebengebirgsmuseum
Themen u. a.: Geologie und Landschaftsgeschichte des Gebirges, Weinbau, Drachenfels, Geologie, Landschaftsgeschichte des Gebirges
<http://www.siebengebirgsmuseum.de/>
- Vogel- und Reptilienausstellung am Drachenfels
Persönl. Einschätzung: Besuch nicht empfehlenswert. Sehr ungepflegt und didaktisch nicht durchdachte Präsentation
<http://www.reptilien-zoo-koenigswinter.de/>
- Museum zur Geschichte des Naturschutzes
<http://www.naturschutzgeschichte.de/>

Linum

- Storchenschmiede Linum
Fernglas zur Vogelbeobachtung nicht vergessen!
<http://nabubrandenburg.de>

Luzern

- Natur-Museum Luzern
<http://www.naturmuseum.ch>

Magdeburg

- Das Museum für Naturkunde
Themengebiete sind Biologie, Geologie, Paläontologie und Mineralogie, weit über 250.000 Objekte.
<http://www.magdeburg.de>

München

- Museum Mensch und Natur, Schloss Nymphenburg
Themen u. a.: Spielerische Naturkunde (didaktisch bes. für Kinder geeignet!), Unruhiger Planet Erde, Geschichte des Lebens, Vielfalt der Arten, Nahrung für die Menschheit
<http://www.musmn.de/>

Nettersheim

- Naturschutzzentrum Eifel, Naturerlebnisdorf Nettersheim
Zentrum ist eingebettet in Naturerlebnis-Konzept mit Wanderwegenetz und weiteren Outdoor-Aktivitäten.
<http://www.nettersheim.de>
<http://hohesvenneifel.naturpark.de>

Norddeich

- Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer
Unter einem Dach mit Seehundstation Norddeich, Ansätze moderner Didaktik vorhanden, entweder aber sehr textlastige oder „gebastelt“ wirkende Präsentation.
<http://www.nationalparkzentrum-norddeich.de>

Nümbrecht

- Museum des Oberbergischen Kreises, Schloss Homburg
u. a.: Lebensraum-Diorama mit Vogelstimmen-Quiz
<http://www.schloss-homburg.de>

Oldenburg

- Staatliches Museum für Naturkunde und Vorgeschichte
<http://www.logiplan.de/museum/>

Olten

- Naturmuseum Olten
<http://www.naturmuseum-olten.ch>

Rehburg-Loccum

- Dinosaurier-Freilichtmuseum Münchehagen
Themen u. a.: Echte Spuren vorzeitlicher Dinosaurier, 120 lebensgroße Dinomodelle, Dinoembryo im Ei, Dino-Rekonstruktionen Lehrpfad.
<http://www.dino-park.de>

Salzburg

- Haus der Natur
Fällt durch moderne Museumsdidaktik auf.
<http://www.hausdernatur.at>

Sankt Gallen

- Naturmuseum Sankt Gallen
<http://www.naturmuseumsg.ch>

Solothurn

- Naturmuseum Solothurn
<http://www.naturmuseum-so.ch>

Stuttgart

- Staatliches Museum für Naturkunde, Schloss Rosenstein
<http://www.naturkundemuseum-bw.de>

Tann (Rhön)

- Freilichtmuseumsdorf „Rhöner Museumsdorf“ und Rhöner Naturmuseum
<http://www.tanner-museen.de>

Timmendorf

- Sealife Timmendorfer Strand
<http://www.sealife-timmendorf.de>

Wiesbaden

- Museum Wiesbaden
Themen u. a.: Naturwissenschaftliche Sammlung
<http://www.museum-wiesbaden.de>

Zürich

- Zoologisches Museum der Universität Zürich
<http://www.unizh.ch/zoomus/> oder
<http://www.unizh.ch/zoolmus/>

V BESUCHERSTRUKTUREN

V.1 ALLGEMEINE MERKMALE

Einführung

Eine Ausstellung kann nur dann besuchergerecht und somit erfolgreich sein, wenn sie sich an den Erwartungen, Kenntnissen und Merkmalen der Besucher beziehungsweise der Zielgruppe einer Ausstellung orientiert. Die Erhebung grundlegender Daten der Besucherstruktur und der Zielgruppe sind daher entscheidend und gewissermaßen die Basis für den Entwurf des beschriebenen Ausstellungskonzeptes.

Bevor die beabsichtigte und anzusprechende Zielgruppe der geplanten VogelWelten-Ausstellung festgelegt werden kann, muss auf die Besucherstruktur typischer Naturkunde-Museen, speziell die des Museum Koenig, eingegangen werden. Auch wenn die Konzeption eine integrale und eigenständige Ausstellung vorsieht, die unabhängig von anderen Ausstellungen und thematischen Schwerpunkten auch in anderen Naturkundemuseen realisiert werden könnte, begreift sie sich doch als integrierter Bestandteil in die Gesamtausstellung „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“ im Museum Koenig.

Allgemeine Besucherstruktur

Eine Feststellung von McLean spiegelt wie kaum eine andere die von zahlreichen Museumspädagogen vertretene Ansicht wider: „Den typischen Museumsbesucher gibt es nicht“ (McLean (1993), zitiert in Weyer, Naumann (1994)). Dennoch lassen sich in den einzelnen Studien einige scheinbar allgemeingültige Aussagen ableiten: Der prozentuale Anteil der Besucher höheren Alters (ab 50 Jahre) liegt weit unter dem in der Bevölkerung. Gleiches konnte auch Kirchberg (1998) feststellen. Eben solches gilt auch für Menschen mit niedrigem Bildungsniveau und einfachen Berufen (Arbeiter). Hingegen liegt der Anteil der Studenten oder Hochschulabsolventen mit 26 Prozent der Besucher weit über

dem mit 5 Prozent vergleichsweise geringen Anteil dieser Gruppe in der Gesamtbevölkerung (Treinen (1975) und Klein (1990)). Eine Untersuchung von Kirchberg im Jahr 1996 konnte die von Treinen ermittelten Werte im Wesentlichen bestätigen und die Konsistenz der Besucherstruktur in Museen selbst nach 21 Jahren eindrucksvoll untermauern (vergleiche Kirchberg (1996)).

Für das Museum Koenig konkret ergibt sich ein adäquates Bild: Nach der Untersuchung von Gesch (1994) haben 20 % der befragten Besucher Fach- oder Hochschulabschluss, 37 % Abitur, 15 % Mittlere Reife, 14 % Haupt- beziehungsweise Volksschulabschluss und 14 % sind noch Schüler (ohne Abschluss).

Reuther und Janßen wie auch Leis konnten darüber hinaus einen großen Anteil an Familien mit Kindern unter den Besuchern ausmachen, wie schon in Kapitel IV.2 im Abschnitt „Soziale Gemeinschaft“ kurz erwähnt wurde. Nach den Untersuchungen von Leis sind 50 Prozent der Einzelbesucher (Besucher, die das Museum nicht in einer Gruppe aufsuchen) der zweiten Befragung und etwa 64% der Einzelbesucher der ersten Befragung im ZFMK (Berechnung nach Daten in Leis (1993)) mit ihrer Familie zu einem Museumsbesuch gekommen. Kinder sind als Einzelbesucher so eher mit ihren Eltern anzutreffen und nur selten mit Gleichaltrigen.

Unter den Gruppenbesuchern jedoch stellen Kinder und Jugendliche den weitaus größten Teil dar.

Neben den sozio-ökonomischen und altersbedingten Differenzierungsmerkmalen der Besucher sind geschlechtsspezifische Ungleichheiten festzustellen. So sind in etwa 80 Prozent der einer Untersuchung unterzogenen Museen überwiegend männliche Besucher registriert worden (vergleiche Muschenich, Schlager, Koch, Jones (1993)).

Besucher-Nutzungsstypen

Im Wattforum Tönning, einem erst vor relativ kurzer Zeit errichteten Lern- und Erlebnisort mit einer Ausstellung zum Thema Wattenmeer, kann, so ein Ergebnis einer Evaluation von Paatsch (2001), unabhängig von den bisher beschriebenen Differenzierungsmöglichkeiten die Besuchergruppe generalisierend in zwei Kategorien geteilt werden. Diese Einteilung lässt sich, auch wenn sie auf diese spezielle Ausstellung bezogen ist, problemlos auch auf andere naturkundliche Ausstellungen und Museen übertragen.

Eine Gruppe von Besuchern, die Paatsch als „Schlenderer“ bezeichnet, investiert nur für die Hauptattraktionen mehr Zeit, probiert viele Experimente aus, nimmt sich jedoch für eine Vertiefung der Thematik nur wenig Zeit. Bei einer Befragung äußerten diese Besucher typischerweise, „man hätte sich die Ausstel-

lung größer vorgestellt und hätte gern noch mehr angeschaut“ (Paatsch (2001)).

Zahlenmäßig ist dieser Schlenderer-Typ etwa doppelt so häufig anzutreffen wie der nachfolgend beschriebene zweite Besucher-Typus, der Forscher-Typ.

Die zweite Gruppe schaut sich einzelne Objekte (Medien) länger an, liest die Ausstellungstexte und nutzt die interaktiven Angebote. Paatsch nennt sie den Forscher-Typ. Der „Forscher“ gibt in Befragungen oft an, nicht einmal „ansatzweise alles gelesen und gesehen zu haben, was ihn / sie interessiert“ (Paatsch (2001)), gelegentlich sogar, dass mehr an Informationen geboten werde, als bei einem Besuch aufgenommen werden könne, verbunden mit der Absichtserklärung, zur weiteren Vertiefung die Ausstellung ein weiteres Mal besuchen zu wollen.

V.2 DIE BESUCHER DES MUSEUM KOENIG

Einführung

In bisher drei Befragungen wurden die Strukturdaten der Besuchergruppen des Museum Koenig ermittelt (siehe Leis (1993) und Gesch (1994)). Zwei der Untersuchungen – die von Leis – wurden jeweils mit vergleichbaren, standardisierten Fragebögen durchgeführt, die so ein Maximalmaß an Repräsentativität der Ergebnisse sichern und somit eine geeignete Grundlage der hier vorgestellten Besucher-Merkmale darstellen.

Fand die erste Befragung von Leis innerhalb einer Woche vom 19. bis 25.02.1992 zur Zeit einer überaus erfolgreichen Sonderausstellung des Museum Koenig mit dem Titel „Dinos in Bonn“ statt, wurde die zweite Befragung, zu Zeiten nur mit Dauerausstellung ohne Sonderausstellung durchgeführt, auf einen Zeitraum von zwei Wochen gestreckt, um eine vergleichbar große Anzahl befragter Besucher zu erlangen.

Spezielle Besucherstruktur

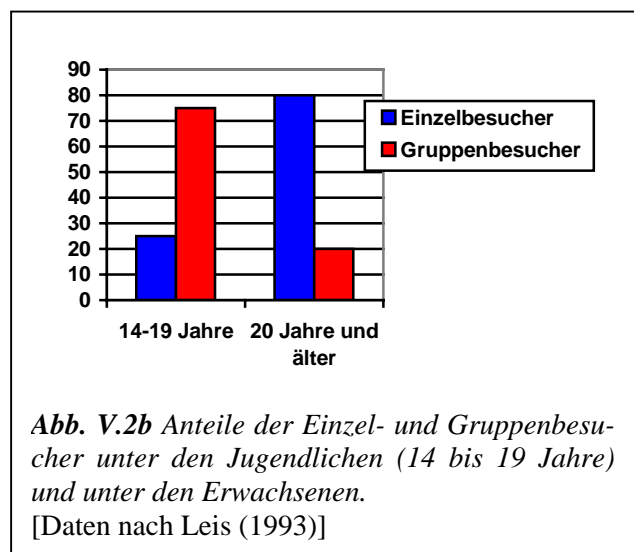
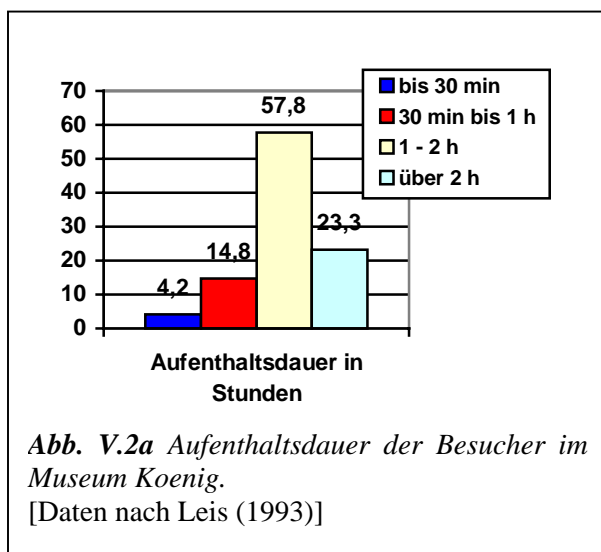
Im Folgenden sind die für das VogelWelten-Konzept relevanten Ergebnisse der Evaluationen von Leis (1993) und Gesch (1994) kurz genannt:

- Es besteht kein Zusammenhang zwischen erreichtem Schulabschluss und Aufenthaltsdauer oder Besuchshäufigkeit. Die Aufenthaltsdauer beträgt bei vielen Museumsbesuchern zwischen einer und zwei Stunden (Leis, 1993), siehe Abbildung V.2a). Gesch (1994) ermittelte eine durchschnittliche Besuchsdauer von 106 Minuten.
- Ebenfalls lässt sich kein Zusammenhang zwischen Aufenthaltsdauer und besonderem Interesse für naturkundliche Museen ausmachen (Leis (1993)).

- Interesse an Tieren gibt nahezu die Hälfte aller Befragten als einer der Gründe für den Museumsbesuch an (nach Leis (1993)). Bei Jugendlichen ist dieser Wert jedoch deutlich geringer, da besonders viele von ihnen das Museum in Form eines „unfreiwilligen“ Klassenausflugs besuchen. Bei der Untersuchung von Gesch (1994) äußerten sogar 60 Prozent ein besonderes Interesse am Programm.
- Viele Besucher kommen in einer Gemeinschaft entweder als Gruppe oder Familie mit Kindern in das Museum. Jugendliche kommen zu einem Großteil als organisierte Gruppe, Erwachsene hingegen meist in privat organisierten Ausflügen (Leis (1993), siehe Abbildung V.2b).
- Von zahlreichen Besuchern, Gruppen wie Einzelbesuchern, Jugendlichen wie Erwachsenen, werden neben einer Cafeteria beziehungsweise einem Restaurant besonders Sitze, Ruheplätze (bestätigt auch durch Schmitt-Scheerso (2003) und Lesecken in der Ausstellung, aber auch Kataloge, Filmvorführungen, Experimentiermöglichkeiten und eine Führung durch Fachpersonal gewünscht. Inter-

aktive Medien wünschen sich hingegen mit etwa einem Fünftel aller Besucher beziehungsweise einem Drittel der Jugendlichen nur ein relativ geringer Teil der Museumsbesucher (Leis (1993)).

Weitere Ergebnisse sollen hier nicht vorgestellt werden, da sie für das zu erstellende Konzept einer VogelWelten-Ausstellung unerheblich sind. So spielt es keine tragende Rolle, ob beispielsweise Schüler-Gruppen aus dem unmittelbaren Umfeld (Region bis 50 km) oder aus entfernteren Regionen kommen. Auch ist es in diesem Zusammenhang unwichtig, ob solche Gruppen eher werktags an Vormittagen oder Sonntag Nachmittag das Museum besuchen. Die Ergebnisse auf solche Fragestellungen können die auf die eigentliche Ausstellung bezogene Planung nicht beeinflussen, wohl aber natürlich zum Beispiel die Personalplanung und das zeitliche Angebot von Führungen. Hier sind solche Kenntnisse von großer Wichtigkeit. Für das vertiefte Studium der Besucherstrukturen des Museum Koenig sei auf den Ergebnisbericht zu beiden Besucherbefragungen von Eva Leis (1993) verwiesen.



VI ZIELGRUPPE

VI.1 ZIELGRUPPEN-FIXIERUNG

Soll- und Ist-Gruppen

Oftmals werden die Begriffe Besuchergruppe und Zielgruppe synonym verwendet. Dennoch besteht zwischen beiden ein zwar feiner, aber umso entscheidenderer Unterschied. Unter Zielgruppe wird die durch eine Ausstellung anzusprechende Gruppe der Bevölkerung verstanden, jene Gruppe, für die die Ausstellung installiert wird. Nicht immer jedoch fühlt sich eben diese Gruppe auch tatsächlich durch das Angebot der Ausstellung zu einem Besuch veranlasst. Stattdessen besuchen eventuell (auch) Menschen die spezielle Ausstellung, für die sie originär nicht geplant war. So könnte die Zielgruppe als Soll-Gruppe und die Besuchergruppe als Ist-Gruppe bezeichnet werden. Bemerkte sei hierbei jedoch, dass die Ist-Besucher nicht „vergrault“ werden sollen, um zur eigentlich beabsichtigten Soll-Besuchergruppe (Zielgruppe) zu gelangen. Vielmehr muss es darum gehen, die Zielgruppe durch geeignete Maßnahmen besonders anzusprechen, um sie zusätzlich und speziell für die Ausstellung zu begeistern und die in der didaktischen Konzeption bei dieser Personengruppe gewollte Erfahrungs-, Erlebnis-, Lernwirkung und Verhaltensänderung zu induzieren beziehungsweise zu ermöglichen.

Einfluss der Ausstellungsintention auf die Zielgruppen-Fixierung

Die in Kapitel IV.1 und IV.2 formulierten Ziele der geplanten VogelWelten-Ausstellung scheinen zunächst geeignet, um sie allen Bevölkerungsschichten und -gruppen näher zu bringen. Umweltbildung ist sogar nicht nur ein nationales, sondern vielmehr ein internationales Anliegen.

Doch selbst der Versuch, nur allen Bevölkerungsschichten einer einzigen Nation über eine einzige Ausstellung Umweltbildung zu vermitteln, muss scheitern. Zu verschiedenen sind die kognitiven wie emotionalen Vorkenntnisse, Erwartungen und geistigen Fähigkeiten der einzelnen Menschen unterschiedlicher sozialer, beruflicher, bildungsbezogener und altersbedingter Schichten.

Eine Ausstellung kann daher niemals gleichzeitig alle jene Menschen einer Bevölkerung ansprechen und für sie geeignete didaktische Methoden zur Verfügung stellen. Es muss daher (bedauerlicher-, aber notwendigerweise) eine sinnvolle Auswahl getroffen werden.

Dabei sollte sich die Planung an den real existierenden Besucherstrukturen, also den Besuchern des Lehr- und Erlebnisortes orientieren, da sie diejenigen sind, die am ehesten in der geplanten VogelWelten-Ausstellung (als Teil einer Gesamt-Dauerausstellung) anzutreffen sein werden.

Möglicherweise können durch gezielte Ansprache auch neue Zielgruppen oder vorhandene, bisher in der Bevölkerung aber nicht voll ausgeschöpfte Potentiale akquiriert werden. Um diese Gruppen anzusprechen bedarf es jedoch oftmals ungewöhnlicher Wege. So bestehen teilweise hohe Ressentiments und Vorurteile gegenüber der Institution Museum, die es zu überwinden gilt. Das Naturkundemuseum ist jedoch der Typ Museum, der die besten Chancen hat, „unter den bisherigen völligen Nichtbesuchern von Museen neue Besucher zu rekrutieren“ (Kirchberg (1998)).

Motiv

Das Fazit obiger Überlegungen ist, dass eine Eingrenzung der anzusprechenden Personengruppe auf eine genau definierte Zielgruppe vonnöten ist, um überhaupt eine den Zwecken genügende Ausstellung konzipieren zu können.

Ausschlaggebend für die vorzunehmende Festlegung sollen daher drei Hauptcharakteristika sein:

1. Die klassische Besuchergruppe des Museum Koenig ist die Familie mit Kindern oder Gruppen, besonders Schulklassen (vergl. Leis (1993)).
2. Eine Kongruenz zwischen Zielgruppe, Publikumpotential in der Bevölkerung und realer Besuchergruppe ist anzustreben, um eine Ausstellung zu konzipieren, die von möglichst vielen

Menschen der Zielgruppe besucht wird und für eben diese Gruppe adäquate didaktische Methoden und Mittel nutzt.

3. Untersuchungen zeigen, dass die (Natur-)Erfahrungen, die Menschen gerade während ihrer Kinder- und Jugendzeit machen, entscheidend für späteres (umweltbewusstes) Verhalten sind (vergleiche Langeheine, Lehmann (1986), Todt, zitiert in Reuther, Janßen (1993), Weyer, Naumann (1994)).

Zielgruppen-Fixierung

Die der Konzeption einer VogelWelten-Ausstellung zugrundeliegende Zielgruppe setzt sich aus zwei Teilzielgruppen zusammen:

- Familien mit Kindern, dazu zählen auch Großeltern mit Enkeln, und
- Gruppen, besonders Schulklassen.

Konsequenz

Die Ausstellung muss insbesondere auch für Kinder und Jugendliche verständlich sein, darf aber die Erwachsenen (unter anderem als Eltern) nicht unberücksichtigt lassen. Auch für sie muss der Besuch der Ausstellung anregend, interessant und erlebnisreich sein.

VI.2 ZIELGRUPPEN-EVALUIERUNG

Vernachlässigung der Grundlagenforschung

Die Zielgruppe beziehungsweise die Besucher einer Ausstellung werden oft als „lästiges, aber wohl notwendiges Übel“, Anhängsel oder fünftes Rad am Wagen in den Augen etlicher forschender Mitarbeiter eines Museums betrachtet. Die personelle wie finanzielle Ausstattung der Ausstellungsgestaltungsabteilungen und Museumspädagogen, auch im Museum Koenig, sind prekär. Die Anforderungen an diese Mitarbeiter steigen stets, zumal auch von außen neue Begehrlichkeiten, Wünsche und Vorstellungen über „neuzeitliche“ Ausstellungskonzeptionen angetragen werden. Doch über Jahrzehnte hinweg wurden weder Personal noch Finanzmittel in auch nur annähernd ausreichendem Volumen bereitgestellt, so dass wichtige Grundlagenforschungen über geeignete didaktische Methoden, typische Besucher-Erwartungen und -Kenntnisse, aber auch über Zielgruppen und Ausschöpfungspotentiale in der Bevölkerung unterblieben sind.

Dieser Mangel wird oft versucht durch Besucherstatistiken auszugleichen. Demnach ist

eine gelungene Ausstellung eine ebensolche, wenn sie nur hohe Besuchszahlen aufweist. Ob die gesteckten Zielsetzungen einer Ausstellung, so denn überhaupt welche aufgestellt wurden, erfüllt wurden, wurde bisher nicht oder nur punktuell überprüft.

In den Vereinigten Staaten von Amerika wurden bereits zu Ende der 1970er Jahre Evaluationskonzepte entwickelt und in großem Stil angewandt (Paatsch (2003d)). Andere Trendwellen vom amerikanischen Festland erreichen den europäischen Kontinent erfahrungsgemäß sehr schnell. Die Methodik der Evaluation hingegen wartet auch heute noch auf ihren „großen Durchbruch“ und eine Nutzung, die zum Standard jedes Museums gehören sollte. Manchmal relativ aussageschwache typische Besucher-Umfragen werden mittlerweile als Auslegeware in vielen Lehr- und Erlebnisorten den Besuchern an die Hand gereicht, doch eine systematische Evaluationsbesucherforschung von der ersten Planung bis zur Realisation einer Ausstellung und darüber hinaus wird in Europa derzeit aus Unkenntnis, aber auch wegen ungenügender Mittel noch nicht durchgeführt.

Legitimation und Begriffsdefinition

Die Notwendigkeit von Besucher- und Zielgruppenforschungen wurde bereits in der Einführung zu Kapitel V.1 erläutert. Ohne genaues und detailliertes Wissen über die Kenntnisse, Erwartungen und Vorstellungen der Besucher und / oder der Ausstellungszielgruppe lässt sich die gewollte Orientierung an der Kenntnis-, Erfahrungs- und Interessenswelt wie auch den kognitiven Fähigkeiten des Publikums nicht realisieren.

Dabei können je nach intendiertem Kenntnissgewinn zwei empirische Methoden der Besucher- und Zielgruppen-Forschung unterschieden werden.

Sollen Besucherprofile erstellt werden, also Daten über die alters- und bildungsmäßige Besucherstruktur gewonnen werden oder interessiert, woher Besucher kommen (Einzugsbereich), welche Werbemittel sie angesprochen haben, welche Erwartungen oder welche Gründe sie haben, den Lehr- und Erlebnisort zu besuchen, sollte man sich der Methodik der Besucherstudien bedienen.

Mit Evaluation wird dagegen jene zweite Methode bezeichnet, die die Reaktionen des Publikums auf eine (geplante oder existente) Ausstellung untersucht. Bei der klassischen Evaluation spielen daher Fragen nach dem Verständnis des Gezeigten, dem Gefallens und der Wirksamkeit von Spielen oder Medien jeglicher Art eine tragende Rolle. Auch vorhandene Mängel der evaluierten Ausstellung aufzudecken oder den Grad des Interesses an projektierten Ausstellungen oder Ausstellungsteilen zu ergründen, können Bestandteil von Evaluationen sein.

Allgemein wird unter dem Begriff Evaluation die Bewertung und Beurteilung hinsichtlich der Erreichung definierter Ziele (Waidacher (1996)) oder ähnlich „assessment of exhibitions, projects or almost anything“ (Hooper-Greenhill (2000)) verstanden.

Damit ist sie ein „Bewertungsverfahren für die Praxis, das Reaktionen von Testpersonen erhebt und diese als Maßstab für ein Urteil zugrunde legt, das aussagt, ob diese Praxis beabsichtigte Zwecke einlöst beziehungsweise ob sie dies mit einem vertretbaren Aufwand tut“ (Paatsch (2003d)).

Je nach Zielsetzung und Ausgangssituation können verschiedene Grundformen der Evaluation unterschieden werden (vergleiche Jelitto (2002) und (Paatsch (2003d))).

Eine Hauptgliederung kann mit der Unterscheidung von Vorlaufphasen-, Entwicklungsphasen- und Einsatzphasen-Evaluationen vorgenommen werden.

Die Vorlaufphasen-Evaluation lässt sich in Status-Quo-, Analog-Komparative und schließlich Präformative Evaluationen untergliedern.

Während der Entwicklung können Formative und Remediale Evaluationen durchgeführt werden.

Wenn eine Ausstellung bereits eröffnet ist und besucht wird, können Summative, Folge- und Fortlaufende Evaluationen neue Kenntnisse liefern.

Daneben existieren zahlreiche Sonder- und Zwischenformen, die nicht näher erläutert werden sollen und können, da sie sich unmittelbar aus der vorgegebenen Situation und dem Zweck der Evaluierung ergeben.

Status-Quo-Evaluation

Soll ein aktueller Zustand evaluiert werden, beispielsweise wenn den Museumspädagogen bestimmte Mängel einer existierenden Ausstellung bekannt sind und eine Erneuerung erwünscht wird, ist die Status-Quo-Evaluation das angemessene Mittel.

Analog-Komparative Evaluation

Für eine Neuinstallation oder grundlegende Überarbeitung können Erfahrungen anderer Museen mit ähnlichen Ausstellungen, falls es solche gibt, mithilfe der Analog-Komparativen Evaluation systematisch analysiert werden.

Präformative Evaluation

Soll geklärt werden, ob und wie eine Thematik in einer Ausstellung vermittelt werden kann, bevor überhaupt eine Ausstellung oder sogar eine detaillierte Planung für eine solche existiert, ist die sogenannte präformative Evaluation ein probates Mittel.

Sie ist das Instrument, um Kenntnisse, Vorstellungen, Erwartungen, Interessen und Gefühle eines potentiellen Publikums, der Zielgruppe, bezogen auf eine geplante Ausstellung zu evaluieren (vergleiche Borun (1993)). Die Präformative Evaluation ist daher geeignet, die für die geplante VogelWelten-Ausstellung benötigten Kenntnisse über die Zielgruppe zu gewinnen. Sie wird im anschließenden Kapitel eingehender beschrieben. Die Problematik der Zuteilung dieser Methode zur Evaluation, dass eigentlich nur über bereits Bestehendes evaluiert werden kann, wird dadurch kompensiert, dass wichtige Daten über das potentielle spätere Publikum gewonnen werden können, die unmittelbar helfen, die geplante Ausstellung effektiver und erfolgreicher zu gestalten.

Formative Evaluation

Mit der Formativen Evaluation wird die Evaluierung während der Planung, Erstellung und praktischem Aufbau einer Ausstellung bezeichnet. Testbesucher bewerten und erproben hierbei einzelne Elemente, Methoden und Medien der neuen Ausstellung, bevor diese der breiten Öffentlichkeit zugänglich ist.

Remediale Evaluation

Bestehen Unsicherheiten bezüglich der Alltagstauglichkeit einzelner Ausstellungselemente, können diese nach Installation und Eröffnung mit einer Remedialen Evaluation auf ihre Eignung überprüft werden. In der Literatur findet auch der Begriff der Nachbeserungsevaluation Verwendung.

Summative Evaluation

Die Summative Evaluation dient der Bewertung der neu erstellten Ausstellung auf ihren Erfolg in Erreichung der gesetzten Ziele. Unterformen der Summativen Evaluation sind die Folge-Evaluation, die eine Wiederholung einer bereits durchgeführten Evaluation zu einem späteren Zeitpunkt darstellt, um etwaige Veränderungen aufzuzeigen, und die sogenannte Fortlaufende Evaluation, die, wie der

Name schon impliziert, eine Evaluation über längere Zeiträume bedeutet.

Voraussetzungen und Standardregeln

Eine Evaluation kann nur dann verwertbare Ergebnisse liefern, wenn sie nach möglichst standardisierten Verfahren und Regeln durchgeführt wird.

Wer schon einmal Menschen angesprochen hat, um sie zu bitten, einen Fragebogen auszufüllen, wird mit Schwellenängsten konfrontiert gewesen sein. Mit Fragebögen verknüpfen viele unmittelbar die auch in der Begriffsdefinition angesprochene Bewertung. Jeglicher Form der Bewertung oder Beurteilung wird jedoch zunächst mit Ablehnung und Unlust begegnet. Daher müssen auch den Testpersonen einer Evaluation – nicht nur den Durchführenden – folgendes Grundcharakteristikum bewusst sein, das nicht immer deutlich genug herausgearbeitet wird: „Moderne museologische Evaluation beurteilt grundsätzlich nicht die Leistung des Publikums, sondern des Museums“ (Waidacher (1993)).

Die Deutsche Gesellschaft für Evaluation hat die wichtigsten Kriterien in einer Liste der „Standards für Evaluation“ zusammengefasst (Deutsche Gesellschaft für Evaluation (2002)). Als grundsätzliche Eigenschaften werden

- Nützlichkeit, also Ausrichtung an den Evaluationszwecken und dem Informationsbedarf,
- Durchführbarkeit im Sinne einer realistischen, diplomatischen und durchdachten Umsetzung,
- Fairness sowohl mit den Testpersonen, weiteren Beteiligten, als auch mit den gewonnenen Daten, was auch die möglichst objektive Ergebnisauswertung und Offenlegung der Ergebnisse beinhaltet, und schließlich
- Genauigkeit in Bezug auf Erhebung, Auswertung und Dokumentation gültiger Informationen und Ergebnisse gesehen.

VI.3 PRÄFORMATIVE EVALUATION

VI.3.1 MOTIVATION UND METHODIK

Erkenntnisgewinn und Nutzen

Im vorigen Kapitel wurde der Einsatzzweck der Präformativen Evaluation bereits kurz skizziert. Als Methodik der Gewinnung von Daten über Kenntnisse, Vorstellungen, Erwartungen, Interessen wie auch Gefühle eines potentiellen Publikums ist sie das Mittel, um bereits im Vorfeld der detaillierten Ausstellungsplanung etwaige fundamentale Probleme zu verhindern und sicherzustellen, dass die konzipierte Ausstellung nicht an den „Bedürfnissen“ der späteren Besucher vorbeigeht, möglicherweise im Ausstellungsniveau entweder zu komplex und anspruchsvoll (Borun (1993)) oder aber zu simplifizierend und oberflächlich wird.

Im Grunde geht es also darum, mithilfe der Präformativen Evaluation ein Produkt oder eine Dienstleistung anbieten zu können, das optimal auf das Bedürfnis der Bevölkerung ausgerichtet ist. Nur wer mit einem solchen Produkt oder einer solchen Dienstleistung an den Markt tritt, wird eine Kongruenz zum Bedürfnis erreichen, so dass dieses als Bedarf am Markt wirtschaftlich wirksam wird. Erst wenn das Angebot auch nachgefragt wird, kann es seine Zielgruppe erreichen. Auf ein Museum bezogen bedeutet dies, dass dessen Ausstellung die Zielgruppe so ansprechen muss, dass sie auch zur tatsächlichen Besuchergruppe wird. Dies ist entscheidend für den Erfolg einer musealen Präsentation, da ein Besuch im Museum ist in der Regel freiwillig erfolgt. Auch die Bildungsintention einer Umweltbildungsausstellung ist dem Diktat dieser Besucherorientierung unterworfen, denn sie erreicht nur dann ihr Ziel, wenn die Ausstellung überhaupt besucht wird.

Der in der Regel fachlich versierte Ausstellungsplaner ist dank seiner Fachbildung meist jedoch kaum in der Lage, ohne Besucherbefragungen richtig abzuschätzen, welche Kenntnisse er erwarten kann und welche Besuchervorstellungen und -wünsche bestehen. Zu sehr ist er mit der Materie vertraut, als dass

er noch erkennen könnte, wie weit sein Kenntnisstand von dem des „Durchschnittsbürgers“ entfernt ist, was den potentiellen Besucher interessiert und wie dieser sich eine ihn ansprechende Ausstellung wünscht.

Schon oft konnten durch Präformative Evaluationen, die auch als Vorab- oder Front-End-Evaluationen bezeichnet werden, irriige, aber populäre Vorstellungen aufgedeckt werden, auf die in der späteren Ausstellung gezielt eingegangen werden konnten.

Untersuchungen zeigten, dass die Wahrnehmung eines Wissensgebietes bei Laien und Experten deutlich different und in unterschiedlich strukturierten Konzepten begründet ist. Der Lernprozess beim Besuch eines Bildungs- und Erlebnisortes wird von Erkenntniswissenschaftlern als Übergang vom Laien zum Fachwissen verstanden. Da jedoch etwaige Fehlvorstellungen des Besuchers mit teilweise über 50 Prozent in der Bevölkerung (vergleiche hierzu Borun (1993)) weitverbreitet und relativ lösungsresistent gegen neue Konzepte sind, müssen diese bereits existenten Vorstellungen über die Ausstellungsthematik, die gewissermaßen als Filter für das in der Ausstellung Rezipierte dienen, eruiert werden. Solche Missverständnisse beziehungsweise Fehlvorstellungen stehen einem tieferen Verständnis im Wege und müssen als Botschaftsverzerrung erkannt und durch gezielte Richtigstellungen vermieden werden (Borun (1991)).

Die Präformative Evaluation ist jedoch nicht imstande, die eigentliche Gestaltung der Ausstellung sehr einzuengen. Sie liefert lediglich die Orientierung bietende Datenbasis, auf deren Grundlage die Planung aufbauen kann (vergleiche Paatsch (2003d)). Sie bestimmt so, dem intendierten Prinzip der Besucherorientierung entsprechend, den konkreten Ausgangspunkt, lässt Grenzen erkennen und erlaubt die Festlegung des angepassten Kommunikationsniveaus der geplanten Ausstellungskonzeption.

Neben der Ermittlung des Kenntnisstandes und möglicher Fehlvorstellungen der Zielgruppe, soll des weiteren geklärt werden, welches Interesse generell an Vögeln besteht und in welcher Gewichtung sie an speziellen Themenschwerpunkten Aufmerksamkeit schenken möchte.

Fragestellung und Zielsetzung

Durch die Präformative Evaluation der festgelegten Zielgruppe (Kapitel VI.1) zur VogelWelten-Ausstellungskonzeption sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Welches Interesse besteht an einer VogelWelten-Ausstellung generell?
- Welche Themenschwerpunkte finden besonderes Interesse, welche nicht?
- Welche Wünsche bestehen hinsichtlich der Präsentation?
- Welche Kenntnisse beziehungsweise Fehlvorstellungen bestehen über Vögel?
- Unterscheiden sich die angesprochenen Personen (aus der Zielgruppe) hinsichtlich der Beantwortung der oben genannten drei Fragestellungen? Inwieweit lassen sich Korrelationen zwischen Schulformen, Geschlecht, Alter usw. und Antwortverhalten feststellen?

Die Klärung all jener Fragestellungen soll schließlich beantworten helfen, ob sich Vögel für eine Ausstellung zur Umweltbildung eignen und besonders auch, welches Anspruchsniveau angesetzt und welche Themenschwerpunkte in einer Vogel-Ausstellung vorgesehen werden sollten, um das Interesse der Besucher anzusprechen und so zur Verbesserung der Umweltbildung beitragen zu können.

Vorbereitende Datenerhebungen

Grundvoraussetzungen für eine Präformative Evaluation der potentiellen Besucher sind über demographische und psychographische Erhebungen gewonnene Kenntnisse (Hood (1991), zitiert in Borun (1993)).

Im Rahmen der VogelWelten-Ausstellungskonzeption müssen diese Daten jedoch nicht neu erhoben werden, da neben anderen Untersuchungen insbesondere auf die Auswertungen der zwei Besucherbefragungen im Museum Koenig zurückgegriffen werden kann

(siehe bei Leis (1993)). Sie liefern bereits alle in diesem Zusammenhang relevanten, in Kapitel V und VI.1 bereits genannten, demographischen und psychographischen Kennwerte, die eine Präformative Evaluation ermöglichen.

Methodik

Aus der Vielzahl von Methoden zur Datenerhebung scheint hier die Befragung mittels Fragebögen am geeignetsten. Nur so lässt sich mit vertretbarem Aufwand eine quantitativ hohe Zahl an Datensätzen erreichen. Zudem ermöglicht ein Fragebogen je nach Frage unterschiedliche Antwortschemata. Das mögliche Spektrum reicht von Multiple-Choice-Kästchen, von denen entweder nur eins oder mehrere anzukreuzen sind, bis zu offenen Antwortmöglichkeiten (auf Zeilenlinien). Von dieser Möglichkeit wird auch Gebrauch gemacht, wobei der Schwerpunkt, der einfacheren statistischen Verwertbarkeit wegen, auf der Multiple-Choice-Methodik liegt.

Auf Fragen der Art „Halten Sie Vogelschutz für wichtig?“ wurde von Anfang an ganz verzichtet, da die möglichen Antworten wenig zu den zu evaluierenden Fragestellungen beitragen können, zumal „Gefälligkeitsantworten“ zu erwarten wären. Im Sinne der Standardregeln der Deutschen Gesellschaft für Evaluation wurden nur solche Fragen in den Fragenkatalog aufgenommen, die unmittelbar Informationen zu den Fragestellungen und Zielsetzungen (siehe Textkasten hierzu auf der vorigen Seite) liefern können.

Eva Leis hat bereits in der Interpretation des Antwortverhaltens auf bestimmte Fragen feststellen können, dass die Höflichkeit der Befragten in manchen Fällen die Antwort (Leis (1993)) bestimmt. Dies dürfte in zunehmendem Maße dort eine tragende Rolle spielen, wo Kritik geübt werden könnte oder die eigene Einstellung in Bezug auf Dinge abgefragt wird, wo eine bestimmte Ansicht gemeinhin als richtig und eine andere als falsch oder zumindest nicht positiv gilt. Die Antwortenverteilung auf diese Beispielfrage wird, so die Vermutung, daher tendenziell auf Seite „Vogelschutz ist wichtig“ verschoben sein.

Zielgruppe der Befragung

Die Zielgruppe zeigt, wie bereits beschrieben, eine deutliche Zweigliederung in (Individual-) Einzelbesucher, oft als Familie mit Kindern, und Gruppenbesucher (Schulklassen). Dieser Einteilung folgt auch die Befragungsmethodik der Zielgruppe.

Die Befragung der Einzelbesucher-Teilzielgruppe wurde durch gezielte Ansprache im Museum Koenig, die der Schulklassen in Schulen verschiedener Formen durchgeführt.

Als typische Einzelbesucher (= Besucher, die nicht in einer Gruppe kommen) wurden solche der neuen Dauerausstellung des Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Koenig befragt, die am 10. Oktober 2003 eröffnet wurde. Sie ist erster Bestandteil der kompletten Neuorganisation und -gestaltung des Naturkundemuseums hin zu einem nach modernen Gesichtspunkten aufgebauten Erlebnis- und Lernort der Umweltbildung. Im Hinblick auf die Besucher kann daher vermutet werden, dass sich unter ihnen zumindest tendenziell neben dem „klassischen Museumsbesucher“ auch mehr solche Personen befinden, die eher weniger zur typischen (Naturkunde-) Museumsbesuchergruppe zählen, als in den Befragungen von 1992 und 1993 (vergleiche Leis (1993)).

Der Effekt und Reiz des Neuen, der neugestalteten und -eröffneten Ausstellung und nicht zuletzt die erstmals betriebene öffentliche Bewerbung in Zeitungen (Artikel) oder beispielsweise durch die Projektionsbildschirme in der unterirdischen Stadtbahnhaltestelle „Bonn Hauptbahnhof“ dürften in jedem Fall (ohne eingehende Evaluation nicht näher bestimmbare) Auswirkungen auf die Besucherstruktur haben.

Dies behindert die Auswertung der Ergebnisse jedoch keinesfalls, da die Befragten als Besucher des Museum Koenig in jedem Fall integraler Bestandteil der intendierten Zielgruppe der VogelWelten-Ausstellung sind und die angenommenen Verschiebungen daher keinen negativen, sondern positiven Effekt haben, da sich die geplante VogelWelten-Ausstellung

auch auf diesen Personenkreis ausrichten möchte, um sie für das Museum als (zusätzliche) Besucher zu gewinnen.

Die evaluierte Besucherstruktur in den Jahren 1992 und 1993 liefert bei der Zielgruppen-Fixierung die Basis, die heutigen Besucher, immerhin ein Jahrzehnt später, dagegen die quantitativ und qualitativ verwertbaren Ergebnisse. Verschiedene Untersuchungen konnten jedoch auch darauf hinweisen, dass sich bestehende Besucherstrukturen auch über längere Zeiträume nicht oder nur unwesentlich ändern (Kirchberg (1996)).

Im Unterschied zu den Gruppenbesuchern wurde bei Einzelbesuchern auf eine Erhebung der Schulbildung verzichtet, da sie nur wenig Wissenswertes über das zu setzende Anspruchsniveau der Ausstellung liefern kann.

Es kann zwar festgestellt werden, dass verhältnismäßig mehr Menschen mit höheren Bildungsabschlüssen Museen besuchen, diese Kenntnis liefert aber zunächst noch keine Hinweise auf das zu setzende fachliche Niveau, denn beispielsweise ist der Germanist zwar genauso wie der Biologe Akademiker. Die in dem speziellen Fall bei einem Ausstellungsbesuch relevanten Fachkenntnisse sind jedoch nicht annähernd kongruent.

So kann ein Hauptschüler mit ornithologischem Interesse auf Hobby-Basis in jedem Fall fachspezifisch versierter sein als ein nur durchschnittlich oder weniger an der Thematik interessierter Akademiker. Entscheidender sind daher die tatsächlichen Kenntnisse und Erwartungen, die unabhängig vom erreichten Bildungsgrad abgefragt werden.

Dass sich zudem in etlichen anderen Punkten kein Zusammenhang zwischen einzelnen Kriterien des tatsächlich erfolgten Museumsbesuchs und erreichtem Bildungsabschluss ermitteln ließ (siehe Kapitel V.2), sprach weiterhin für ein Ausklammern dieser Fragestellung, so dass auch die Frage nach dem Beruf nur die Unterscheidung zwischen „Schüler(in)“, „Lehrer(in)“ und „Anderer“ zulässt.

In die Datenerhebung der Schülerbefragungen wurden Schülerinnen und Schüler in Schulen der Primarstufe (Grundschulen), der Sekundarstufe I (Hauptschule, Regionale Schule, Realschule) und der Sekundarstufe I und II (Gesamtschule, Gymnasium, Abendgymnasium) einbezogen.

Da zumindest die Möglichkeit bestand, dass Kenntnisse und Interesse weit mehr als bei Erwachsenen auf die besuchte Schulform und den erteilten Unterricht, verbunden mit den curricularen Richtlinien für den Sachkundebeziehungsweise Heimatkunde-Unterricht in Primarschulen und den Biologie- oder naturwissenschaftlichen Unterricht an Sekundarschulen, zurückzuführen sind, werden erreichte Schulstufe und Schulform zusätzlich mit in die Datenerhebung einbezogen.

Auf eine Befragung von Schülerinnen und Schülern an berufsbildenden Schulen oder Fachschulen wurde verzichtet, da nicht zu erwarten war, dass durch eine Ausweitung auch auf diese Schulformen ein wesentlicher Erkenntnisgewinn in Bezug auf die projektierte VogelWelten-Ausstellung zu erlangen gewesen wäre, zumal sie nur selten in Gruppenform als Museumsbesucher relevant werden.

Das Abendgymnasium als Sekundarstufe I/II-Schule des zweiten Bildungsweges wurde jedoch bewusst miteinbezogen, da es Teil der anzusprechenden Zielgruppe und als eine besondere und wichtige Form der Erwachse-

nen-Bildung anzusehen ist, das auf diesem Gebiet einen großen Beitrag leistet. Darüber hinaus ist es, wie die anderen Sekundarschulen des ersten Bildungswegs in ein curriculares Rahmenkonzept mit Biologie-Unterricht (mit Grund- und Leistungskursen) eingebunden, wobei zumindest von einem größeren Teil der Schüler – im Vergleich zu klassischen Sekundarstufe I/II-Schulen – davon ausgegangen werden kann, dass höheres Leistungsbewusstsein und Motivation vorherrscht. Ob und inwieweit hieraus Unterschiede bezüglich des Interesses, der Erwartungen und Vorkenntnisse resultieren, die unter Umständen Berücksichtigung in der Ausstellung finden sollten, war zunächst nicht klar und begründete die Aufnahme in die Evaluation.

Lehrerinnen und Lehrer sind nicht als besonders hervorgehobene Gruppe mit hoher Quantität evaluiert worden, da sie im Rahmen eines Klassenbesuchs des Museums im Wesentlichen eine Aufsichts- und Betreuungsaufgabe erfüllen. In der Regel sind sie zudem Fachlehrer der Biologie und haben über den Rahmen des Üblichen hinausgehende Kenntnisse. Die thematischen Anforderungen, die ein Fachlehrer für einen Klassenbesuch an eine Ausstellung stellt, entsprechen weitgehend den in den curricularen Richtlinien (Lehrplänen) vorgesehenen Unterrichtsthemen. Dennoch soll auch ihnen der Ausstellungsbesuch Freude und Wissenswertes liefern.

VI.3.2 KENNDATEN DER VOGELWELTEN-EVALUATION

Die folgende Auflistung nennt in Kurzfassung wichtige Kenndaten zur Evaluation der geplanten VogelWelten-Ausstellung. Sie orientiert sich teilweise an der Methodik nach Schulmeister (2000) und Jelitto (2002).

- **Evaluand (Evaluationsobjekt)**
Thematik Vögel: Interessensverteilung, Vorwissen, Erwartungen an eine Ausstellung.
- **Evaluationsbeteiligte**
Entwicklung, Durchführung und Nut-

zung: Thomas Lingen für die Planung der VogelWelten-Ausstellung im ZFMK, Bonn

Testpersonen: Schüler(innen) (und Lehrer(innen)) verschiedener Schulformen und Jahrgangsstufen (im Zeitraum Mai bis Dezember 2003) und Museumsbesucher des ZFMK, Bonn (Januar 2004).

Betreuung

- Direktor Prof. Dr.
Clas M. Naumann zu Königsbrück (†),
- Stv. Direktor Prof. Dr.
Wolfgang Böhme
*Zoologisches Forschungsinstitut und
Museum Alexander Koenig (ZFMK),
Mathematisch-Naturwissenschaftliche
Fakultät der Rheinischen Friedrich-
Wilhelms-Universität Bonn*

- **Finanzierung**
Graduiertenstipendium der Begabtenförderung der Konrad-Adenauer Stiftung (KAS), Sankt Augustin.
- **Infrastrukturmittel**
Infrastrukturmittel, fachliche und personelle Hilfestellungen über das Zoologische Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK), Bonn.
- **Ursache und Ziele der Evaluation**
Präventivmaßnahme zur Erstellung der VogelWelten-Ausstellung. Evaluiert wird, welches Wissen über Vögel bei Schülern und Museumsbesuchern vorliegt und welche Erwartungen, Interessen und Vorstellungen über eine VogelWelten-Ausstellung vorherrschen. Die Evaluation klärt so, welches Wis-

sen beim klassischen Museumsbesucher (Zielgruppe) vorausgesetzt werden darf und dient demnach der Festlegung des Anspruchsniveaus der Ausstellung, die nicht überfordern soll, aber auch nicht langweilen darf. Mit Evaluierung der Vorstellungen zu einer VogelWelten-Ausstellung wird aufgedeckt, welche thematischen Schwerpunkte sich Besucher wünschen.

- **Kontext der Evaluation**
Museumspädagogische und fachliche Hintergründe zum Evaluationsthema liefern die Bände 1 und 2. Die konkrete Umsetzung der Evaluationsergebnisse in die Ausstellungsplanung zeigt Band 3.
- **Methodenauswahl**
Präformative Evaluation (Front-End-Evaluation) mittels Fragebögen und Interview (mit Ausfüllen identischer Fragebögen).
- **Praktische Durchführung**
Erfolgt an diversen Schulen und im Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig im Jahr 2003 und 2004.

VI.3.3 DURCHFÜHRUNG

Test-Studie Vorlaufphase 1

Zunächst wurden nach Aufstellung einer Themenliste, bei der unter anderem Frau Dr. van den Elzen (Abteilungsleiterin der Ornithologie im Zoologischen Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK)) wertvolle Anregungen lieferte, mit Fragen durch intensive Gesprächsinterviews die besonderen Schwerpunkte und Fragestellungen auf ihre Verwertbarkeit untersucht und modifiziert. Dabei zeigte sich, dass die 30 Testprobanden zwar besondere Schwerpunkte der Erwartung nannten, alle angesprochenen Themenfelder jedoch mehr oder weniger Interesse finden.

Einzelne Teilgebiete der Ornithologie konnten daher nicht von vornherein aus der Befragung genommen werden.

Auch zeigte sich bereits in diesem Stadium, welche divergierende Vorstellungen über die Gesamtartenzahl der Vögel existieren. Die Annahmen reichten von nur 50 bis zu 3000000 Arten. Daher wurde bei dieser Frage auf die ursprünglich vorgesehene Multiple-Choice-Methodik verzichtet, da sie die Befragten unter diesen Voraussetzungen zu sehr in ihrem Antwortverhalten gelenkt hätten, und die Frage stattdessen offen gestellt. So kann die Antwort nun frei wählbar in einen Textkasten geschrieben werden.

Test-Studie Vorlaufphase 2

Nach Beendigung der Vorlaufphase 1 wurde eine Testvariante des Fragebogens erstellt, um ihn im Gesamten und die konkret gestellten Fragen im Einzelnen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen.

Insgesamt wurden 20 Testfragebögen ausgegeben. Es wurde dabei darauf geachtet, dass die Befragten aus möglichst unterschiedlichen Alters- und Bildungskategorien stammen.

Bei der Auswertung der Testfragebögen zeigte sich, dass im Wesentlichen nur noch einzelne Detailverbesserungen sinnvoll und nötig waren. Im Einzelnen waren dies:

- Aufnahme eines zusätzlichen Themenschwerpunktes „Wie kann ich Vögeln helfen? Vogelschutz“, da besonders dieser Bereich in der offenen Frage nach weiteren Themen, die von Interesse seien, gewünscht wurde.
- Umformulierung des Themenschwerpunktes „Beruf der Vögel (Einnischung, Ökologie)“ in „Beruf der Vögel (Merkmale einzelner Vogelarten, Einnischung). Dies war einerseits notwendig, da gerade einige jüngere Testprobanden den Begriff „Ökologie“ im Zusammenhang mit Vögeln nicht verstanden beziehungsweise kannten und andererseits der Begriff der Ökologie natürlich den Themenschwerpunkt der Lebensräume und -gemeinschaften einschließt, die aber bereits anderweitig abgefragt werden.
- Der Name des Themenschwerpunktes „Vögel im Wald und am See (Lebensräume)“ wurde zu „Vögel im Wald und am See (Lebensräume und -gemeinschaften)“ erweitert, um auf die Vernetzung der Arten hinzuweisen.
- Um Missverständnisse bei der Beantwortung der Frage nach der Artenzahl der Vögel zu vermeiden, wurde sie um das Wort „weltweit“ ergänzt. In Klammern beigefügt wurde des Weiteren, dass wenigstens eine Schätzung abzugeben sei, da bei Durchsicht der

Testfragebögen auffiel, dass diese Frage nicht immer beantwortet worden war. Auf Nachfrage wurde die Befürchtung geäußert, etwas Falsches anzugeben und daher nicht geantwortet zu haben. Die Endfassung der Frage lautet daher: „Wie viele Vogelarten gibt es etwa weltweit? (Bitte auf jeden Fall wenigstens schätzen!)“

- Auch wenn die vier bei der Testbefragung beteiligten Grundschüler außerordentlich gute Kenntnisse hatten, die zu einem Großteil sogar deutlich über denen der übrigen Befragten lagen, wurde in Rücksprache mit Frau Runkel, Direktorin der Grundschule Buchholz (Verbandsgemeinde Asbach (Westerwald), Rheinland-Pfalz), eine Variante des Fragebogens speziell für Kinder erstellt, die die Validität der gewonnenen Daten sichern soll und daher in der Hauptphase der Befragung bei allen Grundschulern und allen Schülern der Klassen 5 und 6 Anwendung fand.

Wesentlichste Unterschiede des Kinder-Fragebogens im Vergleich zum Standard-Fragebogen sind eine Vergrößerung der Schriftpunktgröße, Erweiterung der Abstände der einzelnen Fragen zueinander, was eine Erweiterung des eigentlichen Fragebogens von zwei auf vier Seiten bedeutete, Hinzufügen einzelner Bilder, Weglassen nahezu sämtlicher Fragen nach der Schule – dies wurde später selbst ergänzt –, Ansprache über DUZEN, Anheften eines Malblattes zum Ausmalen, Ergänzung einzelner Fragen um einige einführende Worte, ohne den Kern der Frage zu verändern, und eine Einführung in den Fragebogen mithilfe einer Silbermöwe namens Silbi, die zunächst mitteilt, dass es sich nicht um einen Test handelt, um eine Prüfungssituation zu vermeiden.

- Zwei weitere Änderungen betrafen nur die äußere Struktur der beiden Fragebögen-Varianten:
Um die Datenaufnahme in GrafStat, einer Software speziell für die Erfassung und Auswertung von Evaluationen, zu erleichtern, wurden alle Auswahlantworten mit Kleinbuchstaben (a), (b), (c) bis (o) versehen.
Des Weiteren wurde die Abfrage der personenbezogenen Daten, wie Beruf, Geschlecht, Alter usw. reorganisiert.

Hauptphase

Wie bereits angesprochen, wurde die Evaluation der Hauptphase in zwei Einheiten entsprechend der Teilzielgruppen (Schulen und Museum Koenig) durchgeführt. Die Schulen verschiedener Stufen wurden zunächst angeschrieben (siehe unten) und um Mithilfe gebeten. Grundsätzlich konnte festgestellt werden, dass das Interesse der Schulen, an der Evaluation mitzuwirken hoch war. Nur in einem Fall wurde eine Beteiligung abgelehnt (siehe hierzu den Abschnitt „Beteiligte Schulen“).

Die Fragebögen wurden in passender Anzahl und Variante zu Klassensätzen zusammengestellt und den Schülerinnen und Schülern zum Ausfüllen überreicht.

Grundschulen und Klassen 5 und 6 der Sekundarstufe I erhielten stets die Kinder-Version des Fragebogens, alle anderen Klassen die Standard-Version. Die Fragebögen wurden entweder während der Unterrichtsstunde oder in Heimarbeit ausgefüllt.

Die Evaluierung an den Schulen fand im Zeitraum von Anfang Mai bis Ende Dezember 2003 statt.

Die Befragung der zweiten Teilzielgruppe, der Besucher des Museum Koenig, fand im Anschluss daran im Januar 2004 (06.01.2004 bis 16.01.2004) während der regelmäßigen Öffnungszeiten statt. Um einen repräsentativen Querschnitt durch die Besucherstruktur zu erhalten und eine Abgrenzung zur ersten Teilzielgruppe zu erreichen, wurde die Befragung an allen Wochentagen, außer Montag, an dem das Museum Koenig geschlossen hat, von Öffnungsbeginn bis Schließung des Hauses durchgeführt und nur Besucher angesprochen, die als Privatbesucher und nicht im Rahmen eines Schulklassen-Besuchs das Museum aufsuchten. Dabei wurde stets nur jeder fünfte Museumsbesucher vor Besichtigung der derzeitigen Vogel-Ausstellung angesprochen. So konnte eine (unbewusste) Auswahl der Probanden vermieden werden.

In manchen Fällen wurde der Fragebogen vorgelesen und in Form eines Interviews ausgefüllt, da der betreffende Teilnehmer den Fragebogen nicht selbst lesen konnte, beispielsweise aufgrund einer Sehschwäche.

Auf den folgenden Seiten sind die schriftliche Kontaktaufnahme an die Schulen und die beiden Varianten des Fragebogens (Kinder- und Standard-Version) vorgestellt. Aufgrund der Einbettung in das vorliegende Seitenlayout musste die Standard-Version anstelle der originalen zwei Seiten auf drei Seiten wiedergegeben werden.



ZFMK

Zoologisches
Forschungsinstitut
und Museum
Alexander Koenig
Adenauerallee 160
53113 Bonn
Tel. 0228 / 91 22 - 0
Fax. 0228 / 91 22 202
Durchwahl -218

ZFMK:
Ein Institut der
Wissenschaftsgemeinschaft
Gottfried Wilhelm Leibniz

01. Mai 2003
Thomas Lingen

Museum Koenig · Adenauerallee 160 · 53113 Bonn

An die
Vogel-Schule
z.Hd. Direktor Herrn Eule
Meisenweg 1
54321 Spatzennest

Sehr geehrter Herr Eule,

die globale Umweltproblematik ist - wenigstens in den Industrieländern - in aller Munde. Dennoch steigt der Ressourcenverbrauch in vielen Bereichen weiter an, obwohl bereits seit langem bekannt ist, dass nur eine umweltverträgliche, nachhaltige, eine die Regenerationsfähigkeit der Ressourcen nicht übersteigende Umweltnutzung dazu beitragen kann, dauerhaft auf dem Globus Lebensbedingungen für die kommenden Generationen zu sichern. In anderen Worten: Die intellektuelle Einsicht in die Probleme ist - auch bei uns - bei weitem nicht so weit gediehen, dass sie zu entsprechenden Handlungsveränderungen geführt hätte. Erst verbesserte Einsicht in die beobachteten Phänomene und die ihnen zugrunde liegenden Prozesse kann dazu beitragen, dass dieses Verständnis auch in konkretes Handeln umgesetzt wird.

Im Rahmen meines Promotionsprojektes werden am Beispiel einer besonders beliebten Organismengruppe, der Vögel, didaktische Mittel und Wege einer Ausstellung erarbeitet, mit denen Umweltbildung und Umweltverhalten in Zusammenwirken von Museum und Schule nachhaltig verbessert werden können.

Im Sinne einer erlebnis- und besucherorientierten Ausstellungskonzeption müssen Zielgruppenforschungen durchgeführt werden, die Vorkenntnisse und Erwartungen potentieller Besucher, besonders die der Schülerinnen und Schüler, ermitteln. Besonderes Augenmerk sollen auch die durch die Lehrerinnen und Lehrer vertretenen curricularen Rahmenbedingungen für einen in den Unterricht eingebundenen Museumsbesuch erfahren. Nur so kann die in der Planungsphase befindliche VogelWelten-Ausstellung ihren Zielsetzungen gerecht werden.

Ich möchte Sie daher bitten, der Weiterleitung von Fragebögen an Ihre Lehrerinnen und Lehrer bzw. Schülerinnen und Schüler zuzustimmen. Für Schülerinnen und Schüler der 5. und 6. Klasse ist eine Unterstufen-Version des Fragebogens vorgesehen, für die übrigen Schülerinnen und Schüler die Standard-Version. Verteiler und Einsammler der in Heimarbeit oder während des Unterrichts auszufüllenden Fragebögen könnten die Biologielehrerinnen und -lehrer ihrer Schule oder auch ich selbst sein. Bei einer Evaluation wie dieser werden nur thematische Schwerpunktinteressen, Kenntnisse, Erwartungen und Vorstellungen bezüglich einer Ausstellungskonzeption statistisch erhoben. Die evaluierten Daten sollen schließlich zu einer Optimalkongruenz zwischen Anspruch und Realität einer Ausstellung hinführen. Daher handelt es sich nicht um eine klassische Überprüfung im Sinne einer Bewertung von Schüler- oder Lehrerkenntnissen und -kompetenzen.

Über eine positive Entscheidung würde ich mich sehr freuen. Ich werde mich in den nächsten Tagen bei Ihnen dahingehend melden.

Ich verbleibe mit freundlichen Grüßen

Thomas Lingen

Anlage: 2 Fragebögen „Präformative Evaluation“,
jeweils 1 Exemplar „Standard-Ausführung“ und 1 Exemplar „Kinder-Fragebogen“

Präformative Evaluation
Ausstellung VogelWelten: Federn– Flügel – Vielfalt



Wo wird gefragt? (a) *Schule* (b) *Museum*
Beruf (a) *Schüler(in)* (b) *Biologie-Lehrer(in)* (c) *anderer*
Geschlecht (a) *Weiblich* (b) *Männlich*
Alter
Folgendes bitte nur eintragen, falls Sie Schüler(in) oder Lehrer(in) sind:
Klasse
Schulform (a) *Grundschule* (b) *Hauptschule* (c) *Regionalschule*
 (d) *Realschule* (e) *Gesamtschule* (f) *Gymnasium*
 (g) *Abendgymnasium*

ZFMK

Zoologisches
Forschungsinstitut
und Museum
Alexander Koenig

Thomas Lingen
Adenauerallee 160
53113 Bonn
T.Lingen.ZFMK@uni-bonn.de
Tel. 0228-9122-218

ZFMK: Ein Institut der Wissen-
schaftsgemeinschaft
Gottfried Wilhelm Leibniz

- 1 Besteht Interesse an einem Besuch einer Vogelwelt-Ausstellung?
(a) Kein (b) Wenig (c) Etwas (d) Viel (e) Sehr viel
- 2 In welchem Rahmen würden Sie eine Ausstellung zur Vogelwelt besuchen?
(Mehrfachankreuzen möglich)
 (a) Privat / mit Familie (b) Klassen- / Gruppen-Ausflug
- 3 Für welche Themenschwerpunkte interessieren sie sich besonders?
(a) Kein (b) Wenig (c) Etwas (d) Viel (e) Sehr viel
- | | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Insekten, Mäuse, Blütennektar – Ernährung von Vögeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hochleistungsvögel – Körperbau und Muskeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Federn – Flügel – Flugtechnik (Vogelflug) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Laufen, Schwimmen, Tauchen (Fortbewegung) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Flugunfähige Vögel wie Strauß und Nandu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fernwanderungen der Vögel (Vogelzug) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Balz – Nestbau – Küken (Fortpflanzung) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Wie lernen Vögel? Werkzeuggebrauch bei Vögeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vom Dino zum Vogel – Entwicklungsgeschichte | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| „Beruf“ der Vögel (Merkmale einzelner Vogelarten, Einnischung) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vögel im Wald und am See (Lebensräume und -gemeinschaften) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Stadt – Land – Fluss (Der Vogel in der Menschenwelt) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Wie kann ich Vögeln helfen? Vogelschutz | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Der Vogel als Vorbild für die Technik | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Was für Vögel gibt es? Übersicht über die Vogelarten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- 4 Welche Themen möchten Sie – außer den oben genannten – auf jeden Fall in einer Vogelausstellung sehen? (Nur einzelne Stichworte!)
- 5 Was erwarten Sie von einer Vogelausstellung auf jeden Fall? (Nur einzelne Stichworte!)
- 6 Welche drei Merkmale sind für Sie die typischsten für Vögel?
- 7 Wie heißt der größte und wie der kleinste Vogel der Erde? (Körpergröße, nicht Flügelspannweite!)
Größter Vogel Kleinster Vogel
 (e) Keine Ahnung

- 8 Was bedeutet „Rüttelflug“?
- (a) Silbermöwen rütteln die von ihnen gefangenen Fische im Flug zu Tode
 - (b) Albatrosse sparen Flugenergie, indem sie nur selten mit den Flügeln schlagen und sonst gleiten
 - (c) Kolibris können dank schneller Flügelschläge und stark drehbarer Flügel auf der Stelle fliegen
 - (d) Falken stellen sich gegen den Wind und gleichen durch Flügelschlagen die Windgeschwindigkeit aus, so dass sie auf der Stelle fliegen
- 9 Welche Aufgabe hatte das Gefieder der ersten Vögel? (Mehrfachankreuzen möglich)
- (a) Fliegen
 - (b) Warmhalten
 - (c) Optische Signale
 - (d) Keine Ahnung
- 10 Was verstehen Sie unter dem Begriff Mauser?
- (a) Greifvogel-Art, die ausschließlich Mäuse fängt
 - (b) Vogelart, die ähnlich wie Mäuse lebt
 - (c) Küken, das das Nest gerade verlassen hat
 - (d) Regelmäßiger Gefieder-Wechsel
 - (e) Vogelart, nach dem Entdecker J. W. Mauser benannt
 - (f) Keine Ahnung
- 11 Wovon ernähren sich Kolibris? (Mehrfachankreuzen möglich)
- (a) Würmer
 - (b) Blütenpollen
 - (c) Kleine Eidechsen
 - (d) Kaninchen
 - (e) Insekten
 - (f) Nektar
 - (g) Mäuse
 - (h) Keine Ahnung
- 12 Welche Aussagen stimmen über die Amsel? (Mehrfachankreuzen möglich)
- (a) Ist einer der häufigsten Vögel Europas
 - (b) Gehört zur Familie der Fliegenschnäpper
 - (c) Auf dem Land häufiger als in der Stadt
 - (d) Wie alle Drosseln stelzen sie mit dem Schwanz
 - (e) Ihren Warnruf verstehen viele andere Vogelarten
 - (f) Weibchen sind rußschwarz, Männchen bräunlich
 - (g) Keine Ahnung
- 13 Warum frieren Pinguine nicht? (Mehrfachankreuzen möglich)
- (a) Haben eine dicke Fettschicht
 - (b) Wärmeerzeugung durch Muskelzittern (Gänsehaut)
 - (c) Haben ein dichtes, wasserabweisendes Fell
 - (d) Haben ein dichtes, wasserabweisendes Gefieder
 - (e) Kuschneln in großen Gruppen. Das ranghöchste Tier steht in der Mitte der Gruppe
 - (f) Kuschneln in großen Gruppen. Wechseln sich immer ab, wer außen stehen muss
 - (g) Daunengefieder enthält viele Luftblasen, die Wärmepolster geben
 - (h) Haben einen speziellen Heizungskreislauf, der nur der Warmhaltung des Körpers dient
 - (i) Blut wird auf dem Weg in die Beine abgekühlt und bei Rückfluss zum Herzen wieder aufgeheizt
 - (j) Pinguine atmen ihre ausgeatmete Luft teilweise wieder ein, um den Wärmeverlust zu verringern
 - (k) Keine Ahnung
- 14 Gibt es Vögel, die selbst Parasiten sind? (Falls ja, nennen Sie ein Beispiel!)
- (a) Ja, gibt es, zum Beispiel: _____
 - (b) Nein, gibt es nicht
 - (c) Kenne den Begriff „Parasit“ nicht
 - (d) Keine Ahnung
- 15 Gibt es Vögel, die in Symbiose mit anderen Tieren leben? (Falls ja, nennen Sie ein Beispiel!)
- (a) Ja, gibt es, zum Beispiel: _____
 - (b) Nein, gibt es nicht
 - (c) Kenne den Begriff „Symbiose“ nicht
 - (d) Keine Ahnung
- 16 In welchen Tiergruppen gibt es oder gab es Arten, die fliegen oder in der Luft gleiten können (konnten)? (Mehrfachankreuzen möglich)
- (a) Dinosaurier
 - (b) Flugsaurier
 - (c) Vögel
 - (d) Fische
 - (e) Insekten
 - (f) Eidechsen
 - (g) Frösche
 - (h) Muscheln
 - (i) Schnecken
 - (j) Beuteltiere
 - (k) Fledermäuse
 - (l) Hunde
 - (m) Affen
 - (n) Baumhörnchen
- 17 Wie viele Zehen haben Vögel?
- (a) Genau 3
 - (b) Genau 4
 - (c) Genau 5
 - (d) Zwischen 2 und 4
 - (e) Zwischen 2 und 5
 - (f) Zwischen 3 und 5
 - (g) Keine Ahnung
- 18 Gibt es eine Vogelart, die keine Federn hat? (Falls ja, nennen Sie Sie!)
- (a) Ja, gibt es, zum Beispiel: _____
 - (b) Nein, gibt es nicht
 - (c) Keine Ahnung

19 Gibt es bei uns eine Vogelart, die mitten im Winter brütet? (Falls ja, nennen Sie Sie!)

(a) Ja, gibt es, zum Beispiel:

(b) Nein, gibt es nicht (c) Keine Ahnung

20 Was ist wahr oder kommt bei einzelnen Vogelarten vor? (Mehrfachankreuzen möglich)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> (a) Prostitution bei Pinguinen | <input type="checkbox"/> (b) Werkzeuggebrauch bei vielen Vogelarten |
| <input type="checkbox"/> (c) Alle Vögel können fliegen | <input type="checkbox"/> (d) Anstreichen von selbsterrichteten Lauben mit Farbe |
| <input type="checkbox"/> (e) Bauen künstlicher Inseln in Seen | <input type="checkbox"/> (f) Alle Vögel legen Eier |
| <input type="checkbox"/> (g) Brieftauben haben ein Echolot-System | <input type="checkbox"/> (h) Mit Schlamm und Grashalmen getöpferte Nester |
| <input type="checkbox"/> (i) Brüten in Höhlen | <input type="checkbox"/> (j) Nur Vögel haben echte Federn entwickelt |
| <input type="checkbox"/> (k) Zwillinge und Drillinge in einem Ei | <input type="checkbox"/> (l) Strauße stecken bei Gefahr den Kopf in den Sand |
| <input type="checkbox"/> (m) Vögel sind wechselwarme Tiere | <input type="checkbox"/> (n) Nicht alle Rotkehlchen überwintern im Brutgebiet |
| <input type="checkbox"/> (o) Orientierung am Erdmagnetfeld | |

21 Womit füttern heimische Kuckucke ihre Jungen? (Mehrfachankreuzen möglich)

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> (a) Kleine Amphibien | <input type="checkbox"/> (b) Gräser | <input type="checkbox"/> (c) Pflanzensamen |
| <input type="checkbox"/> (d) Insekten und Würmer | <input type="checkbox"/> (e) Füttern nicht | <input type="checkbox"/> (f) Keine Ahnung |

22 Unmittelbar aus welcher Tiergruppe hat sich die Gruppe der heutigen Vögel entwickelt?

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="checkbox"/> (a) Amphibien | <input type="checkbox"/> (b) Reptilien | <input type="checkbox"/> (c) Dinosaurier |
| <input type="checkbox"/> (d) Säugetiere | <input type="checkbox"/> (e) Keine Ahnung | |

23 Welche Tierart (aus der Auflistung) ist mit heutigen Vögeln am nächsten verwandt?

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> (a) Tyrannosaurus | <input type="checkbox"/> (b) Fledermaus | <input type="checkbox"/> (c) Flugsaurier |
| <input type="checkbox"/> (d) Krokodil | <input type="checkbox"/> (e) Keine Ahnung | |

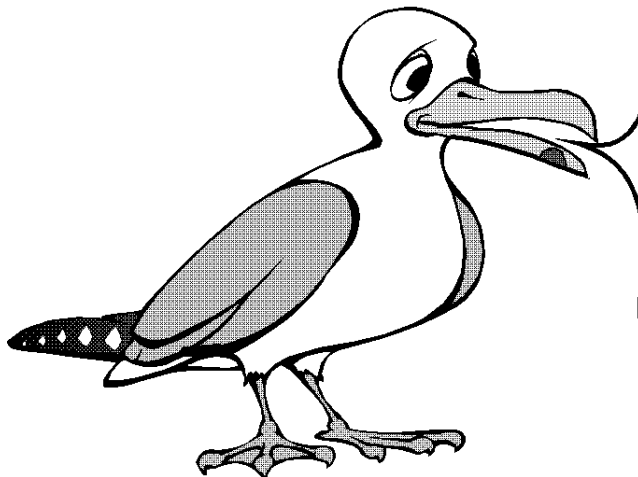
24 Wie viele Vogelarten gibt es etwa weltweit? (Bitte auf jeden Fall wenigstens schätzen!)

Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!
Museum Koenig: Artenvielfalt erforschen und erklären
<http://www.uni-bonn.de/museumkoenig>

Kinder-Umfrage zu Vögeln



Thomas Lingen, Tel. 0228-9122-218
<http://www.uni-bonn.de/museumkoenig>



Liebe Kinder,
ich bin eine Möwe und heiße Silbi. Ich möchte euch gerne ein paar Fragen stellen. Es ist aber kein Test, sondern nur eine Umfrage! Es gibt also keine Noten und wenn ihr etwas nicht wisst, ist das auch nicht schlimm! Die Fragen kannst du meistens durch Ankreuzen beantworten! Mach immer nur ein Kreuzchen pro Frage, außer es steht extra dabei, dass du mehrere Kreuzchen machen darfst!

Bist du ein Mädchen oder ein Junge?

(a) Mädchen (b) Junge

Wie alt bist du?

In welche Klasse gehst Du?

In welche Schule gehst Du? (a) Grundschule (b) Hauptschule (c) Regionalschule
 (d) Realschule (e) Gesamtschule (f) Gymnasium

1 Hättest du Lust, eine Vogel-Ausstellung zu besuchen?

(a) Kein (b) Wenig (c) Etwas (d) Viel (e) Sehr viel

2 Wie würdest du gerne eine Ausstellung zur Vogelwelt besuchen?
(Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

(a) mit Familie / Eltern

(b) Klassen- / Gruppen-Ausflug

3 Welche Themen interessieren dich besonders?

(a) Kein (b) Wenig (c) Etwas (d) Viel (e) Sehr viel

| | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Wie und wovon ernähren sich Vögel? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hochleistungsvögel – Körperbau und Muskeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Federn – Flügel – Flugtechnik (Vogelflug) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Laufen, Schwimmen, Tauchen (Fortbewegung) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Flugunfähige Vögel wie Strauß und Nandu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Fernwanderungen der Vögel (Vogelzug) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Balz – Nestbau – Küken (Fortpflanzung) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Wie lernen Vögel? Werkzeuggebrauch bei Vögeln | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vom Dino zum Vogel – Entwicklungsgeschichte | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| „Beruf“ der Vögel (Merkmale einzelner Vogelarten) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vögel im Wald und am See (Lebensräume und -gemeinschaften) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Stadt – Land – Fluss (Vögel in der Menschenwelt) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Wie kann ich Vögeln helfen? (Vogelschutz) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Der Vogel als Vorbild für die Technik | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Was für Vögel gibt es? Übersicht über die Vogelarten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 4 Welche Themen möchtest du – außer den oben genannten – auf jeden Fall in einer Vogelausstellung sehen? (Nur einzelne Stichworte!)

- 5 Was erwartest du von einer Vogelausstellung auf jeden Fall? (Nur einzelne Stichworte!)

- 6 Welche drei Merkmale sind für dich die typischsten für Vögel?

- 7 Wie heißt der größte und wie der kleinste Vogel der Erde, was meinst du?
(Körpergröße, nicht Flügelspannweite!)

Größter Vogel Kleinster Vogel

- 8 Was bedeutet „Rüttelflug“?

- (a) Silbermöwen rütteln die von ihnen gefangenen Fische im Flug zu Tode
- (b) Albatrosse sparen Flugenergie, indem sie nur selten mit den Flügeln schlagen und sonst gleiten
- (c) Kolibris können dank schneller Flügelschläge und stark drehbarer Flügel auf der Stelle fliegen
- (d) Falken stellen sich gegen den Wind und gleichen durch Flügelschlagen die Windgeschwindigkeit aus, so dass sie auf der Stelle fliegen
- (e) Keine Ahnung



- 9 Welche Aufgabe hatte das Gefieder (Federn) der ersten Vögel?
(Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

- (a) Fliegen (b) Warmhalten (c) Optische Signale (d) Keine Ahnung

- 10 Was bedeutet der Begriff „Mauser“?

- (a) Greifvogel-Art, die ausschließlich Mäuse fängt
- (b) Vogelart, die ähnlich wie Mäuse lebt
- (c) Küken, das das Nest gerade verlassen hat
- (d) Regelmäßiger Gefieder-Wechsel
- (e) Vogelart, nach dem Entdecker J. W. Mauser benannt
- (f) Keine Ahnung



- 11 Wovon ernähren sich Kolibris? (Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

- (a) Würmer (b) Blütenpollen (c) Kleine Eidechsen (d) Kaninchen
 (e) Insekten (f) Nektar (g) Mäuse (h) Keine Ahnung

- 12 Ich habe gerade einen leckeren Wurm gefunden. Den werde ich jetzt gleich fressen, aber vorher habe ich noch eine Frage an euch: Welche Aussagen stimmen über uns Amseln?
(Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

- (a) Ist einer der häufigsten Vögel Europas
- (b) Gehört zur Familie der Fliegenschnäpper
- (c) Auf dem Land häufiger als in der Stadt
- (d) Wie alle Drosseln stelzen sie mit dem Schwanz
- (e) Ihren Warnruf verstehen viele andere Vogelarten
- (f) Weibchen sind rußschwarz, Männchen bräunlich
- (g) Keine Ahnung



13 Wir Pinguine leben da, wo es immer nur Eis und Schnee gibt. Vielleicht hast Du einige von uns ja sogar schon mal im Zoo besucht. Und obwohl es in unserer Heimat immer eiskalt ist, frieren wir nicht. Aber warum nicht? Was glaubst du?

(Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

- (a) Haben eine dicke Fettschicht
- (b) Wärmeerzeugung durch Muskelzittern (Gänsehaut)
- (c) Haben ein dichtes, wasserabweisendes Fell
- (d) Haben ein dichtes, wasserabweisendes Gefieder
- (e) Kuscheln in großen Gruppen.
Das ranghöchste Tier steht in der Mitte der Gruppe
- (f) Kuscheln in großen Gruppen.
Wechseln sich immer ab, wer außen stehen muss
- (g) Daunengefieder enthält viele Luftblasen,
die Wärmepolster geben
- (h) Haben einen speziellen Heizungskreislauf,
der nur der Warmhaltung des Körpers dient
- (i) Blut wird auf dem Weg in die Beine abgekühlt
und bei Rückfluss zum Herzen wieder aufgeheizt
- (j) Pinguine atmen ihre ausgeatmete Luft teilweise wieder ein,
um den Wärmeverlust zu verringern
- (k) Keine Ahnung



14 Gibt es Vögel, die selbst Parasiten sind? (Falls ja, nenne ein Beispiel!)

- (a) Ja, gibt es, zum Beispiel: _____
- (b) Nein, gibt es nicht (c) Weiß nicht, was „Parasiten“ sind (d) Keine Ahnung

15 Gibt es Vögel, die in Symbiose mit anderen Tieren leben? (Falls ja, nenne ein Beispiel!)

- (a) Ja, gibt es, zum Beispiel: _____
- (b) Nein, gibt es nicht (c) Weiß nicht, was „Symbiose“ ist (d) Keine Ahnung

16 In welchen Tiergruppen gibt es oder gab es Arten, die fliegen oder in der Luft gleiten können (konnten)? (Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

- (a) Dinosaurier (b) Flugsaurier (c) Vögel (d) Fische
- (e) Insekten (f) Eidechsen (g) Frösche (h) Muscheln
- (i) Schnecken (j) Beuteltiere (k) Fledermäuse (l) Hunde
- (m) Affen (n) Baumhörnchen

17 Wie viele Zehen haben wir Vögel?

- (a) Genau 3 (b) Genau 4 (c) Genau 5
- (d) Zwischen 2 und 4 (e) Zwischen 2 und 5 (f) Zwischen 3 und 5
- (g) Keine Ahnung

18 Gibt es eine Vogelart, die keine Federn hat?
(Falls ja, schreibe sie auf, wenn du sie kennst!)

- (a) Ja, gibt es, zum Beispiel: _____
- (b) Nein, gibt es nicht (c) Keine Ahnung

19 Gibt es bei uns eine Vogelart, die mitten im Winter brütet?
(Falls ja, schreibe sie auf, wenn du sie kennst!)

- (a) Ja, gibt es, zum Beispiel: _____
- (b) Nein, gibt es nicht (c) Keine Ahnung

20 Was ist wahr oder kommt bei einzelnen Vogelarten vor? (Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

- (a) Prostitution bei Pinguinen
- (b) Werkzeuggebrauch bei vielen Vogelarten
- (c) Alle Vögel können fliegen
- (d) Anstreichen von selbsterrichteten Lauben mit Farbe
- (e) Bauen künstlicher Inseln in Seen
- (f) Alle Vögel legen Eier.
- (g) Brieftauben haben ein Echolot-System
- (h) Mit Schlamm und Grashalmen getöpferte Nester
- (i) Brüten in Höhlen
- (j) Nur Vögel haben echte Federn entwickelt
- (k) Zwillinge und Drillinge in einem Ei
- (l) Strauße stecken bei Gefahr den Kopf in den Sand
- (m) Vögel sind wechselwarme Tiere
- (n) Nicht alle Rotkehlchen überwintern im Brutgebiet
- (o) Orientierung am Erdmagnetfeld



21 Womit füttern heimische Kuckucke ihre Jungen? (Mehrere Kreuzchen erlaubt!)

- (a) Kleine Amphibien
- (b) Gräser
- (c) Pflanzensamen
- (d) Insekten und Würmer
- (e) Füttern nicht
- (f) Keine Ahnung

22 Unmittelbar aus welcher Tiergruppe hat sich die Gruppe der heutigen Vögel entwickelt?

- (a) Amphibien
- (b) Reptilien
- (c) Dinosaurier
- (d) Säugetiere
- (e) Keine Ahnung

23 Welche Tierart (aus der Auflistung) ist mit heutigen Vögeln am nächsten verwandt?

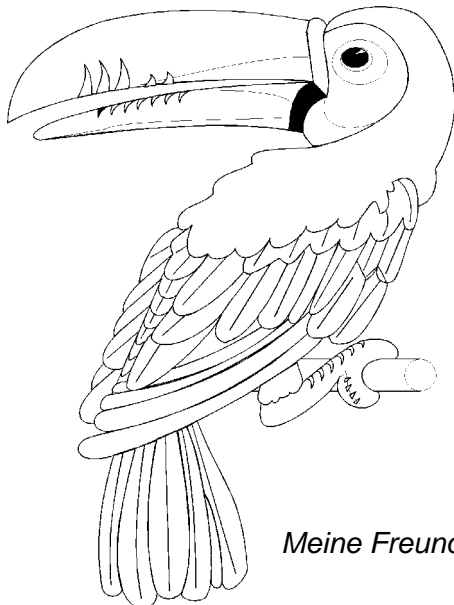
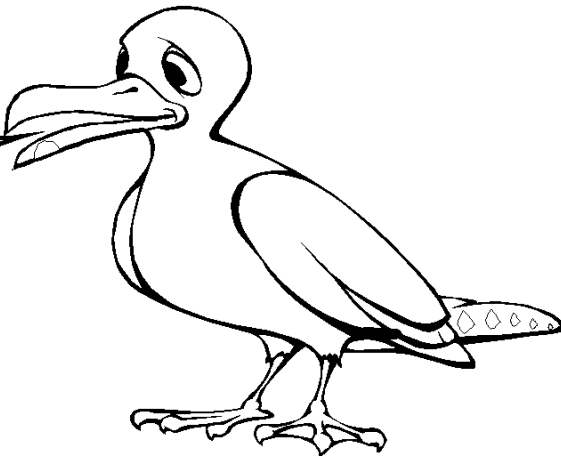
- (a) Tyrannosaurus
- (b) Fledermaus
- (c) Flugsaurier
- (d) Krokodil
- (e) Keine Ahnung



24 Wie viele Vogelarten gibt es etwa weltweit? (Bitte auf jeden Fall wenigstens schätzen!)

Zum Ausmalen und Behalten

Liebe Kinder,
danke fürs Mitmachen!
Kommt doch mal auf
einen Besuch
im Museum Koenig vorbei!
Meine Freunde Tuka, Bärl, Tigi
und ich würden uns freuen!
Auf diesem Blatt, das Ihr
behalten dürft, könnt
Ihr Bilder von uns ausmalen!



Meine Freundin Tuka



Mein Freund Bärl



Mein Freund Tigi

Beteiligte Schulen

Die Evaluierung fand in folgenden Schulen in den Bundesländern Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen statt:

Grundschule Buchholz

Schulleiterin Frau Runkel
Hauptstraße 65
53567 Buchholz (*Rheinland-Pfalz*)
(Primarstufe)

Regionale Schule / Hauptschule Konrad-Adenauer-Schule Asbach

Konrektor Herr Becker
Flammersfelder Straße 7a
53567 Asbach (Ww) (*Rheinland-Pfalz*)
(Sekundarstufe I)

Abendgymnasium Rhein-Sieg

Direktor Herr Bröcher
Frau Eichendorf
Humperdinckstraße 27
53721 Siegburg (*Nordrhein-Westfalen*)
(Sekundarstufe I/II)

Städtisches Gymnasium Hennef

Schulleiterin Frau Beemers
Herr Wiest
Fritz-Jacobi-Straße 18
53773 Hennef (*Nordrhein-Westfalen*)
(Sekundarstufe I/II)

Gesamtschule Hennef

Schulleiter Herr Pelz
Frau Becktepe
Meiersheide 10
53773 Hennef (*Nordrhein-Westfalen*)
(Sekundarstufe I/II)

Kopernikus-Realschule

Schulleiterin Frau Rollenske
Frau Ramos
Fritz-Jacobi-Straße 10
53773 Hennef (*Nordrhein-Westfalen*)
(Sekundarstufe I)

Gemeinschaftshauptschule der Stadt Hennef

Schulleiter Herr Brengmann
Frau Held
Wehrstraße 80
53773 Hennef (*Nordrhein-Westfalen*)
(Sekundarstufe I)

Ablehnungen

Wie bereits erwähnt, lehnte nur eine einzige Schule, das Wiedtalgymnasium Neustadt (Wied), die Teilnahme an der Evaluierung ab. Die Gründe des Direktors der Schule, Herrn Dr. Sajak, sind mir jedoch nicht nachvollziehbar, da mehrere Ablehnungsgründe angegeben wurden, die der Reihe nach in einem Gespräch entkräftet werden konnten. So wurde zunächst auf den hohen Papierbedarf und die Kopierkosten der Schule für die Evaluierung hingewiesen. Da die Fragebögen jedoch von mir bereits in Klassensätzen der Schule überreicht werden, besteht für die Schule nicht der Bedarf an einem einzigen eigenen Blatt Papier oder einer Kopie. Dieser Ablehnungsgrund hatte daher keinen Bestand und so wurde mit dem hohen Zeitaufwand für die Ausfüllung der Fragebögen während des Unterrichts argumentiert. Die Fragebögen können und sollen jedoch in der Regel zu Hause ausgefüllt werden, so dass auch keine Unterrichtszeit geopfert werden muss.

Schließlich betonte Herr Dr. Sajak die Beschäftigung der Schule mit einem Leistungs-sicherungsprogramm, so dass eine Beteiligung der Schule nicht möglich wäre. Im Resümee des Gesprächs liegt die Vermutung nahe, dass der Schuldirektor eine Bewertung seiner Schüler und Lehrer befürchtete, der er sich nicht stellen wollte, auch wenn eine solche Bewertung nicht Gegenstand dieser Evaluation ist.

Staatl. Wiedtalgymnasium Neustadt (Wied)

Schulleiter Herr Dr. Sajak
Friedenstraße 11
53577 Neustadt (Wied) (*Rheinland-Pfalz*)
(Sekundarstufe I/II)

VI.3.4 ERGEBNISSE UND ANALYSE

VI.3.4.1 EINFÜHRUNG

Darstellungsform

In diesem Kapitel werden in einzelnen Abschnitten (Abkürzung: A1, A2, usw.) die Ergebnisse der durchgeführten Präformativen Evaluation zur neuen VogelWelten-Ausstellung in der Reihenfolge der gestellten Fragen vorgestellt. Daher werden zunächst die von der Zielgruppe erhobenen demographischen Daten (Kapitel VI.3.4.2), anschließend die vertretenen Interessenslagen (Kapitel VI.3.4.3), Vorstellungen und Erwartungen (Kapitel VI.3.4.4) und im letzten Kapitel die Kenntnisse der befragten Personen (Kapitel VI.3.4.5) dargelegt und diskutiert.

Die Darstellung der Ergebnisse fasst, wo sinnvoll, zwei, drei oder mehrere Fragen zu Kreuztabellen und Mehrdimensionsgrafiken zusammen, die mehrere befragte Werte in einer Präsentationsform vereinigen.

Abkürzungen

Die in den Tabellen und Diagrammen verwendeten Abkürzungen gliedern sich in zwei Kenndatenteile und bedeuten:

1. Kenndatenteil

Mus = befragte Museumsbesucher(innen) im Museum Koenig

Sch = befragte Schülerinnen und Schüler in verschiedenen Schulen. Die weitere Angabe einer Zahl schränkt die Gruppe auf eine bestimmte Jahrgangsstufe (Klasse) ein, beispielsweise **Sch6** bedeutet „Schüler(innen) der 6. Klasse“, wobei hiermit alle Schüler(innen) die-

ser Jahrgangsstufe in allen Schulformen inbegriffen sind.

Abe = Schüler(innen) des Abendgymnasiums. Da sie sich in der Altersstruktur wesentlich von den Schüler(innen) anderer Schulformen unterscheiden, sind sie öfters, wo es sinnvoll erscheint separiert aufgeführt.

Gru = Grundschule

Reg = Regionalschule

Ges = Gesamtschule

Hau = Hauptschule

Rea = Realschule

Gym = Gymnasium

Leh = Biologie-Lehrer(innen) in verschiedenen Schulen, befragt in Schulen und im Museum (hier nur Privatbesuch)

AltX = Befragte des Alters X, beispielsweise bedeutet **Alt12** = Befragte, die 12 Jahre alt sind.

Σ = Gesamtheit aller Befragten einer Gruppe

2. Kenndatenteil

TZ = Totalzahl (Absolutzahlen)

PS = Prozentsatz (prozentual auf die jeweilige Gruppe gerechnet)

Beispiel

„**Mus PS**“ kennzeichnet beispielsweise die Gruppe aller Museumsbesucher. Die Angabe des Wertes erfolgt als entsprechender Prozentsatz der angegebenen Teilgruppe der jeweiligen Tabellenzeile in Relation zum Grundwert (100 Prozent), in diesem Fall die Gruppe aller Museumsbesucher.

VI.3.4.2 DEMOGRAPHIE

Einführung

Angesprochen wurden insgesamt 1324 Personen, wobei 8 Personen die Teilnahme an der Evaluation verweigerten. Gründe für die Verweigerung waren:

- (Angeblicher) Zeitmangel (3 Personen)
- Unruhiges Kind (2 Personen)
- Zwei ältere Museumsbesucher gaben an, nicht teilnehmen zu wollen, weil ihnen in ihrem Alter „eh keiner mehr zuhören würde und sich für ihre Meinung keiner mehr interessieren würde“.
- Ein Museumsbesucher verweigerte die Teilnahme, weil er „selbst Biologe sei und das nicht bräuchte“.

Insgesamt konnten somit 1316 Personen befragt werden, darunter unmittelbar in Schulen 929 Schülerinnen und Schüler (inklusive 6 Biologie-Lehrerinnen und Lehrer) und im Museum Koenig 387 Besucher. Von einer repräsentativen Umfrage darf daher ausgegangen werden, da die Zahl der Befragten auch in den beiden, sehr verschiedenen Zielgruppen bei über 350 liegt.

Wie bereits erwähnt, wurden grundsätzlich Schülergruppen (Schulklassen) im Museum Koenig nicht befragt. Schülerinnen und Schüler wurden in der Regel in Schulen befragt. Im Museum Koenig wurden sie nur befragt, wenn sie Einzelbesucher (mit Familie) ohne Gruppe waren.

Insgesamt konnten 22 Biologie-Lehrer befragt werden, teils in Schulen, teils im Museum Koenig. Sofern sie im Museum Koenig befragt wurden und ihr Besuch privater Natur war, werden sie zur Teilzielgruppe Museumsbesucher klassifiziert.

Die Lehrerinnen und Lehrer sind jedoch ansonsten nicht Gegenstand der Evaluation gewesen. Die bei ihnen ermittelten und in Tabellen aufgeführten Werte sind daher nicht in der für Repräsentativität notwendigen Zahl ermittelt worden, geben jedoch ein Stimmungsbild oder einen Eindruck vom Kenntnisstand wieder.

Die weitere Aufteilung auf einzelne Gruppen ist den Kreuztabellen (siehe unten) zu entnehmen.

Summenwerte

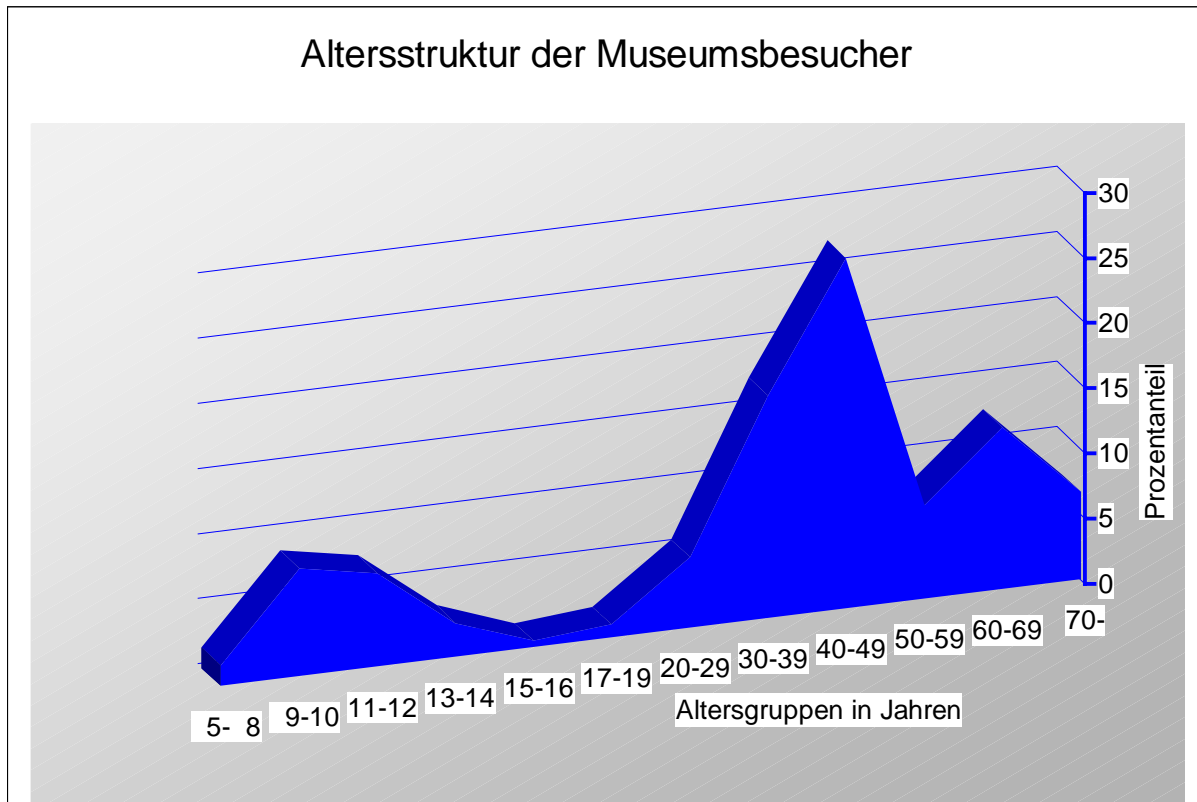
Nicht immer konnten die Antworten aller Probanden mit in die Statistik aufgenommen werden und berücksichtigt werden, da die Beantwortung einzelner Fragen teilweise ausblieb oder nicht dem geforderten Antwortverhalten entsprach. Dies war beispielsweise dann der Fall, wenn bei einer Auswahlfrage mit mehreren möglichen Antworten, von denen nur eine einzige anzukreuzen war, dennoch mehrere angekreuzt wurden.

Dies ist die Ursache für die von der Gesamtteilnehmerzahl der Befragung manchmal abweichenden Totalzahlen der Beantwortung einiger Fragen.

**Abschnitt 1 Befragte dividiert nach Alter
in Museum und Schule (ohne Lehrer(innen)), Lehrer(innen) zusätzlich separat**

| | Mus | | Sch | | Leh | | Σ | |
|-----------------------|------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ ¹ | PS ¹ | TZ | PS | TZ | PS |
| 5- 8 | 6 | 1,6 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 6 | 0,5 |
| 9-10 | 32 | 8,3 | 51 | 5,5 | 0 | 0,0 | 83 | 6,3 |
| 11-12 | 28 | 7,2 | 315 | 34,1 | 0 | 0,0 | 343 | 26,1 |
| 13-14 | 10 | 2,6 | 185 | 20,0 | 0 | 0,0 | 195 | 14,8 |
| 15-16 | 2 | 0,5 | 219 | 23,7 | 0 | 0,0 | 221 | 16,8 |
| 17-19 | 4 | 1,0 | 109 | 11,8 | 0 | 0,0 | 113 | 8,6 |
| 20-29 | 21 | 5,4 | 38 | 4,1 | 0 | 0,0 | 59 | 4,5 |
| 30-39 | 66 | 17,1 | 5 | 0,5 | 2 | 9,1 | 73 | 5,1 |
| 40-49 | 104 | 26,9 | 1 | 0,1 | 11 | 50,0 | 106 | 8,1 |
| 50-59 | 28 | 7,2 | 0 | 0,0 | 9 | 40,9 | 31 | 2,4 |
| 60-69 | 48 | 12,4 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 48 | 3,7 |
| 70- | 26 | 6,7 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 26 | 2,0 |
| Ohne Angabe | 12 | 3,1 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 12 | 0,9 |
| Σ Altersstufen | 387 | 100,0 | 923 | 100,0 | 22 | 100,0 | 1316 | 100,0 |

¹: Die auf den ersten Blick ungewöhnlich anmutenden Angaben, wie beispielsweise 5 Schüler(innen) im Alter zwischen 30 und 39, beruhen auf der Aufnahme des Abendgymnasiums mit in die Evaluation.



Die Altersstruktur der im Museum Befragten zeigt deutlich, dass besonders Kinder bis 12 Jahre und Erwachsene ab 30 Jahren die Gruppe der Museumsbesucher bilden. Für Jugendliche zwischen 13 und 19 scheint das Museum Koenig kein besonders beliebter Ort der Freizeitgestaltung zu sein. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Befragung von Leis (1993) (siehe Kapitel V.2).

[Hinweis: Der Anteil der 5- bis 8-jährigen liegt ist eigentlich höher als hier dargestellt. Der hier aufgetragene Wert liegt darin begründet, dass ein Teil der Kinder dieser Alterskategorie noch nicht oder nur langsam lesen können, so dass sie nur teilweise an der Befragung teilnehmen konnten.]

Abschnitt 2 Anzahl der in Schulen befragten Schüler(innen) in den jeweiligen Jahrgängen (Klassen) und Schulformen

| | Sch4 TZ | Sch5 TZ | Sch6 TZ | Sch7 TZ | Sch8 TZ | Sch9 TZ | Sch10 TZ | Sch11 TZ | Sch12 TZ | Sch13 TZ | Σ TZ |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| (a) Grundschule | 36 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 36 |
| (b) Hauptschule | - | 21 | 21 | 22 | 25 | 24 | 14 | - | - | - | 127 |
| (c) Regionalschule | - | 22 | 27 | 0 | 25 | 23 | 0 | - | - | - | 97 |
| (d) Realschule | - | 24 | 29 | 21 | 14 | 26 | 25 | - | - | - | 139 |
| (e) Gesamtschule | - | 30 | 80 | 0 | 0 | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 186 |
| (f) Gymnasium | - | 51 | 55 | 25 | 27 | 45 | 0 | 45 | 40 | 0 | 288 |
| (g) Abendgymnasium ¹ | - | - | - | - | - | - | - | 20 | 18 | 12 | 50 |
| Σ Jahrgang | 36 | 148 | 212 | 68 | 91 | 194 | 39 | 65 | 58 | 12 | 923 |

Erläuterungen zur Tabelle: siehe Folgeseite

¹: Die Klassenstufen des Abendgymnasiums werden in Semester, nicht in Schuljahre eingeteilt. Sie sind in dieser Tabelle aber in der jeweiligen Entsprechung zu finden.

Nach 2 Vorkurs-Halbjahren (entspricht der Klasse 10), beginnt die eigentliche Oberstufe mit den Einführungskursen (Semester 1 und 2 zusammen entsprechen der Stufe 11 der gymnasialen Oberstufe). Es schließt sich die Hauptphase mit 4 Semestern an (Semester 3 und 4 zusammen entsprechen der Stufe 12, Semester 5 und 6 zusammen entsprechen der Stufe 13).

Bemerkung: Ein Strich bedeutet, dass die Jahrgangsstufe in der jeweiligen Schulform nicht angeboten wird. Eine NULL bedeutet, dass keine Befragung stattgefunden hat, da entweder in dieser Jahrgangsstufe der betreffenden Schule kein Biologie-Unterricht stattfindet, in dem die Evaluierung hätte durchgeführt werden können oder die bei der Untersuchung helfenden Fachlehrer nicht in der Jahrgangsstufe unterrichteten.

VI.3.4.3 INTERESSE AN EINER VOGELWELTEN-AUSSTELLUNG

Abschnitt 1 Generelles Interesse an einer VogelWelten-Ausstellung

| | Mus | | Sch ¹ | | Abe | | Leh | | Σ | |
|-------------------------------------|-------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 6 | 1,6 | 106 | 12,2 | 9 | 18,0 | 0 | 0,0 | 121 | 9,3 |
| (b) Wenig [-1,0] | 15 | 3,9 | 131 | 15,1 | 12 | 24,0 | 0 | 0,0 | 158 | 12,1 |
| (c) Etwas [0,0] | 75 | 19,7 | 348 | 40,1 | 24 | 48,0 | 5 | 22,7 | 450 | 34,5 |
| (d) Viel [1,0] | 227 | 59,6 | 164 | 18,9 | 3 | 6,0 | 13 | 59,1 | 395 | 30,3 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 58 | 15,2 | 120 | 13,8 | 2 | 4,0 | 4 | 18,2 | 182 | 13,9 |
| Σ | 381 | 100,0 | 869 | 100,0 | 50 | 100,0 | 22 | 100,0 | 1306 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel² | 0,83 | | 0,07 | | -0,46 | | 0,95 | | 0,27 | |

¹: ohne Schüler(innen) des Abendgymnasiums und ohne Lehrer(innen)

²: Der Begriff „Arithmetisches Mittel“ wird im Kurz-Info Statistische Kennwerte (Kapitel VI.3.4.5, Abschnitt 3) erläutert.

Eine Vogel-Ausstellung kann nur dann zur Verbesserung der Umweltbildung beitragen, wenn überhaupt ein Grundinteresse vorhanden ist.

Vögel sind in der Menschenwelt unmittelbar zu sehen und zu beobachten, so dass sie ständig in unserer Lebenswelt präsent sind. Diese Präsenz kann gepaart mit Interesse über eine VogelWelten-Ausstellung das Verständnis ermöglichen, dass Veränderungen der Vogelwelt immer auch Veränderungen unserer eigenen Welt, Bedrohung und Gefährdung der Vögel somit unmittelbar auch eine Bedrohung und Gefährdung von uns Menschen selbst bedeuten. Dieses Interesse vorausgesetzt, sind Vögel als Sympathieträger quasi prädestinierter Botschafter der Natur in all ihrer Vielfältigkeit. Die Nachricht, die Vögel transportieren sollen, beinhaltet, dass der Schutz und die Erhaltung der Natur, ihrer Lebensräume und Arten vordringliche Aufgabe sein muss.

Einer der Schwerpunkte der Präformativen Evaluation liegt daher in der Untersuchung, ob bei den Befragten der Zielgruppe ein generelles Interesse an einer VogelWelten-Ausstellung besteht. Sollte dieses fehlen oder sogar Ablehnung gegen eine solche Ausstel-

lung bestehen, dürfte eine Vermittlung von Umweltbildung, die in Verhaltensänderung münden soll, sehr erschwert bis unmöglich sein.

Die ermittelten Werte der Evaluation zeigen jedoch, dass ein durchschnittliches bis höheres Interesse in allen Teilzielgruppen vorhanden ist und somit eine verhältnismäßig gute Basis für eine Umweltbildungsausstellung gegeben ist.

Verallgemeinernd darf gesagt werden, dass Biologie-Lehrer mit Abstand am meisten interessiert sind, dicht gefolgt von den Besuchern der naturkundlichen Ausstellung im Museum Koenig. Bei Schülern der Schulen des ersten Bildungswegs besteht ein nur durchschnittliches Interesse, aber keine Ablehnung, sondern mit nach oben weisender Tendenz. Nur Schüler des zweiten Bildungswegs scheinen eine deutliche Abneigung gegen den Besuch einer VogelWelten-Ausstellung zu haben. Möglich wäre, dass sie durch die neben dem eigentlichen Beruf stattfindenden Schulveranstaltungen genug belastet sind und ihre Freizeit nicht mit weiteren Bildungsinhalten gestalten möchten.

Abschnitt 2 Generelles Interesse der Museumsbesucher an einer VogelWelten-Ausstellung nach Berufen (Schüler, Lehrer und anderer Beruf)

| | Mus Schüler | | Mus Lehrer | | Mus andere | |
|-------------------------|-------------|--------------|------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 6 | 2,1 |
| (b) Wenig [-1,0] | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 15 | 5,2 |
| (c) Etwas [0,0] | 17 | 21,5 | 2 | 12,5 | 56 | 19,4 |
| (d) Viel [1,0] | 41 | 51,9 | 12 | 75,0 | 174 | 60,8 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 21 | 26,6 | 2 | 12,5 | 35 | 12,2 |
| Σ | 79 | 100,0 | 16 | 100,0 | 286 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 1,05 | | 1,0 | | 0,76 | |

¹: ohne Schüler(innen) des Abendgymnasiums und ohne Lehrer(innen)

Unter den Museumsbesuchern interessieren sich Schüler deutlich stärker für eine VogelWelten-Ausstellung als die übrigen Besucher. Bei den Besuchern, die keine Schüler sind, ist das Interesse für Vögel breiter gestreut. Da gerade bei den älteren Besuchern (Nicht-Schüler) noch mehr als bei den jüngeren Schülern davon ausgegangen werden muss, dass sie freiwillig das Museum besuchen, dennoch aber nicht seltener sehr starkes Inte-

resse angegeben wird, kann man davon ausgehen, dass sie einerseits schwieriger für eine Thematik zu begeistern sind oder aber auch ihr Interesse bei naturkundlichen Themen weiter auf die einzelnen Tiergruppen gestreut ist als bei Schülern. Bei Schülern scheint das Interesse an naturkundlichen Ausstellungen eher einheitlich zu sein, bei Erwachsenen hingegen differenzierter nach Einzelthemen.

Abschnitt 3 Generelles Interesse der Schüler(innen) der einzelnen Jahrgangsstufen und Schulformen

| | Gru4 TZ |
|------------------------------|-------------|
| (a) Kein [-2,0] | 0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 1 |
| (c) Etwas [0,0] | 22 |
| (d) Viel [1,0] | 2 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 11 |
| Σ | 36 |
| Arithmetisches Mittel | 0,64 |

| | Reg5 TZ | Reg6 TZ | Reg8 TZ | Reg9 TZ | Reg TZ |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| (a) Kein [-2,0] | 1 | 0 | 5 | 11 | 17 |
| (b) Wenig [-1,0] | 3 | 1 | 3 | 4 | 11 |
| (c) Etwas [0,0] | 2 | 10 | 10 | 8 | 30 |
| (d) Viel [1,0] | 3 | 4 | 5 | 0 | 12 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 13 | 12 | 2 | 0 | 27 |
| Σ | 22 | 27 | 25 | 23 | 97 |
| Arithmetisches Mittel | 1,09 | 1,00 | -0,16 | -1,13 | 0,22 |

| | Ges5 TZ | Ges6 TZ | Ges9 TZ | Ges TZ |
|------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| (a) Kein [-2,0] | 1 | 13 | 7 | 21 |
| (b) Wenig [-1,0] | 2 | 10 | 11 | 23 |
| (c) Etwas [0,0] | 10 | 36 | 35 | 81 |
| (d) Viel [1,0] | 12 | 13 | 17 | 42 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 5 | 8 | 6 | 19 |
| Σ | 30 | 80 | 76 | 186 |
| Arithmetisches Mittel | 0,60 | -0,09 | -0,03 | 0,08 |

| | Hau5 TZ | Hau6 TZ | Hau7 TZ | Hau8 TZ | Hau9 TZ | Hau10 TZ | Hau TZ |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| (a) Kein [-2,0] | 0 | 0 | 8 | 4 | 1 | 1 | 14 |
| (b) Wenig [-1,0] | 1 | 3 | 1 | 5 | 2 | 3 | 15 |
| (c) Etwas [0,0] | 11 | 3 | 8 | 6 | 8 | 7 | 43 |
| (d) Viel [1,0] | 4 | 10 | 2 | 6 | 10 | 3 | 35 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 5 | 13 | 3 | 4 | 2 | 0 | 27 |
| Σ | 21 | 19 | 22 | 25 | 23 | 14 | 134 |
| Arithmetisches Mittel | 0,62 | 1,74 | -0,41 | 0,04 | 0,43 | -0,14 | 0,34 |

| | Rea5 TZ | Rea6 TZ | Rea7 TZ | Rea8 TZ | Rea9 TZ | Rea10 TZ | Rea TZ |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| (a) Kein [-2,0] | 0 | 2 | 5 | 0 | 12 | 7 | 26 |
| (b) Wenig [-1,0] | 1 | 4 | 4 | 3 | 7 | 11 | 30 |
| (c) Etwas [0,0] | 6 | 13 | 11 | 10 | 6 | 4 | 50 |
| (d) Viel [1,0] | 4 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 13 | 5 | 1 | 0 | 0 | 2 | 21 |
| Σ | 24 | 29 | 21 | 13 | 26 | 25 | 138 |
| Arithmetisches Mittel | 1,21 | 0,24 | -0,57 | -0,23 | -1,15 | -0,8 | -0,21 |

| | Gym5 TZ | Gym6 TZ | Gym7 TZ | Gym8 TZ | Gym9 TZ | Gym11 TZ | Gym12 TZ | Gym TZ |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| (a) Kein [-2,0] | 4 | 4 | 0 | 12 | 3 | 2 | 3 | 28 |
| (b) Wenig [-1,0] | 4 | 0 | 4 | 9 | 15 | 12 | 7 | 51 |
| (c) Etwas [0,0] | 18 | 30 | 9 | 5 | 15 | 20 | 25 | 122 |
| (d) Viel [1,0] | 12 | 15 | 10 | 1 | 10 | 10 | 4 | 62 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 13 | 6 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 25 |
| Σ | 51 | 55 | 25 | 27 | 45 | 45 | 40 | 288 |
| Arithmetisches Mittel | 0,51 | 0,35 | 0,40 | -1,19 | -0,16 | -0,09 | -0,18 | 0,017 |

| | Abe11 TZ | Abe12 TZ | Abe13 TZ | Abe TZ |
|------------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| (a) Kein [-2,0] | 5 | 3 | 1 | 9 |
| (b) Wenig [-1,0] | 9 | 2 | 1 | 12 |
| (c) Etwas [0,0] | 6 | 12 | 6 | 24 |
| (d) Viel [1,0] | 0 | 1 | 2 | 3 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Σ | 20 | 18 | 12 | 50 |
| Arithmetisches Mittel | -0,95 | -0,39 | 0,25 | -0,46 |

Der Vergleich der ermittelten arithmetischen Mittelwerte der Schulformen zeigt keine besonders prägnanten Unterschiede, so dass eine generelle Zuordnung der Interessensverteilung nach Schulformen nicht möglich ist. Dafür jedoch zeigen sich auffällige Übereinstimmungen der Interessensverteilung beim Vergleich der einzelnen Jahrgangsstufen in den verschiedenen Schulen, so dass die Vermutung aufgestellt werden kann, dass das generelle Interesse der Schüler an einer Vogel-Welt-Ausstellung nicht von der besuchten Schulform, sondern vom Alter der Schüler abhängt. Dies wird im nächsten Abschnitt untersucht werden.

Zu Abendgymnasiasten: Es zeigt sich eine deutliche Stärkung des Interesses mit fortschreitender schulischer Ausbildung zum Bildungsziel Abitur hin. Nach Rückfrage am Abendgymnasium lässt sich diese Beobachtung jedoch in das Gesamtinteresse der Abendgymnasiasten an der Bildung einbetten. Nach Feststellung der Biologie-Lehrerin des Abendgymnasiums verhält sich die generelle Bereitschaft zur Unterrichtsbeteiligung und zur Bildungserweiterung antiproportional zur noch an der Schule zu verbringenden Zeit bis zum Abitur.

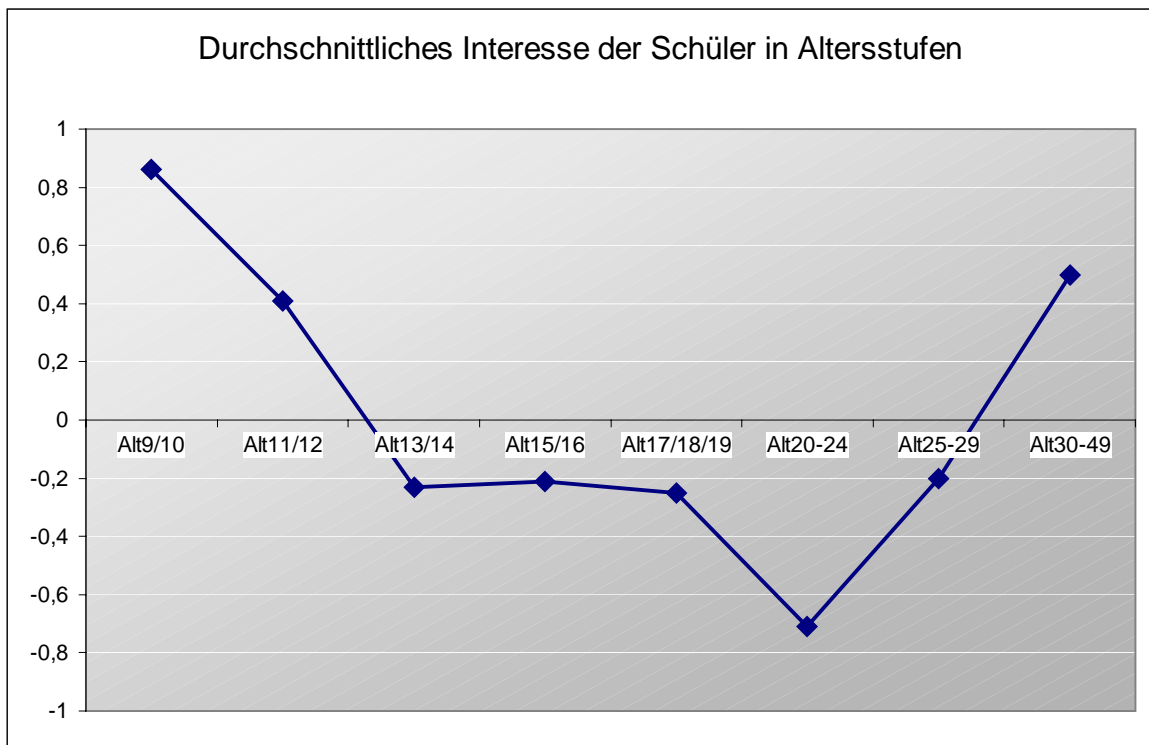
Abschnitt 4 Generelles Interesse der in Schulen befragten Schüler(innen) aller Schulformen nach Alter

| | Alt9/10 TZ | Alt11/12 TZ | Alt13/14 TZ | Alt15/16 TZ | Alt17/18 ¹ /19 ² TZ | Alt20- 24 ³ TZ | Alt25- 29 ³ TZ | Alt30- 49 ³ TZ |
|------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (a) Kein [-2,0] | 0 | 27 | 34 | 35 | 10 | 7 | 1 | 1 |
| (b) Wenig [-1,0] | 1 | 23 | 38 | 44 | 30 | 7 | 0 | 0 |
| (c) Etwas [0,0] | 25 | 125 | 65 | 85 | 48 | 13 | 9 | 2 |
| (d) Viel [1,0] | 5 | 72 | 30 | 41 | 17 | 1 | 0 | 1 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 20 | 66 | 17 | 14 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| Σ | 51 | 313 | 184 | 219 | 108 | 28 | 10 | 6 |
| Arithmetisches Mittel | 0,86 | 0,41 | -0,23 | -0,21 | -0,25 | -0,71 | -0,2 | 0,5 |

¹: darunter 1 Schüler(in) des Abendgymnasiums

²: darunter 5 Schüler(innen) des Abendgymnasiums

³: Alle Befragten ab einem Alter von 20 Jahren sind Schüler des Abendgymnasiums



Es zeigt sich eine deutliche Korrelation zwischen Alter und Interesse der befragten Schüler in Schulen. Verallgemeinernd kann gesagt werden, dass mit zunehmendem Alter (bis etwa 20-24 Jahre) das Interesse nachlässt. (Hinweis: Ab der Alterskategorie 20-24 Jahre liegen nur wenige Datensätze vor, da in diese Datentabelle nur in Schulen befragte Schüler aufgenommen wurden.) Dies bedeutet nicht, dass bei allen Schülern das Interesse gleichermaßen abnimmt. Es gibt immer Schüler, die sich viel oder sehr viel interessieren. Vielmehr lässt sich die Tendenz erkennen, dass auf die Gesamtgruppe bezogen das Interesse abnimmt. Diese Tendenz äußert sich auch in der Besucherstruktur des Museum Koenig, wie im Abschnitt 1 bereits gezeigt wurde.

Das bei jüngeren Schüler wesentlich stärker als bei älteren ausgeprägte Interesse sollte nicht unausgenutzt bleiben. Gerade sie können durch eine VogelWelten-Ausstellung angesprochen werden. Daher muss sie für diese Besucher ebenso verständlich und erlebnisreich sein wie für Erwachsene, zumal viele von diesen als Eltern mit ihren (jüngeren) Kindern das Museum besuchen und eine kindgerechte Ausstellung wünschen (siehe Abschnitt zu Erwartungen und Wünsche). Es kann davon ausgegangen werden, dass Eltern das Museum Koenig nicht nur zum Eigennutz besuchen, sondern auch, damit ihre Kinder in kindgerechter Umgebung etwas erleben und lernen können. Es ist daher fraglich, ob sie das Museum besuchen würden, wenn die Ausstellung für Kinder uninteressant und ungeeignet wäre.

Abschnitt 5 Zuordnung der im Museum befragten Schüler(innen) in besuchte Schulformen

| | Mus Schüler | |
|----------------|----------------|------------------|
| | TZ | PS |
| Grundschule | 26 | 32,1 |
| Hauptschule | 0 | 0,0 |
| Regionalschule | 0 | 0,0 |
| Realschule | 6 | 7,4 |
| Gesamtschule | 0 | 0,0 |
| Gymnasium | 41 | 50,6 |
| Abendgymnasium | 0 | 0,0 |
| Ohne Antwort | 8 ¹ | 9,9 ¹ |
| Σ | 81 | 100,0 |

¹: Von den Schülern, die nicht angaben, welche Schule sie besuchen, sind zwei 10 Jahre, zwei 11 Jahre und vier 12 Jahre alt.

Im Abschnitt 7 wurde festgestellt, dass das generelle Interesse aller Schüler mehr vom Alter als von der besuchten Schulform abhängt.

Wird jedoch nun diese Erkenntnis mit der Verteilung der im Museum befragten Schüler verglichen, fällt eine deutliche Diskrepanz auf. Auch wenn das Interesse nicht oder zumindest kaum von der besuchten Schulform beeinflusst wird, konnten fast nur Grundschüler und Gymnasiasten angesprochen und befragt werden. Da stets jeder fünfte Besucher angesprochen wurde, kann eine subjektive,

unbewusste Auswahl der Befragten ausgeschlossen werden. Die Frage, warum nahezu nur Schüler der beiden genannten Schulformen das Museum besuchten und somit befragt werden konnten, kann nicht ohne weitere Untersuchung beantwortet werden. Da jedoch die meisten dieser Schüler mit ihren Eltern oder Großeltern angetroffen wurden, kann vermutet werden, dass diese Kinder in Familien leben, die häufiger Museen besuchen oder das Museum Koenig als Ort des Familienerlebnisses sehen.

Abschnitt 6 Befragte Personen in Museum und Schule, dividiert nach Geschlecht

| | Mus | | Sch | | Σ | |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| Weiblich (♀) | 241 | 62,3 | 496 | 53,4 | 737 | 56,0 |
| Männlich (♂) | 146 | 37,7 | 433 | 46,6 | 579 | 44,0 |
| Σ (♀ und ♂) | 387 | 100 | 929 | 100 | 1316 | 100 |

Auffällig ist der mit 62,3 Prozent relativ hohe Anteil weiblicher Besucher an der Gesamtbesuchergruppe, was aber im (statistisch nicht untersucht) hohen Anteil von Müttern be-

gründet sein könnte, die das Museum ohne Partner, aber mit ihren Kindern besucht haben.

Abschnitt 7 Geschlechtsbezogene Interessensspezifitäten am Beispiel des generellen Interesses an einer VogelWelten-Ausstellung

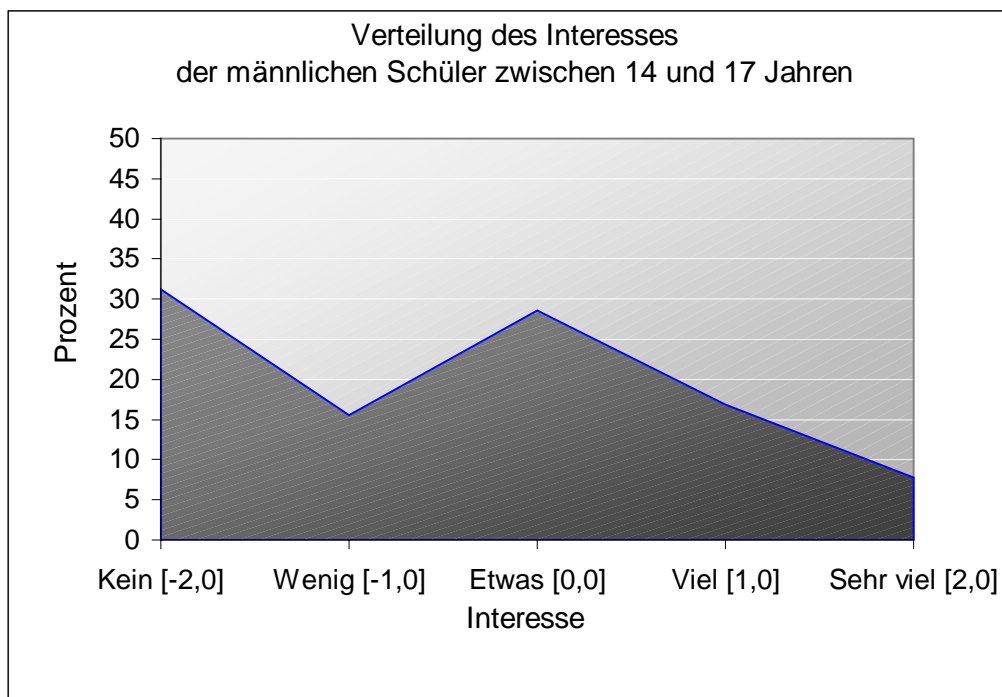
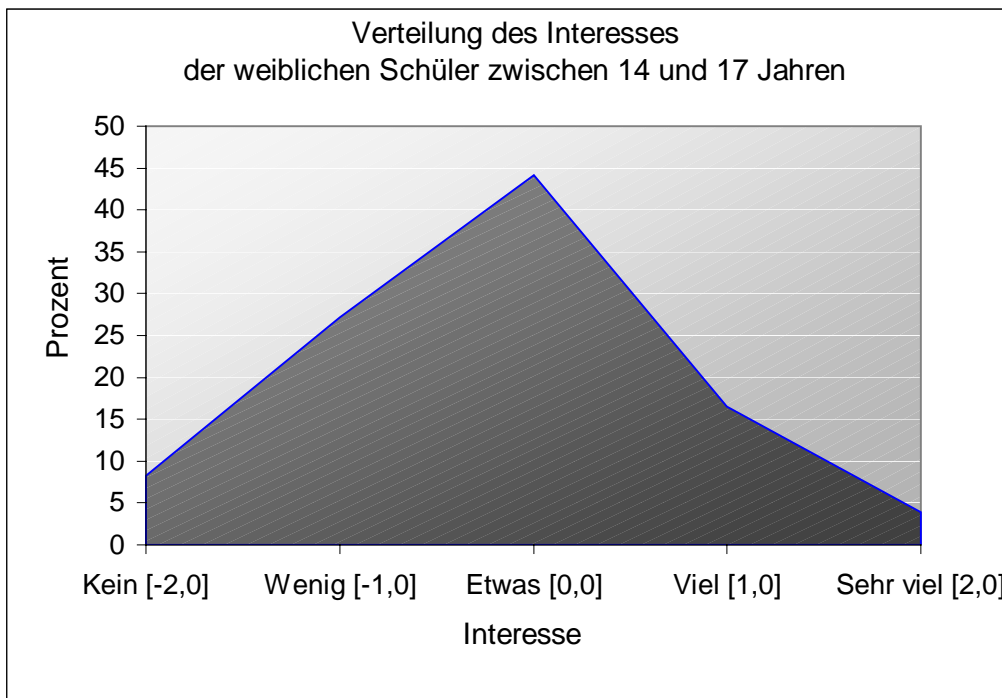
| | Mus [♀] | | Mus [♂] | | Sch ^{1♀} | | Sch ^{1♂} | |
|------------------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 2 | 0,8 | 4 | 2,8 | 31 | 6,7 | 75 | 18,5 |
| (b) Wenig [-1,0] | 8 | 3,4 | 7 | 4,9 | 80 | 17,2 | 51 | 12,6 |
| (c) Etwas [0,0] | 46 | 19,4 | 29 | 20,1 | 210 | 45,3 | 138 | 34,1 |
| (d) Viel [1,0] | 145 | 61,2 | 82 | 56,9 | 92 | 19,8 | 72 | 17,8 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 36 | 15,2 | 22 | 15,3 | 51 | 11,0 | 69 | 17,0 |
| Σ | 237 | 100,0 | 144 | 100,0 | 464 | 100,0 | 405 | 100,0 |
| Arithmetisches Mittel | 0,87 | | 0,62 | | 0,11 | | 0,02 | |

¹: ohne Schüler(innen) des Abendgymnasiums

| | Sch [♀] Alt14-17 | | Sch [♂] Alt14-17 | | Gru4 [♀] | | Gru4 [♂] | |
|------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 17 | 8,3 | 48 | 31,2 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 56 | 27,2 | 24 | 15,6 | 0 | 0,0 | 1 | 5,9 |
| (c) Etwas [0,0] | 91 | 44,2 | 44 | 28,6 | 12 | 63,2 | 10 | 58,8 |
| (d) Viel [1,0] | 34 | 16,5 | 26 | 16,9 | 1 | 5,3 | 1 | 5,9 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 8 | 3,9 | 12 | 7,8 | 6 | 31,6 | 5 | 29,4 |
| Σ | 206 | 100,0 | 154 | 100,0 | 19 | 100,0 | 17 | 100,0 |
| Arithmetisches Mittel | -0,19 | | -0,45 | | 0,68 | | 0,59 | |

¹: ohne Schüler(innen) des Abendgymnasiums

| | Abe [♀] | | Abe [♂] | |
|------------------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 4 | 14,8 | 5 | 21,7 |
| (b) Wenig [-1,0] | 3 | 11,1 | 9 | 39,1 |
| (c) Etwas [0,0] | 16 | 59,3 | 8 | 34,8 |
| (d) Viel [1,0] | 2 | 7,4 | 1 | 4,3 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 2 | 7,4 | 0 | 0,0 |
| Σ | 27 | 100,0 | 23 | 100,0 |
| Arithmetisches Mittel | -0,30 | | -0,78 | |



Bei den Museumsbesuchern sind die Verteilungen des generellen Interesses bei weiblichen und männlichen Besuchern sehr ähnlich. Bei in Schulen befragten Schülerinnen und Schülern zeigen sich jedoch, besonders bei 14- bis 17-jährigen erhebliche Unterschiede. Sind Mädchen eher durchschnittlich interessiert, offenbart sich bei Jungen eine wesent-

lich deutlichere Differenzierung in Interessierte und Nicht-Interessierte, wobei letztere Gruppe knapp ein Drittel aller befragten Schüler ausmacht. Bei allen hier untersuchten Teilgruppen weist das Arithmetische Mittel die weiblichen Befragten stets als (in der Gesamtheit) durchschnittlich stärker interessiert als die männlichen Befragten aus.

Abschnitt 8 Besuchsrahmen

**Frage: In welchem Rahmen würden Sie eine Ausstellung zur Vogelwelt besuchen?
(Mehrfachankreuzen möglich) [Gesamtauswertung]**

| | Mus | | Sch ¹ | | Abe | | Leh | | Σ | |
|-----------------------------|------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-------------|-----------------|
| | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² |
| (a) Privat / mit Familie | 339 | 89,9 | 328 | 38,9 | 18 | 40,0 | 16 | 72,7 | 689 | 54,2 |
| (b) Klassen-/Gruppen-Ausfl. | 87 | 23,1 | 720 | 85,4 | 34 | 75,6 | 19 | 86,4 | 846 | 66,6 |
| Ohne Antwort | 10 | 2,7 | 30 | 3,6 | 5 | 11,1 | 0 | 0,0 | 45 | 3,5 |
| Σ (Gruppe) | 377 | 100,0 | 843 | 100,0 | 45 | 100,0 | 22 | 100,0 | 1271 | 100,0 |

¹: ohne Schüler(innen) des Abendgymnasiums

²: Die Aufaddierung der Einzelwerte ergibt von 100 Prozent abweichende Wert, da die Befragten auch beide Auswahlantworten ankreuzen durften.

**Frage: In welchem Rahmen würden Sie eine Ausstellung zur Vogelwelt besuchen?
(Mehrfachankreuzen möglich) [Einzelauswertung von Fragebögen der Schüler(innen)]**

| | Gru4 | | Hau5-10 | | Reg5-10 | | Rea5-10 | |
|-----------------------------|-----------|-----------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|------------|-----------------|
| | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² |
| (a) Privat / mit Familie | 23 | 63,9 | 49 | 39,5 | 44 | 47,8 | 54 | 42,5 |
| (b) Klassen-/Gruppen-Ausfl. | 23 | 63,9 | 113 | 91,1 | 76 | 82,6 | 102 | 80,3 |
| Ohne Antwort | 0 | 0,0 | 3 | 2,4 | 5 | 5,4 | 12 | 9,4 |
| Σ (Gruppe) | 36 | 100,0 | 124 | 100,0 | 92 | 100,0 | 127 | 100,0 |

| | Ges5-10 | | Gym5-10 | | Gym11-13 | |
|-----------------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|
| | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² |
| (a) Privat / mit Familie | 73 | 39,7 | 63 | 32,0 | 22 | 26,5 |
| (b) Klassen-/Gruppen-Ausfl. | 154 | 83,7 | 175 | 88,8 | 77 | 92,8 |
| Ohne Antwort | 2 | 1,1 | 6 | 3,1 | 2 | 2,4 |
| Σ (Gruppe) | 184 | 100,0 | 197 | 100,0 | 83 | 100,0 |

²: Die Aufaddierung der Einzelwerte ergibt von 100 Prozent abweichende Wert, da die Befragten auch beide Auswahlantworten ankreuzen durften.

Um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Schulen, außer Grundschule, zu erlauben, wurden zunächst nur Schüler der Klassen 5 bis 10 (Sekundarstufe I) zusammengefasst. Die im Gymnasium in den Jahrgangsstufen 11 bis 13 ermittelten Daten sind in daher in einer eigenen Datenspalte angegeben. Deutlich wird,

dass wesentlich mehr Schüler der Sekundarstufe I eine VogelWelten-Ausstellung im Rahmen einen Klassen- oder Gruppenausflugs als privat besuchen möchten. Eine deutlich erkennbare Abhängigkeit mit der jeweils besuchten Schulform scheint es nicht zu geben.

| | Sch Alt9-10 | | Sch Alt11-13 | | Sch Alt14-17 | | Sch Alt18-21 | |
|-----------------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² | TZ | PS ² |
| (a) Privat / mit Familie | 37 | 74,0 | 189 | 46,7 | 89 | 26,2 | 13 | 27,1 |
| (b) Klassen-/Gruppen-Ausfl. | 34 | 68,0 | 342 | 84,4 | 299 | 87,9 | 45 | 93,8 |
| Ohne Antwort | 1 | 2,0 | 5 | 1,2 | 22 | 6,5 | 2 | 4,2 |
| Σ (Gruppe) | 50 | 100,0 | 405 | 100,0 | 340 | 100,0 | 48 | 100,0 |

²: Die Aufaddierung der Einzelwerte ergibt von 100 Prozent abweichende Wert, da die Befragten auch beide Auswahlantworten ankreuzen durften.

| | Mus Schüler | | Mus Nicht-Schüler | |
|-----------------------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | TZ | PS ² | TZ | PS ² |
| (a) Privat / mit Familie | 62 | 76,5 | 277 | 93,6 |
| (b) Klassen-/Gruppen-Ausfl. | 30 | 37,0 | 57 | 19,3 |
| Ohne Antwort | 0 | 0,0 | 10 | 3,4 |
| Σ (Gruppe) | 81 | 100,0 | 296 | 100,0 |

²: Die Aufaddierung der Einzelwerte ergibt von 100 Prozent abweichende Wert, da die Befragten auch beide Auswahlantworten ankreuzen durften.

Der Vergleich von Schülern (in Schulen) verschiedenen Altersstufen zeigt mit zunehmendem Alter eine klare Verschiebung der bevorzugten Besuchsform weg vom Museumsbesuch mit der Familie im privaten Rahmen hin zu einem Gruppen- beziehungsweise Klassenbesuch. Möchten Schüler zwischen 9 und 10 Jahren noch lieber mit der Familie zu einer VogelWelten-Ausstellung, möchten über 90

Prozent der 18- bis 21-jährigen Schüler lieber mit der Klasse kommen.

Die privat ins Museum Koenig gekommenen und befragten Besucher geben mehrheitlich an, lieber privat mit der Familie als in einer Gruppe zu kommen. Dies gilt, wenn auch in abgeschwächter Form, auch für Schüler, die das Museum privat aufgesucht haben.

Abschnitt 9 Interessen der Befragten nach Themenschwerpunkten

In diesem Abschnitt wird dargestellt, für welche Themenschwerpunkte sich die Befragten besonders interessieren. Um festzustellen, wie hoch das Interesse von Schülern der Primarstufe (Jahrgangsstufe 4), der Sekundarstufe I (Jahrgangsstufen 5-10) und der Sekundarstufe II (11-13) an bestimmten Themen ist, sind Schüler hier in diese drei Kategorien einge-

teilt. (Die Museumsschule könnte Schulstufen-adäquate spezielle Angebote für besonders beliebte Themenschwerpunkte entwickeln und anbieten.)

Neben den arithmetische Mittelwerten für die einzelnen Gruppen sind auch Gesamtmittelwerte für alle in Schulen befragte Schüler angegeben.

Insekten, Mäuse, Blütennektar – Ernährung von Vögeln

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 18 | 5,0 | 4 | 11,4 | 177 | 24,0 | 19 | 14,3 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 72 | 20,1 | 7 | 20,0 | 190 | 25,8 | 53 | 39,9 | 0 | 0,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 130 | 36,2 | 17 | 48,6 | 235 | 31,8 | 47 | 35,3 | 3 | 15,8 |
| (d) Viel [1,0] | 96 | 26,7 | 2 | 5,7 | 103 | 14,0 | 11 | 8,3 | 13 | 68,4 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 43 | 12,0 | 5 | 14,3 | 33 | 4,5 | 3 | 2,3 | 3 | 15,8 |
| Σ (Gruppe) | 359 | 100,0 | 35 | 100,0 | 738 | 100,0 | 133 | 100,0 | 19 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,21 | | -0,09 | | -0,51 | | -0,56 | | 1,0 | |
| | -0,50 | | | | | | | | | |

Hochleistungsvögel – Körperbau und Muskeln

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 8 | 2,3 | 3 | 8,3 | 105 | 14,3 | 15 | 11,2 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 45 | 13,0 | 4 | 11,1 | 158 | 21,5 | 33 | 24,6 | 1 | 5,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 108 | 31,1 | 12 | 33,3 | 191 | 26,0 | 43 | 32,1 | 3 | 15,0 |
| (d) Viel [1,0] | 136 | 39,2 | 7 | 19,4 | 158 | 21,5 | 39 | 29,1 | 8 | 40,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 50 | 14,4 | 10 | 27,8 | 123 | 16,7 | 4 | 3,0 | 8 | 40,0 |
| Σ (Gruppe) | 347 | 100,0 | 36 | 100,0 | 735 | 100,0 | 134 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,50 | | 0,47 | | 0,05 | | -0,12 | | 1,15 | |
| | 0,04 | | | | | | | | | |

Federn – Flügel – Flugtechnik (Vogelflug)

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 4 | 1,1 | 3 | 8,3 | 97 | 13,2 | 10 | 7,5 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 41 | 11,4 | 4 | 11,1 | 112 | 15,2 | 26 | 19,4 | 1 | 5,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 102 | 28,3 | 10 | 27,8 | 206 | 28,0 | 46 | 34,3 | 4 | 20,0 |
| (d) Viel [1,0] | 130 | 36,0 | 12 | 33,3 | 192 | 26,1 | 37 | 27,6 | 7 | 35,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 84 | 23,3 | 7 | 19,4 | 129 | 17,5 | 15 | 11,2 | 8 | 40,0 |
| Σ (Gruppe) | 361 | 100,0 | 36 | 100,0 | 736 | 100,0 | 134 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,69 | | 0,44 | | 0,20 | | 0,16 | | 1,1 | |
| | 0,20 | | | | | | | | | |

Laufen, Schwimmen, Tauchen (Fortbewegung)

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 2 | 0,6 | 3 | 8,8 | 97 | 13,2 | 11 | 8,2 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 31 | 8,8 | 3 | 8,8 | 109 | 14,9 | 31 | 23,1 | 1 | 5,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 92 | 26,1 | 7 | 20,6 | 220 | 30,0 | 54 | 40,3 | 5 | 25,0 |
| (d) Viel [1,0] | 149 | 42,3 | 7 | 20,6 | 182 | 24,8 | 33 | 24,6 | 8 | 40,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 78 | 22,2 | 14 | 41,2 | 126 | 17,2 | 5 | 3,7 | 6 | 30,0 |
| Σ (Gruppe) | 352 | 100,0 | 34 | 100,0 | 734 | 100,0 | 134 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,77 | | 0,76 | | 0,18 | | -0,07 | | 0,95 | |
| | 0,16 | | | | | | | | | |

Flugunfähige Vögel wie Strauß und Nandu

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 13 | 3,7 | 6 | 16,7 | 146 | 20,0 | 14 | 10,7 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 48 | 13,6 | 7 | 19,4 | 173 | 23,6 | 31 | 23,7 | 2 | 10,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 123 | 34,8 | 9 | 25,0 | 207 | 28,3 | 41 | 31,3 | 10 | 50,0 |
| (d) Viel [1,0] | 121 | 34,3 | 9 | 25,0 | 136 | 18,6 | 32 | 24,4 | 5 | 25,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 48 | 13,6 | 5 | 13,9 | 70 | 9,6 | 13 | 9,9 | 3 | 15,0 |
| Σ (Gruppe) | 353 | 100,0 | 36 | 100,0 | 732 | 100,0 | 131 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,41 | | 0,00 | | -0,26 | | -0,01 | | 0,45 | |
| | -0,21 | | | | | | | | | |

Fernwanderungen der Vögel (Vogelzug)

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 8 | 2,2 | 6 | 16,7 | 167 | 22,9 | 17 | 12,8 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 28 | 7,8 | 4 | 11,1 | 188 | 25,7 | 28 | 21,1 | 0 | 0,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 86 | 23,8 | 11 | 30,6 | 196 | 26,8 | 43 | 32,3 | 4 | 20,0 |
| (d) Viel [1,0] | 120 | 33,2 | 9 | 25,0 | 135 | 18,5 | 34 | 25,6 | 11 | 55,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 119 | 33,0 | 6 | 16,7 | 45 | 6,2 | 11 | 8,3 | 5 | 25,0 |
| Σ (Gruppe) | 361 | 100,0 | 36 | 100,0 | 731 | 100,0 | 133 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,87 | | 0,14 | | -0,41 | | -0,05 | | 1,05 | |
| | -0,33 | | | | | | | | | |

Balz – Nestbau – Küken (Fortpflanzung)

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 4 | 1,1 | 3 | 8,6 | 116 | 15,8 | 17 | 12,8 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 35 | 9,9 | 3 | 8,6 | 126 | 17,2 | 35 | 26,3 | 2 | 9,1 |
| (c) Etwas [0,0] | 88 | 24,9 | 7 | 20,0 | 203 | 27,7 | 43 | 32,3 | 5 | 22,7 |
| (d) Viel [1,0] | 132 | 37,4 | 10 | 28,6 | 176 | 24,0 | 30 | 22,6 | 11 | 50,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 94 | 26,6 | 12 | 34,3 | 112 | 15,3 | 8 | 6,0 | 4 | 18,2 |
| Σ (Gruppe) | 353 | 100,0 | 35 | 100,0 | 733 | 100,0 | 133 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,44 | | 0,71 | | 0,06 | | -0,17 | | 0,77 | |
| | 0,05 | | | | | | | | | |

Wie lernen Vögel? Werkzeuggebrauch bei Vögeln

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 7 | 2,0 | 1 | 2,9 | 104 | 14,2 | 10 | 7,5 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 22 | 6,2 | 5 | 14,3 | 125 | 17,0 | 24 | 17,9 | 0 | 0,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 80 | 22,7 | 9 | 25,7 | 157 | 21,4 | 46 | 34,3 | 9 | 40,9 |
| (d) Viel [1,0] | 128 | 36,3 | 7 | 20,0 | 206 | 28,1 | 42 | 31,3 | 8 | 36,4 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 116 | 32,9 | 13 | 37,1 | 142 | 19,4 | 12 | 9,0 | 5 | 22,7 |
| Σ (Gruppe) | 353 | 100,0 | 35 | 100,0 | 734 | 100,0 | 134 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,92 | | 0,74 | | 0,21 | | 0,16 | | 0,82 | |
| | 0,23 | | | | | | | | | |

Vom Dino zum Vogel (Entwicklungsgeschichte)

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 13 | 3,7 | 1 | 2,8 | 102 | 13,8 | 16 | 12,1 | 2 | 10,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 29 | 8,3 | 3 | 8,3 | 102 | 13,8 | 25 | 18,9 | 2 | 10,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 74 | 21,2 | 2 | 5,6 | 145 | 19,6 | 39 | 29,6 | 3 | 15,0 |
| (d) Viel [1,0] | 103 | 29,5 | 5 | 13,9 | 178 | 24,1 | 34 | 25,8 | 9 | 45,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 130 | 37,3 | 25 | 69,4 | 212 | 28,7 | 18 | 13,6 | 4 | 20,0 |
| Σ (Gruppe) | 349 | 100,0 | 36 | 100,0 | 739 | 100,0 | 132 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,88 | | 1,39 | | 0,40 | | 0,10 | | 0,55 | |
| | 0,40 | | | | | | | | | |

„Beruf“ der Vögel (Merkmale einzelner Vogelarten, Einnischung)

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 7 | 2,0 | 4 | 11,4 | 143 | 19,6 | 21 | 16,1 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 40 | 11,7 | 5 | 14,3 | 161 | 22,1 | 36 | 27,7 | 0 | 0,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 125 | 36,4 | 11 | 31,4 | 205 | 28,2 | 41 | 31,5 | 5 | 25,0 |
| (d) Viel [1,0] | 114 | 33,2 | 8 | 22,9 | 150 | 20,6 | 26 | 20,0 | 5 | 25,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 57 | 16,6 | 7 | 20,0 | 69 | 9,5 | 6 | 4,6 | 10 | 50,0 |
| Σ (Gruppe) | 343 | 100,0 | 35 | 100,0 | 728 | 100,0 | 130 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,51 | | 0,26 | | -0,22 | | -1,33 | | 1,25 | |
| | -0,30 | | | | | | | | | |

Vögel im Wald und am See (Lebensräume und -gemeinschaften)

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 3 | 0,8 | 5 | 15,2 | 137 | 19,7 | 23 | 17,7 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 31 | 8,6 | 5 | 15,2 | 180 | 25,9 | 45 | 34,1 | 1 | 4,6 |
| (c) Etwas [0,0] | 96 | 26,7 | 13 | 39,4 | 199 | 28,6 | 38 | 28,8 | 6 | 27,3 |
| (d) Viel [1,0] | 142 | 39,5 | 2 | 6,1 | 117 | 16,8 | 20 | 15,2 | 9 | 40,9 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 87 | 24,2 | 8 | 24,2 | 63 | 9,1 | 6 | 4,6 | 6 | 27,3 |
| Σ (Gruppe) | 359 | 100,0 | 33 | 100,0 | 696 | 100,0 | 132 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,78 | | 0,09 | | -0,30 | | -0,45 | | 0,90 | |
| | -0,31 | | | | | | | | | |

Der Vogel in der Menschenwelt

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 7 | 1,9 | 5 | 15,2 | 138 | 19,1 | 15 | 11,4 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 18 | 5,0 | 6 | 18,2 | 160 | 22,1 | 35 | 26,7 | 4 | 20,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 103 | 28,5 | 14 | 42,4 | 205 | 28,3 | 44 | 33,6 | 7 | 35,0 |
| (d) Viel [1,0] | 146 | 40,4 | 3 | 9,1 | 133 | 18,4 | 26 | 19,9 | 7 | 35,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 87 | 24,1 | 5 | 15,2 | 88 | 12,2 | 11 | 8,4 | 2 | 10,0 |
| Σ (Gruppe) | 361 | 100,0 | 33 | 100,0 | 724 | 100,0 | 131 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,80 | | -0,09 | | -0,18 | | -0,13 | | 0,35 | |
| | -0,17 | | | | | | | | | |

Wie kann ich Vögeln helfen? Vogelschutz

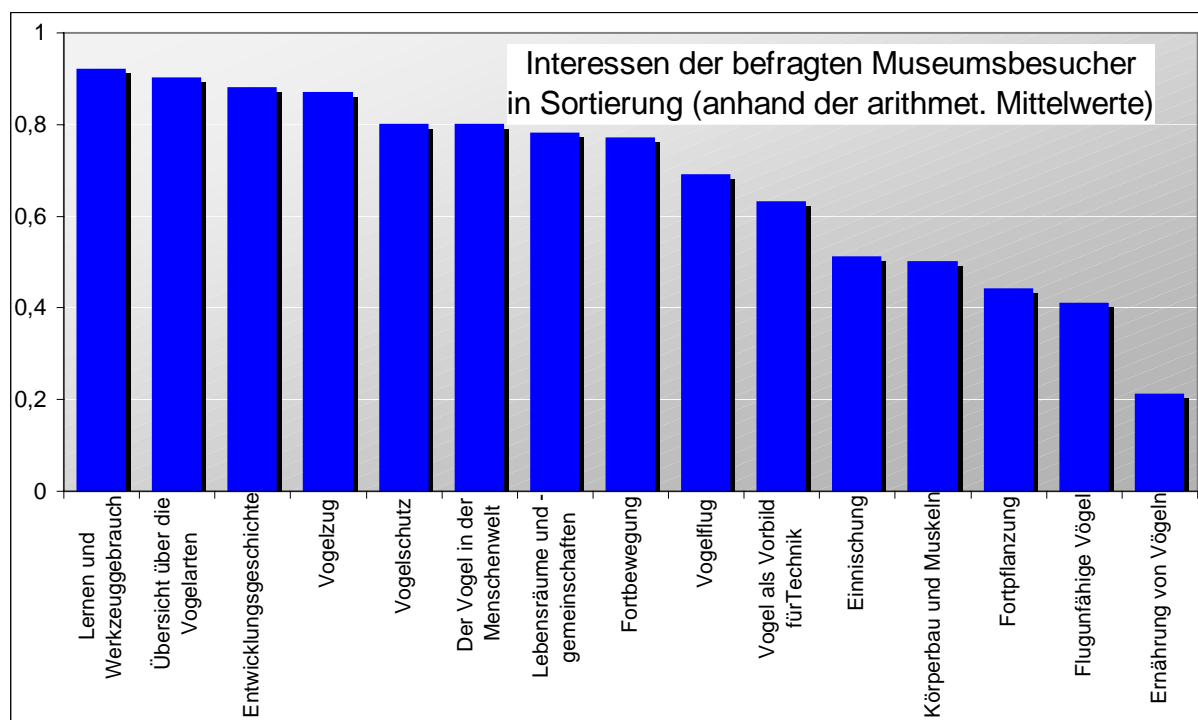
| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 10 | 2,8 | 3 | 8,8 | 108 | 15,0 | 15 | 11,4 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 20 | 5,6 | 5 | 14,7 | 94 | 13,0 | 27 | 20,5 | 0 | 0,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 90 | 25,4 | 13 | 38,2 | 182 | 25,2 | 47 | 35,6 | 9 | 45,0 |
| (d) Viel [1,0] | 145 | 40,9 | 5 | 14,7 | 167 | 23,1 | 27 | 20,5 | 11 | 55,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 90 | 25,4 | 8 | 23,5 | 171 | 23,7 | 16 | 12,1 | 0 | 0,0 |
| Σ (Gruppe) | 355 | 100,0 | 34 | 100,0 | 722 | 100,0 | 132 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,80 | | 0,29 | | 0,28 | | 0,02 | | 0,55 | |
| | 0,24 | | | | | | | | | |

Der Vogel als Vorbild für die Technik

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 9 | 2,6 | 4 | 11,1 | 119 | 16,7 | 8 | 6,0 | 0 | 0,0 |
| (b) Wenig [-1,0] | 33 | 9,7 | 6 | 16,7 | 149 | 20,9 | 27 | 20,1 | 2 | 10,0 |
| (c) Etwas [0,0] | 109 | 32,0 | 9 | 25,0 | 195 | 27,4 | 34 | 25,4 | 5 | 25,0 |
| (d) Viel [1,0] | 114 | 33,4 | 9 | 25,0 | 142 | 19,9 | 39 | 29,1 | 8 | 40,0 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 76 | 22,3 | 8 | 22,2 | 108 | 15,2 | 26 | 19,4 | 5 | 25,0 |
| Σ (Gruppe) | 341 | 100,0 | 36 | 100,0 | 713 | 100,0 | 134 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,63 | | 0,31 | | -0,04 | | 0,36 | | 0,80 | |
| | 0,03 | | | | | | | | | |

Was für Vögel gibt es? Übersicht über die Vogelarten

| | Mus | | Gru4 | | Sch5-10 | | Sch11-13 | | Leh | |
|-------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Kein [-2,0] | 7 | 2,0 | 4 | 11,1 | 95 | 13,1 | 14 | 10,4 | 2 | 11,1 |
| (b) Wenig [-1,0] | 19 | 5,4 | 4 | 11,1 | 100 | 13,7 | 28 | 20,7 | 5 | 27,8 |
| (c) Etwas [0,0] | 75 | 21,5 | 7 | 19,4 | 203 | 27,9 | 39 | 28,9 | 7 | 38,9 |
| (d) Viel [1,0] | 148 | 42,4 | 5 | 13,9 | 158 | 21,7 | 35 | 25,9 | 2 | 11,1 |
| (e) Sehr viel [2,0] | 100 | 28,6 | 16 | 44,4 | 172 | 23,6 | 19 | 14,1 | 2 | 11,1 |
| Σ (Gruppe) | 349 | 100,0 | 36 | 100,0 | 728 | 100,0 | 135 | 100,0 | 18 | 100,0 |
| Arithmet. Mittel | 0,90 | | 0,69 | | 0,29 | | 0,13 | | -0,44 | |
| | 0,28 | | | | | | | | | |

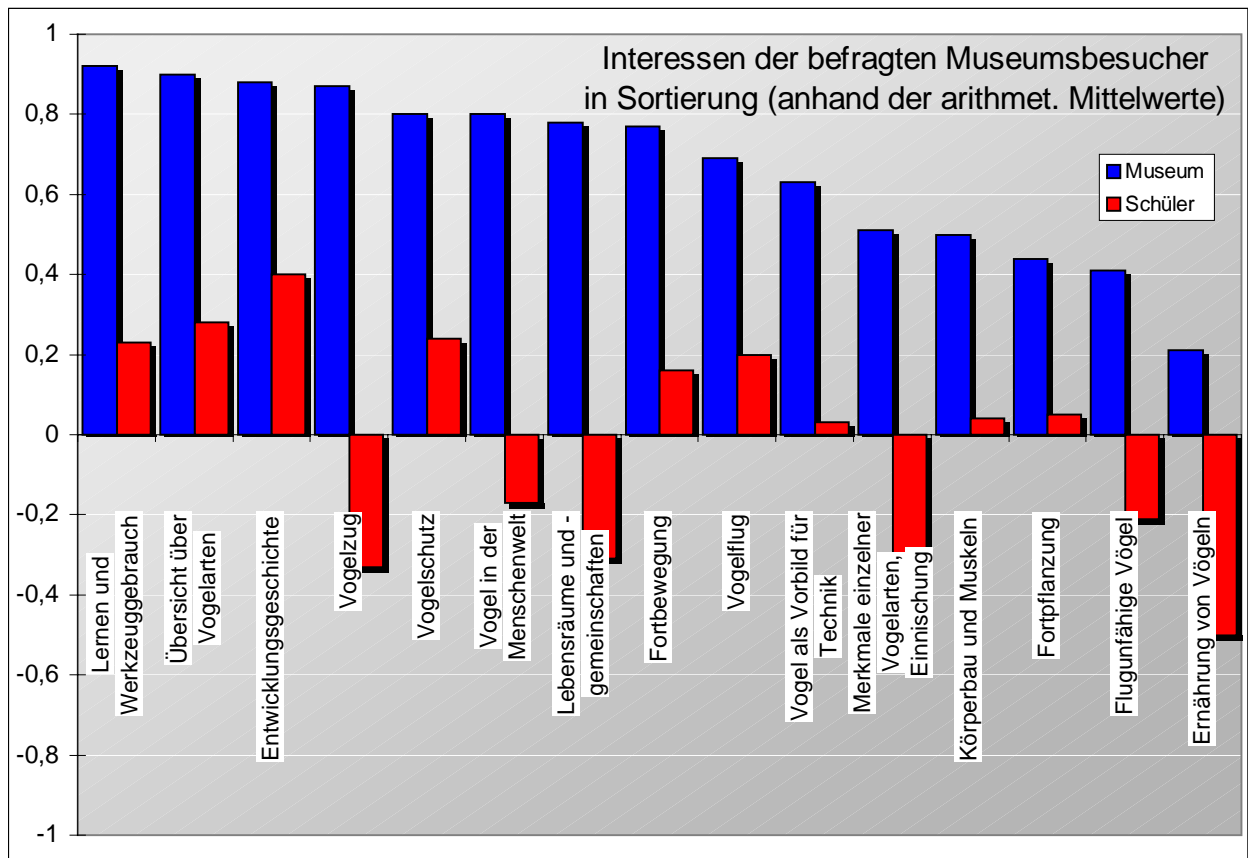


Die Auftragung der arithmetischen Mittelwerte der Einzelinteressen an den abgefragten Themenschwerpunkten zeigt, wie stark sich die befragten Museumsbesucher für die einzelnen Themenbereiche interessieren.

Wie in der Grafik ersichtlich, interessieren sich die Besucher des Museum Koenig besonders für „Lernen und Werkzeuggebrauch“, „Übersicht über Vogelarten“, „Entwicklungsgeschichte“ und „Vogelzug“. Weniger Interesse finden hingegen die Themenschwerpunkte „Ernährung von Vögeln“, „Flugunfähige Vögel“,

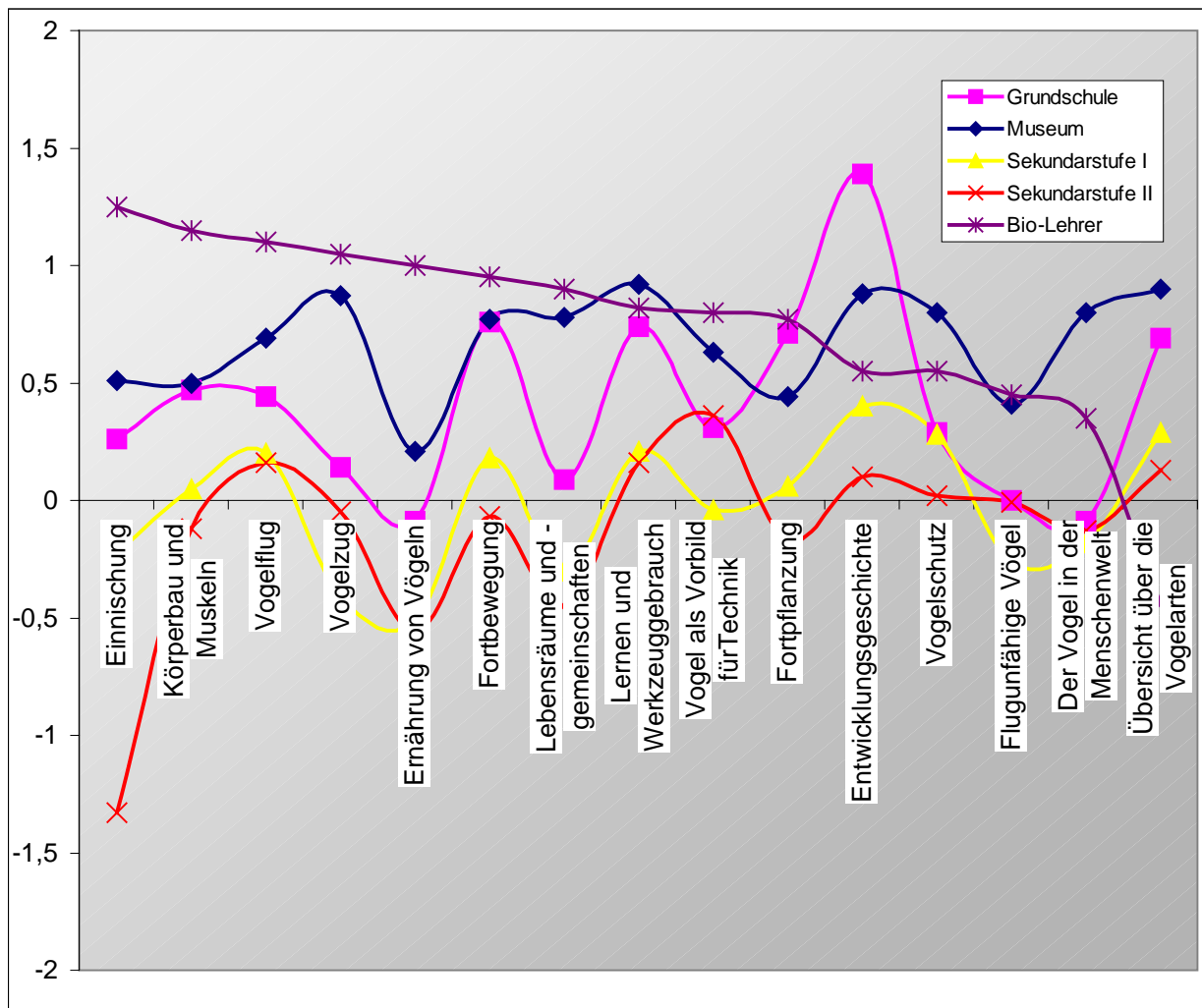
„hige Vögel“, „Fortpflanzung“ und „Körperbau und Muskeln“.

Generell kann jedoch gesagt werden, dass das Interesse an allen Themenbereichen im positiven Bereich zwischen „etwas“ und „viel“ liegt. Extreme Ablehnung und Zustimmung findet sich hingegen nicht, so dass ein Ausschließen bestimmter Themen nicht erfolgen darf. Alle Themen sollten daher Bestandteil einer VogelWelten-Ausstellung sein, auch wenn sich der jeweils vorzusehende Umfang am Interessensindex orientiert.



Werden jedoch in eine Grafik (siehe oben) jedoch sowohl die Themenschwerpunkt-Interessen der Museumsbesucher und der Schüler aufgetragen, zeigt sich das allgemein wesentlich niedriger einzustufende Interesse der (in Schulen befragten) Schülerinnen und Schüler, aber auch Unterschiede in der Beliebtheitsskala der Themen. Bei Schülern

werden auch negative Mittelwerte erreicht, so dass bei diesen Themen schon von einer Abneigung gesprochen werden kann. Dennoch liegen auch die ermittelten Werte immer zwischen „wenig“ und „viel“ Interesse. Eine völlige Ablehnung bestimmter Inhalte ist daher auch bei ihnen nicht gegeben.



Werden die berechneten arithmetischen Mittelwerte für die Einzelgruppen Primarschüler (Grundschule), Sekundarstufe I-Schüler, Sekundarstufe II-Schüler, Museumsbesucher und Biologie-Lehrer in eine gemeinsame Kurvengrafik eingetragen, lässt sich feststellen, dass zwar das durchschnittliche Interesse (arithmetischer Mittelwert) an den einzelnen Themenschwerpunkten oft in der Reihenfolge Biologie-Lehrer, Museumsbesucher, Primarschüler, Sekundarstufe I-Schüler und Sekundarstufe II-Schüler abnimmt, jedoch in vielen Fällen Übereinstimmungen der Kurvenverläufe herrschen – mit Ausnahme der Biologie-Lehrer.

Die Interessenskurve der befragten Biologie-Lehrer zeigt einen gänzlich anderen Verlauf

als die aller anderen befragten Gruppen (Zur Beachtung: Statistische Repräsentativität liegt jedoch nicht vor!). Bei ihnen herrscht großes Interesse an übergeordneten Themen wie der Einnischung oder der Physiologie. Themen, die „praktischer“ oder „beobachtender“ Natur sind, wie der Vogelschutz, der Vogel in der Menschenwelt oder die Übersicht über die Vogelwelt, finden hingegen ein deutlich vermindertes Interesse. Die Übersicht über die Vogelwelt und damit die Artenvielfalt als Thema werden sogar eher abgelehnt. Dies steht im Widerspruch zu allen anderen befragten Gruppen. Das vergleichsweise niedrige Interesse der Lehrer an der Entwicklungsgeschichte der Vögel (Evolution) verwundert.

VI.3.4.4 WÜNSCHE, ERWARTUNGEN UND VORSTELLUNGEN

Abschnitt 1 Zusätzliche Themenwünsche

Frage: Welche Themen möchten Sie – außer den oben genannten – auf jeden Fall in einer Vogelausstellung sehen? (Nur einzelne Stichworte!)

Auf diese Frage hin wurden zahlreiche spezielle Themenwünsche geäußert, die an dieser Stelle aus Platzgründen nicht alle in ihrer konkreten Schreibweise wiedergegeben werden können. Sie lassen sich jedoch leicht in folgende Kategorien klassifizieren:

- Vogelarten bestimmter Lebensräume
- Spezielle Vogelarten und die für sie typischen Verhaltensweisen
- Anatomie, Physiologie und allgemeine Verhaltensweisen
- Bestimmung von Vögeln
- Vom Aussterben bedrohte und ausgestorbene Vogelarten sowie Vogel-, Arten und Naturschutz
- Vögel als Haus- und Nutztiere
- Rund um den Vogel

Gemäß dieser Gliederung sind die geäußerten Themenwünsche in der Schreibweise der Befragten der Einzelaufzählung zu entnehmen. Auch wenn in der Fragestellung explizit dazu aufgefordert wurde, nur diejenigen Themenwünsche zu nennen, die nicht bereits im Interessenteil angegeben waren, gaben zahlreiche der Befragten dennoch solche an. So nannten beispielsweise 70 Befragte die Thematik Fortpflanzung, auch wenn sie im Interessenteil unmissverständlich aufgeführt ist.

Jeweils in Klammern ist die Anzahl der Einzelnennungen genannt. Diese Zahl erlaubt Rückschlüsse auf das Interesse, das der jeweiligen Thematik beigemessen wird. Dies wiederum findet bei der Konzeption der VogelWelten-Ausstellung seine Berücksichtigung. Insbesondere Greifvögel und ihre Jagdtechniken, Kolibris, heimische Vogelarten, Fortpflanzung, Lauterzeugung, Skelett, Flugtechnik, Nahrungsspektrum und Schnabelformen, Urvögel, bedrohte oder ausgestorbene Vogelarten, Vogelschutz sowie die Vogelhaltung nennen die befragten Schüler, Museums-

besucher und Lehrer als Themen, die daher in der geplanten VogelWelten-Ausstellung entsprechend aufbereitet werden, soweit möglich.

Spezielle Vogelarten und die für sie typischen Verhaltensweisen

- Greifvögel (30)
 - Adler (18)
 - Falke (5)
 - Eule (4)
 - Bussard (3)
 - Fischadler (3)
 - Geier (3)
 - Steinadler (2)
 - Milan (1)
 - Sperber (1)
 - Weißkopfseeadler (1)
- Papageien (3)
 - Wellensittich (2)
 - Ziegensittich (2)
 - Nymphensittich (1)
- Sonstige Vogelarten
 - Kolibri (16)
 - Die größte, kleinste, schönste und schnellste Vogelart (6)
 - Kondor (4)
 - Flugunfähige Vögel (3)
 - Strauß (3)
 - Pinguin (4)
 - Spatz (3)
 - Albatros (2)
 - Madenhacker (2)
 - Rotkehlchen (2)
 - Amsel (1)
 - Eisvogel (1)
 - Enten (1)
 - Kranich (1)
 - Möwe (1)
 - Nachtigall (1)
 - Paradiesvogel (1)
 - Pelikan (1)
 - Pfau (1)
 - Specht (1)

Vogelarten bestimmter Lebensräume

- Heimische Vögel (28)
- Vogelarten des Regenwaldes (8)
- Wasservogel (7)
- Meeresvögel (2)
- Vogelarten extremer Lebensräume (1)
- Vogelarten der Alpen (1)

Anatomie, Physiologie und allgemeine Verhaltensweisen (5)

- Fortpflanzung (Balz, Nestbau, Schlüpfen, Küken) (70)
- Lauterzeugung (32)
- Skelett (und Körperbau) (30)
- Flugtechnik der Vögel (25)
- Ernährung (Nahrungsspektrum und Schnabelformen) (25)
- Evolution (Urvogel und Entwicklung) (24)
- Jagdtechnik (bei Greifvögeln) (16)
- Systematik, Artenzahl (11)
- Fortbewegung (10)
- Intelligenz (Lernen, Dressur, Prägung, Sprechen können) (10)
- Vogelzug (9)
- Gefieder(farben) (9)
- Eier (7)
- Überleben im Winter (5)
- Fliegen lernen (5)
- Wie alt können Vögel werden? (5)
- Sozialverhalten (4)
- Krankheiten der Vögel (3)

- Revierverhalten (3)
- Sinne (1)
- Rangordnung (1)
- Aggression bei Vögeln (1)
- Symbiose (1)

Bestimmung von Vögeln (Bestimmungsmerkmale) (4)

Vom Aussterben bedrohte und ausgestorbene Vogelarten sowie Vogel-, Arten und Naturschutz (30)

- Nistkästen (Bauweise, Anbringungsort) (4)
- Fütterung von Vogelarten (was, wann und wie) (2)
- Hilfe für verwaiste Jungvögel oder verletzte, hilflose Vögel (4)

Vögel als Haus- und Nutztiere (3)

- Verhalten und Halten in Gefangenschaft (Zucht, Haltung, Verhalten) (15)
- Brieftauben (2)

Rund um den Vogel

- Bionik (Technik vom Vogel abgesehen) (6)
- Geschichte der Vogelnamen (4)
- Mythologie und Märchen (Vogel-Fabelwesen, Symbolik) (3)
- Geschichte der Ornithologie (1)
- Kochrezepte (1)

Abschnitt 2 Erwartungen an eine Ausstellung zu Vögeln

Frage: Was erwarten Sie von einer Vogelausstellung auf jeden Fall? (Nur einzelne Stichworte!)

Auch die Antworten auf diese Frage lassen sich problemlos in Kategorien einteilen. Neben typischen Grunderwartungen, wie Wissenserwerb, Unterhaltung und Spannung, wurden auch konkrete Erwartungen an die Art der Präsentation sowie an Nebenangebote (Gastronomie, Souvenirs und Führungen) geäußert.

Die Anschaulichkeit der Ausstellung ist den Befragten besonders wichtig. Sie erwarten leicht verständliche Erklärungen, die nur wesentliche Dinge beschreiben und so eine gute Übersicht über die Welt der Vögel liefern.

Dabei legen sie beim Besuch einer Vogel-Ausstellung auf interessante und spannende Gestaltung mehr Wert als auf den Wissenserwerb, wobei auch dem Unterhaltungsfaktor eine nicht unbedeutende Rolle beigemessen

wird. Neben dem Wunsch, sich selbst aktiv in der Ausstellung betätigen zu können, wird auch auf die altersadäquate Präsentation Wert gelegt.

Konkret wünschen sich die Befragten lebende Vögel, die in großen Volieren betrachtet werden können. Auch die natürlich wirkende Darstellung von Lebensräumen mit dort heimischen Vögeln wird erwartet.

In persönlichen Bemerkungen wurde von Museumsbesuchern häufig die Savanne-Ausstellung hoch gelobt und gefragt, wann der Tropen-Teil fertiggestellt werden würde. (*Bemerkung: Der Tropen-Teil ist eigentlich fertiggestellt! Die abstrakte Darstellung wird von den Ausstellungsplanern u. a. mit Problemen bei der realitätsnahen Nachbildung von „Urwaldriesen“ begründet.*)

Gerade die abstrakte Darstellung der Tropen wird jedoch von zahlreichen Museumsbesuchern nicht verstanden. Sie vermissen die Darstellung der natürlichen Umgebung, die die besondere Vielfalt und Dichte der Tropen widerspiegelt. Daher soll und muss die geplante VogelWelten-Ausstellung dem ausgesprochenen Wunsch nach konkreten, natürlich wirkenden Lebensräumen soweit wie möglich und sinnvoll folgen.

Weiterhin werden ausgestopfte Vögel, (Funktions-)modelle, Filme sowie Fotos gewünscht. Vögel, die angefasst werden können, sind ebenfalls Erwartungen der Befragten und ermöglichen ein haptisches Erleben. Die von Einigen erwarteten Führungen sind ein Hinweis auf das Bedürfnis nach einem gelenkten Ausstellungsbesuch. Da Führungen durch das Hauspersonal nur bei zu Gruppen zusammengeschlossenen Besuchern infrage kommen, könnte das Installieren von intelligenten Führungssystemen in Betracht gezogen werden. Von der Firma Sennheiser wird beispielsweise ein GuidePort genanntes Produkt vertrieben, das es ermöglicht, auch ohne personalintensive Betreuung individuelle Führungen durchzuführen. Dabei bekommt jeder Ausstellungsbesucher (leihweise) einen Empfänger mit Kopfhörer ausgehändigt. Tritt dieser nun in die Nähe eines Ausstellungselements, registriert dies ein dort installiertes Modul und der Besucher hört über den Kopfhörer Geräusche sowie begleitende Informationen.

Grunderwartungen

- Anschaulichkeit (praxisnah, übersichtlich, gute Erklärungen, Verzicht auf Fachbegriffe, verständlich, Beschränkung aufs Wichtige) (94)
- Interessant und spannend (74)

Abschnitt 3 Spontanassoziationen zu Vögeln

Frage: Welche drei Merkmale sind für Sie die typischsten für Vögel?

Sehr viele Befragte, so zeigte die Auswertung der Evaluation, verbinden mit Vögeln immer dieselben Merkmale, die sich grob in einige Kategorien klassifizieren lassen. Der Flug mit Flügeln, der Schnabel und die Befiederung sind demnach die Merkmale, die am ehesten mit Vögeln assoziiert werden. Dabei zeigt

- Zuwachs an Wissen (54)
- Unterhaltung (Freude, Spiel und Spaß) (39)
- Eigenaktivität (Interaktiv) (23)
- Kindgerecht, altersadäquat (18)
- Größe und Vielfalt (15)
- Vollständigkeit (9)
- Freundlichkeit (7)
- Langweilig (3)
- Multimedial (3)
- Ausstellungstexte in Englisch (2)
- Wissenschaftlich (Beispielsweise Artbeschreibungen mit wissenschaftlichem Artnamen, Familie, Erstbeschreibung, etc.) (1)
- Vermittlung von Respekt der Natur gegenüber (1)

Konkrete Erwartungen an Medien und Gestaltung der Präsentation

- Lebende Vögel (in großen Volieren) (104)
- Vögel in ihrer natürlichen Umgebung darstellen (45)
- Ausgestopfte Vögel (33)
- (Funktions-)Modelle (26)
- Videos, (Kurz-)Filme (25)
- Bilder, Fotos (23)
- Vögel zum Streicheln und Anfassen (15)
- Experimente (8)
- Keine langen Texte (5)
- Texte (6)
- PC (1)

Nebenangebote

- Führungen (20)
- Bistro (8)
- Souvenirs (3)
- (Kinder-)Rallye (2)
- Personal, das man fragen kann (1)

sich eine Bevorzugung der unmittelbar optisch erkennbaren Merkmale. Der Gesang als akustischer Reiz, besondere Verhaltensweisen oder anatomische Kennzeichen werden hingegen seltener genannt. Dies verdeutlicht, wie wichtig in einer VogelWelten-Ausstellung das optische Element ist.

Darüber hinaus kann die Liste der Assoziationen Aufschluss über die Erlebens- und Erfahrungswelt der Menschen geben, an die die geplante VogelWelten-Ausstellung anknüpfen muss, möchte sie ihre Besucher erfolgreich ansprechen. Die besonders häufig genannten Merkmale der Vögel finden daher besondere Berücksichtigung und Thematisierung im Ausstellungskonzept. Da mit Vögeln bei den meisten Befragten der Flug mit Flügeln (etwa 72 Prozent aller Befragten) als Spontanassoziation angegeben wurde, wurde der Vogelflug zur Leitlinie bei der Erstellung des VogelWelten-Logos.

Spontanassoziationen zu Vögeln

- Flug mit Flügeln (944)
- Gefieder mit Federn (725)
- Schnabel (560)
- Eier (206)
- Gesang (172)
- Nest (138)
- Zweibeinig mit Krallen (95)
- Ernährung (Insekten, Würmer, Früchte, Futtersuche) (57)
- Form & Größe (34)
- Augen (34)
- (aerodynamischer) Körperbau, Skelett, Hohlknochen, Leichtbau (33)
- Einzelne Vogelarten (Möwe, Adler, Amsel, Mäusebussard, Storch, „diebische“ Elster, „frecher“ Spatz, Kolibri, Krähe, Grünfink, Taube, Eule, Rabe, Pinguin, Meise, Specht, Strauß, Wellensittich) (29)
- Brut (20)
- Schwanz (19)
- Fortbewegung (hüpfen, laufen, schwimmen, tauchen) (14)
- Farbe (18)
- bunt (12)
- Charakter, zugelegte Eigenschaften (intelligent, zierlich, frei, zerbrechlich, schreckhaft, unnahbar, schön, Eleganz, süß, ruhig, Ästhetik) (12)
- Vogelzug (11)
- Schnelligkeit (10)
- gleichwarm (6)
- „weiße Scheiße“, weißer Kot (6)
- Mauser (4)
- Überwinterung (4)
- Können sich in der Luft tot stellen (2)
- bilden Schwärme (2)
- Haustier (1)
- wechselwarm (1)
- Werkzeuggebrauch (1)

VI.3.4.5 KENNTNISSE

Einführung

Der dritte und letzte Teil der Befragung widmet sich allein der Evaluierung der vorliegenden Kenntnisse und (Wissens-)Vorstellungen innerhalb der beiden Zielgruppen.

Dieser Kenntnisstand liefert die Basis für das in der VogelWelten-Ausstellung anzusetzende Fachanspruchsniveau. Nur wenn die Präsentation zielgruppenadäquat ist, wird sie erfolgreich sein können. Ist sie in ihren Themen und Erklärungen zu kompliziert und komplex, wird der Besucher resignieren und eine eingehende Beschäftigung und Auseinandersetzung unterbleibt. Ist sie hingegen zu einfach, oberflächlich und anspruchslos, wird er sich nicht ernstgenommen und „wie ein kleines, dummes Kind behandelt“ vorkommen. Auch kann

er dem Glauben verfallen, er wisse schon alles, so dass er sich nicht nur gelangweilt fühlen, sondern auch nicht intensiv mit der Ausstellung beschäftigen wird.

Ein zweiter Evaluationsgegenstand liegt in der Untersuchung der weitverbreiteten Hypothese, dass hohes Interesse an der Thematik unmittelbar mit ebenso hohen Kenntnissen einhergehen würde. Es muss jedoch durch eine Evaluierung geklärt werden, ob und inwieweit ein solcher Zusammenhang bestehen könnte.

Ein drittes und letztes Objekt möchte in den Zielgruppen festverankerte Fehlvorstellungen und Falsch-Kenntnisse aufdecken. Werden solche gefunden, wird es erst möglich, in der geplanten VogelWelten-Ausstellung gezielt auf diese einzugehen und sie auszuräumen.

Abschnitt 1 Offene Fragestellung

Frage: Wie heißt der größte und wie der kleinste Vogel der Erde? (Körpergröße, nicht Flügelspannweite!)

Die erste Kenntnis-Frage des Fragebogens ist als offene Frage formuliert. Dies erhöht zwar den Aufwand für die statistische Auswertung erheblich, grenzt die Befragten jedoch in ihrem Antwortverhalten nicht ein. Die gegebenen Antworten sind daher in der Regel wesentlich breiter gestreut als bei geschlossenen Fragestellungen.

Dies zeigt sich auch bei der Ergebnisaufstellung der im Fragebogen formulierten Antworten. Es wurden bei der Frage nach dem größten Vogel 36 verschiedene Antworten gezählt, bei der nach dem kleinsten 38 verschiedene Antworten.

Richtige Antworten wären gewesen:

Der größte Vogel ist der **Strauß** (*Struthio camelus*).

Der kleinste Vogel ist die **Bienenelfe** (*Mellisuga helenae*). [Zusatzinfo: Die Bienenelfe ist eine nur noch in drei Populationen auf Kuba existierende Kolibri-Art.]

Den größten Vogel konnten relativ viele Befragte richtig angeben. Bei 1316 Teilnehmern der Evaluation war der Strauß von 1102 abgegebenen Antworten mit 687 Nennungen (52,2 Prozent) am häufigsten vertreten. Adler, Kondor und Albatros wurden ebenfalls öfters angeführt. In der Tat sind dies verhältnismäßig große Vögel. Fünf Befragte nannten Artnamen, die es entweder nicht gibt (Koloss) oder keine Vögel sind (Flugsaurier). Der Begriff Koloss resultiert aus einer Texttafel in der derzeitigen Vogel-Ausstellung im Museum Koenig, die die Überschrift „Koloss“ trägt und ein Skelett-Präparat des Riesenmoas beschreibt. Es lässt sich ableiten, dass Überschriften stets so gewählt werden sollten, dass Verwechslungen – wie hier mit einem möglichen Artnamen – ausgeschlossen werden können.

Von 1316 Befragten gaben bei der Frage nach der kleinsten Vogelart der Erde 1033 Antworten.

Auch hier hatte die Mehrheit die richtige Kenntnis, dass ein Kolibri der kleinste Vögel

sein müsse (insgesamt 775 Nennungen, 58,9 Prozent aller Befragten). Den exakten Artnamen „Bienenelfe“ oder „Bienenkolibri“ kannten jedoch nur 0,6 Prozent. Der Zaunkönig wurde immerhin 43-mal angegeben (3,3 Prozent). Durchaus ist der **Zaunkönig** (*Troglodytes troglodytes*) neben dem **Sommergoldhähnchen** (*Regulus ignicapillus*) einer der kleinsten heimischen Vögel. Der kleinste in Deutschland verbreitete Vogel ist jedoch das **Wintergoldhähnchen** (*Regulus regulus*). Das Goldhähnchen wurde in der Befragung nur einmal angegeben.

Wiederum wurden Artnamen genannt, die keine Vögel sind, wie Amphibien oder Flöhe, oder die es nicht gibt, wie Pikolo, Pipmatz und Felengicht.

Größter Vogel

- Große Laufvögel
 - Strauß (687)
 - Emu (19)
 - Nandu (1)
- Greifvögel, Raubvögel (1)
 - Adler (138)
 - Kondor (72)
 - Geier (27)
 - Steinadler (21)
 - Weißkopfadler (10)
 - Seeadler (8)
 - Bussard (7)
 - Aasgeier (3)
 - Greif (3)
 - Kaiseradler (2)
 - Mäusebussard (2)
 - Habicht (2)
 - Riesenbussard (1)
 - Andenkondor (1)
 - Kauz (1)
 - Falken (1)
- Albatros (41)
- Storch (23)
- Pfau (6)
- Pinguin (4)
- Kormoran (4)

- Rabe (3)
- Schwarzrabe (2)
- Möwe (2)
- Pelikan (1)
- Ente (1)
- Schwan (1)
- Papagei (1)
- Kranich (1)
- Gans (1)
- Koloss (3)
- Flugsaurier (2)

Kleinster Vogel

- Kolibri (752)
 - Bienenkolibri (8)
Info: Richtig heißt es: Bienenelfe.
 - Hummelkolibri (6), Hummelelfe (1)
 - Honigkolibri (2)
 - Flaggensylphe (3)
 - Elfenkolibri (2)
 - Zwergkolibri (2)
- Spatz (Rohrspatz) (79)
- Zaunkönig (43)
- Wellensittich (23)
- Meise (23)
- Rotkehlchen (19)

- Amsel (16)
- Kanarienvogel (6)
- Kiwi (5)
- Specht (4)
- Wachtel (4)
- Blaumeise (4)
- Kakadu (4)
- Eisvogel (3)
- Kiebitz (3)
- Feldlerche (2)
- Fink (2)
- Taube (2)
- Zebrafink (2)
- Amphibien (2)
- Pikolo (1)
- Papagei (1)
- Pipmatz (1)
- Felengicht (1)
- Blaukehlchen (1)
- Schwalbe (1)
- Pirol (1)
- Goldhähnchen (1)
- Floh (1)
- Königsvogel (1)
- Sperling (1)

Abschnitt 2 Geschlossene Fragestellungen

Die statistische Auswertung der Antworten auf die Kenntnisfragen des zweiten Abschnitts ist in drei Gruppen (Museumsbesucher, in Schulen befragte Schüler und Biologie-Lehrer) gegliedert. So werden Unterschiede im Antwortverhalten unmittelbar offenbar.

Die Auswertung zeigt, dass selbst grundlegende Kenntnisse oft nicht in allen drei Gruppen vorhanden sind.

Ist die Mauser als Begriff des Gefiederwechsels zwar bei über 80 Prozent der Museumsbesucher bekannt, sind weit mehr als die Hälfte aller Schüler aller Schüler unwissend. Auch kann davon ausgegangen werden, dass etliche der Befragten bei Auswahlantworten „nur“ zufällig richtig raten.

Der Aussage, dass alle Vögel Federn haben, stimmen weniger als ein Drittel der befragten Schüler wie Museumsbesucher zu. Auch die

Zustimmung von nicht einmal zwei Dritteln aller Biologie-Lehrer zeichnet ein Bild mangelnder Kenntnis auch bei denjenigen, die ein Biologie-Studium absolviert haben.

Selbst wenn bei relativ einfachen Fragestellungen, wie der, ob es Vögel gibt, die gleiten oder fliegen können, hohe Prozentwerte erreicht werden, muss festgestellt werden, dass es eine Gruppe Menschen gibt, die scheinbar nicht wissen, dass es flugfähige Vögel gibt (15,3 Prozent der Museumsbesucher, 10,7 Prozent der Schüler und 25,0 Prozent der Lehrer. Da die Untersuchung der Lehrer nicht eigentlicher Gegenstand der Evaluation war und in Ermangelung ausreichender Befragter keine Repräsentativität vorliegt, bleibt zu hoffen, dass dies eine Ausnahmeerscheinung ist.)

Fragen, die sich spezieller auf einzelne Arten beziehen, werden fast immer in der Mehrheit falsch beantwortet. Begebenheiten, die sich selbst im Sprachgebrauch verfestigt haben („Da hast Du mir aber ein Kuckucksei ins Nest gelegt.“, Frage: Womit füttern heimische Kuckucke ihre Junge?), sind über 70 Prozent der Schüler unbekannt. Die Frage nach der Anzahl der Zehen, die Vögel haben können (Richtig sind zwischen 2 und 4), löst allgemeine Verunsicherung aus. In einzelnen Schulklassen wurde während der Befragung heftig darüber diskutiert, auch wenn dies nicht im Sinne der Evaluation war. Das Antwortverhalten spiegelt die vorhandene Unkenntnis wider. Jeder dritte Schüler und jeder fünfte Museumsbesucher glaubt, dass alle Vögel drei Zehen haben, jeweils etwa 10 bzw. 15 Prozent geben an, es nicht zu wissen. Nur 8,4 Prozent der Schüler und 12,0 Prozent der Museumsbesucher können die Frage richtig beantworten. Auch die befragten Biologie-Lehrer schneiden schlecht ab, besonders bedauerlich, weil doch gerade die Reduzierung der Zehenzahl von 4 auf 2 bei Straußen ein „Paradebeispiel“ einer evolutiv entwickelten Analogie zu Pferden (Unpaarhufern) oder Rindern (Paarhufern) ist und somit für den Evolutionsunterricht in der Schule **heavenly gifts** wären. Basiswissen erfordern, werden erwartungsgemäß mehrheitlich falsch beantwortet.

Gängige Fehlvorstellungen treten ebenfalls in Erscheinung. So glaubt knapp mehr als ein Drittel der Museumsbesucher, fast 60 Prozent aller Schüler und immerhin bald jeder fünfte evaluierte Biologie-Lehrer, dass Strauße den Kopf in den Sand stecken, obwohl dieses Verhalten bisher nicht ein einziges Mal(!) beobachtet werden konnte (Vergleiche Kapitel II.7 Abschnitt

Morphologische und ethologische Anpassungen beim Afrikanischen Strauß). Aber dies verwundert auch nicht, da diese Klischees gerne gepflegt werden (siehe Abbildung VI.3.4.5a). Auch kann vermerkt werden, dass etliche Buch-Autoren teilweise ganze Passagen aus anderen Büchern schlicht abschreiben, ohne zu verifizieren, ob das Abgeschriebene überhaupt der Wahrheit entspricht. Selbst bei Kinder- und Jugendbüchern, die oftmals einen ersten Kontakt mit der Ornithologie herstellen, finden sich diese falschen, abgeschriebenen Inhalte. Doch gerade bei ihnen wäre die Richtigkeit und didaktische Aufarbeitung ihrer Inhalte besonders wichtig.



Abb. VI.3.4.5a Diese sehr echt aussehenden Strauße, gebaut aus Tausenden von Lego-Steinen, aufgestellt im Legoland bei Günzburg (Schwaben, Bayern), sind mit Sicherheit die einzigen, die den Kopf tief in den Sand stecken. Dennoch glauben sehr viele Menschen, dass dies ein typisches Verhalten von Straußen wäre. Dies konnte die durchgeführte Präformative Evaluation bestätigen. Ebenso wäre sonst kaum ein solches Arrangement aufgebaut worden, das im Rahmen einer „Safari-Tour“ auf kleinen schienengeführten Safari-Jeep-Elektrowagen betrachtet werden kann, und wahrscheinlich noch zur Festigung dieses Volksglaubens beiträgt.

Beispielhaft sei hier nur das Kinderbuch „Das wollen Kinder über die Tiere wissen und lernen“ (E. Beaumont, E. Paroissien: L`imagerie pourquoi comment, Les animaux, Editions Fleurus, Paris (2000), deutsche Übersetzung: F. Spatz, P. Froger, erschienen im Fleurus Verlag, Köln (2001). Ein Exemplar ist in der Museumsschule, Öffentlichkeitsarbeit im Museum Koenig vorhanden.) genannt. Die Autoren führen aus, dass sich Strauße tarnen würden, indem sie sich hinsetzen und dann den Kopf in den Sand stecken. So könnten sie von Feinden nicht mehr erkannt werden. Als Resümee der Kenntnis-Untersuchung ist zu konstatieren, dass bei keiner der evaluierten Zielgruppen von einem Basiswissen über Vögel ausgegangen werden darf. Es gibt zwar einige wenige, die über Grundlagen hinausgehende Kenntnisse haben, alle Fragen hingegen

konnte keiner der Teilnehmer der Evaluation richtig beantworten. Bemerkenswert ist, dass die drei Teilnehmer mit dem höchsten Wissen über Vögel allesamt Lehrerinnen und Lehrer des Abendgymnasiums sind. Immerhin 10 von 22 Fragen konnte ein 52-jähriger Biologie-Lehrer und zweimal 11 von 22 Fragen konnten zwei Biologie-Lehrerinnen im Alter von 44 und 52 Jahren richtig beantworten. Der großen Mehrheit der Befragten in Schule und Museum jedoch fehlt selbst ein Wissen über die typischsten Merkmale der Klasse der Vögel. Dabei zeigen sich oft nur geringe Unterschiede der Kenntnisse zwischen den einzelnen Gruppen. Allenfalls tendenziell verfügen Museumsbesucher über ein höheres Faktenwissen als in Schulen befragte Schüler.

| Was bedeutet „Rüttelflug“? | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| <i>(a) Silbermöwen rütteln die von ihnen gefangenen Fische im Flug zu Tode</i> | 7 | 1,8 | 87 | 9,5 | 0 | 0,0 |
| <i>(b) Albatrosse sparen Flugenergie, indem sie nur selten mit den Flügeln schlagen und sonst gleiten</i> | 15 | 3,9 | 78 | 8,5 | 0 | 0,0 |
| <i>(c) Kolibris können dank schneller Flügelschläge und stark drehbarer Flügel auf der Stelle fliegen</i> | 67 | 17,5 | 171 | 18,6 | 8 | 36,4 |
| <i>(d) Falken stellen sich gegen den Wind und gleichen durch Flügelschlagen die Windgeschwindigkeit aus, so dass sie auf der Stelle fliegen</i> | 128 | 33,4 | 176 | 19,1 | 10 | 45,5 |
| <i>(e) Keine Ahnung</i> | 166 | 43,3 | 407 | 44,3 | 4 | 18,2 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 919 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 128 | 33,4 | 176 | 19,1 | 10 | 45,5 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

| Welche Aufgabe hatte das Gefieder der ersten Vögel? (Mehrfachankreuzen möglich) | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| <i>(a) Fliegen</i> | 181 | 47,3 | 488 | 53,0 | 10 | 45,5 |
| <i>(b) Warmhalten</i> | 302 | 78,9 | 715 | 77,6 | 19 | 86,4 |
| <i>(c) Optische Signale ¹</i> | 81 | 21,1 | 178 | 19,3 | 3 | 13,6 |
| <i>(d) Keine Ahnung</i> | 42 | 11,0 | 101 | 11,0 | 1 | 4,6 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 921 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 155 | 40,5 | 321 | 34,9 | 11 | 50,0 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

¹: Antwort (c) wird auch als richtig anerkannt, da eine optische Signalwirkung zumindest wahrscheinlich ist.

| Was verstehen Sie unter dem Begriff Mauser? | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Greifvogel-Art, die ausschließlich Mäuse fängt | 11 | 2,9 | 180 | 19,5 | 0 | 0,0 |
| (b) Vogelart, die ähnlich wie Mäuse lebt | 6 | 1,6 | 20 | 2,2 | 0 | 0,0 |
| (c) Küken, dass das Nest gerade verlassen hat | 12 | 3,1 | 64 | 6,9 | 0 | 0,0 |
| (d) Regelmäßiger Gefieder-Wechsel | 317 | 82,8 | 363 | 39,4 | 21 | 95,5 |
| (e) Vogelart, nach dem Entdecker J. W. Mauser benannt | 2 | 0,5 | 60 | 6,5 | 0 | 0,0 |
| (f) Keine Ahnung | 35 | 9,1 | 235 | 25,5 | 1 | 4,5 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 922 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 317 | 82,8 | 363 | 39,4 | 21 | 95,5 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

| Wovon ernähren sich Kolibris? (Mehrfachankreuzen möglich) | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Würmer | 22 | 5,7 | 247 | 26,9 | 0 | 0,0 |
| (b) Blütenpollen | 183 | 47,8 | 365 | 39,7 | 8 | 36,4 |
| (c) Kleine Eidechsen | 0 | 0,0 | 50 | 5,4 | 0 | 0,0 |
| (d) Kaninchen | 0 | 0,0 | 31 | 3,4 | 0 | 0,0 |
| (e) Insekten | 75 | 19,6 | 323 | 35,1 | 3 | 13,6 |
| (f) Nektar | 284 | 74,2 | 572 | 62,2 | 22 | 100,0 |
| (g) Mäuse | 2 | 0,5 | 67 | 7,3 | 0 | 0,0 |
| (h) Keine Ahnung | 44 | 11,5 | 127 | 13,8 | 0 | 0,0 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 920 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 31 | 8,1 | 56 | 6,1 | 2 | 9,1 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

| Welche Aussagen stimmen über die Amsel? (Mehrfachankreuzen möglich) | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Ist einer der häufigsten Vögel Europas | 241 | 62,9 | 551 | 59,9 | 17 | 77,3 |
| (b) Gehört zur Familie der Fliegenschnäpper ¹ | 6 | 1,6 | 52 | 5,7 | 0 | 0,0 |
| (c) Auf dem Land häufiger als in der Stadt | 109 | 28,5 | 408 | 44,4 | 3 | 13,6 |
| (d) Wie alle Drosseln stelzen sie mit dem Schwanz | 51 | 13,3 | 128 | 13,9 | 6 | 27,3 |
| (e) Ihren Warnruf verstehen viele andere Vogelarten | 92 | 24,0 | 160 | 17,4 | 14 | 63,6 |
| (f) Weibchen sind rußschwarz, Männchen bräunlich | 138 | 36,0 | 352 | 38,3 | 5 | 22,7 |
| (g) Keine Ahnung | 66 | 17,2 | 214 | 23,3 | 1 | 4,6 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 920 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 35 | 9,1 | 19 | 2,1 | 9 | 40,9 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

¹: Antwort (b) ist je nach Systematik richtig oder falsch. Bei Sibley, Monroe (1990-93) ist die Amsel zu den Fliegenschnäppern, bei Wolters 1982 hingegen zur eigenständigen Familie der Drosseln zugeordnet. Daher wird sowohl das Ankreuzen als auch Nicht-Ankreuzen als richtig bewertet.

| Warum frieren Pinguine nicht? (Mehrfachankreuzen möglich) | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Haben eine dicke Fettschicht | 252 | 65,8 | 717 | 78,0 | 16 | 72,7 |
| (b) Wärmeerzeugung durch Muskelzittern (Gänsehaut) | 25 | 6,5 | 102 | 11,1 | 0 | 0,0 |
| (c) <i>Haben ein dichtes, wasserabweisendes Fell</i> | 92 | 24,0 | 372 | 40,5 | 4 | 18,2 |
| (d) Haben ein dichtes, wasserabweisendes Gefieder | 217 | 56,7 | 350 | 38,1 | 17 | 77,3 |
| (e) <i>Kuscheln in großen Gruppen. Das ranghöchste Tier steht in der Mitte der Gruppe</i> | 46 | 12,0 | 215 | 23,4 | 2 | 9,1 |
| (f) Kuscheln in großen Gruppen. Wechseln sich immer ab, wer außen stehen muss | 145 | 37,9 | 292 | 31,8 | 12 | 54,6 |
| (g) Daunengefieder enthält viele Luftblasen, die Wärmepolster geben | 86 | 22,5 | 169 | 18,4 | 11 | 50,0 |
| (h) <i>Haben einen speziellen Heizungskreislauf, der nur der Warmhaltung des Körpers dient</i> | 38 | 9,9 | 153 | 16,6 | 4 | 18,2 |
| (i) Blut wird auf dem Weg in die Beine abgekühlt und bei Rückfluss zum Herzen wieder aufgeheizt | 39 | 10,2 | 121 | 13,2 | 8 | 36,4 |
| (j) Pinguine atmen ihre ausgeatmete Luft teilweise wieder ein, um den Wärmeverlust zu verringern | 34 | 8,9 | 123 | 13,4 | 2 | 9,1 |
| (k) <i>Keine Ahnung</i> | 39 | 10,2 | 118 | 12,8 | 1 | 4,6 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 919 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

| Gibt es Vögel, die selbst Parasiten sind? | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Ja, gibt es | 132 | 34,5 | 166 | 18,0 | 13 | 59,1 |
| (b) <i>Nein, gibt es nicht</i> | 55 | 14,4 | 181 | 19,7 | 0 | 0,0 |
| (c) <i>Kenne den Begriff „Parasit“ nicht</i> | 18 | 4,7 | 148 | 16,1 | 0 | 0,0 |
| (d) <i>Keine Ahnung</i> | 177 | 46,3 | 426 | 46,3 | 9 | 40,9 |
| Σ (Gruppe) | 382 | 100,0 | 921 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 132 | 34,5 | 166 | 18,0 | 13 | 59,1 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

Frage: Falls ja, nennen Sie ein Beispiel!

- Kuckuck (110)
- *Auf Elefanten, Nashörnern, Nilpferden, Gnus, Antilopen oder anderen Herdentieren die Parasiten bzw. Insekten aus dem Fell picken (25)*¹
- Taube (14)
- *Auf Krokodilen zwischen den Zähnen die Parasiten wegfressen (10)*²
- Krähe (8)
- Rabe (7)
- Elster (6)
- Möwe (4)
- Fledermaus (4)
- Geier (4)
- Madenhacker (3)³
- Astartid (2)
- Kolibri (2)
- Galapagosfinken (2)
- Marabu (2)
- Milben (1)
- Zecken (1)
- Uhu (1)
- Kuckucksente (1)
- Amazonien (1)
- Kuhreiher (1)
- Honiganzeiger (1)
- Adler und alle Greifvögel (1)
- Frosch (1)
- Bussard (1)
- Amsel (1)
- Schmetterling (1)
- Insekten (1)

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

¹: Hier meinen die befragten Personen zweifelsfrei **Rotschnabel-Madenhacker** (*Buphagus erythrorhynchus*) oder **Gelbschnabel-Madenhacker** (*Buphagus africanus*). Was hier jedoch beschrieben wird, ist als Symbiose aufzufassen (siehe Bemerkung ³).

²: Hier wird fast immer angegeben, dass diese Vögel Krokodilen die Parasiten zwischen den Zähnen entfernen. Der zutreffende Arname dieses Vogels ist **Krokodilwächter** (*Pluvianus aegyptius*). Schon Aristoteles hat dieses Verhalten beschrieben. Trotzdem wird bis heute angezweifelt, ob es dieses überhaupt gibt. Eine endgültige Klärung steht daher noch aus. Es ist auf jeden Fall richtig, dass Krokodilwächter keine Scheu vor Krokodilen haben. Auch stimmt es, dass Krokodile die Krokodilwächter im geöffneten Maul laufen lassen und kein Angriffsverhalten zeigen. Sollten Krokodilwächter aber tatsächlich Parasiten zwischen den Zähnen von Krokodilen entfernen, würde jedoch eine klassische Symbiose, nicht Parasitismus vorliegen.

³: Madenhacker sind in der Regel Symbiose-Partner für Herdentiere. Dennoch konnte gelegentlich beobachtet werden, dass er bestehende Wunden offen hält und das aus ihnen austretende Blut trinkt. Madenhackern müssen somit zumindest parasitäre Züge zugesprochen werden, so dass die Nennung dieser im Zusammenhang mit der Fragestellung nicht falsch ist.

| Gibt es Vögel, die in Symbiose mit anderen Tieren leben? | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Ja, gibt es | 211 | 55,2 | 208 | 22,6 | 16 | 72,7 |
| (b) Nein, gibt es nicht | 16 | 4,2 | 49 | 5,3 | 0 | 0,0 |
| (c) Kenne den Begriff „Symbiose“ nicht | 35 | 9,2 | 343 | 37,3 | 0 | 0,0 |
| (d) Keine Ahnung | 120 | 31,4 | 320 | 34,8 | 6 | 27,3 |
| Σ (Gruppe) | 382 | 100,0 | 920 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 211 | 55,2 | 208 | 22,6 | 16 | 72,7 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

Frage: Falls ja, nennen Sie ein Beispiel!

- Auf Nilpferden, Nashörnern, Elefanten und Giraffen Insekten entfernen. (114) ¹
- Krokodilpicker, zwischen den Zähnen vom Krokodil picken (64) ²
- Madenhacker (26), Madenhocker (2) ¹
- Kuckuck (16)
- Krokodilwächter (2), Krokodilswächter (12) ²
- Kuhreiher (8)
- Pinguin (6)
- Möwe (6)
- Geier (4)
- Kolibri (4) ³
- Strauß (3)
- Flamingo (2)
- Putzerfisch (2)
- Libelle (2)
- Vögel, die Pollen mit sich tragen (2)
- Vogel, der Bären zu Bienennestern führt. Der Bär lässt dem Vogel etwas Honig übrig. (2), Vogel, der zum Bienennest fliegt und Gewinn teilt. (1)
- Honigkuckuck (1) ⁴
- Wellensittich (1)
- Mongo (1)
- Madenfalken auf Flusspferden (1) ¹
- Aufziehen fremder Küken (1)
- Fluss-Sekretär (auf Nilpferden) (1)
- Seeadler, die von Fischen in die Tiefe gerissen werden (1)
- Storch (1)
- Mause-Katze (1)
- Parasitenfressende Darwinfinken auf Riesenschildkröten (1)
- Oxpecker (1) ⁴
- Taube (1)
- Honiganzeiger (1)
- Weißer Reisvogel (1) ⁵
- Kühe (1)
- Pferde (1)

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt. Jedoch wird eine Antwort (in Grenzen) auch dann noch als richtig anerkannt, wenn das Richtige gemeint wurde.

¹: Hier meinen die befragten Personen die beiden verwandten Madenhacker-Arten, den **Rotschnabel-Madenhacker** (*Buphagus erythrorhynchus*) und den **Gelbschnabel-Madenhacker** (*Buphagus africanus*).

²: Der zutreffende Artnamen dieses Vogels ist **Krokodilwächter** (*Pluvianus aegyptius*). Falls das zu beobachtende Verhalten tatsächlich als Picken von Parasiten aufgefasst werden muss, handelt es sich um eine Symbiose.

³: Die mit dem Nektartrinken durch Kolibris verbundene Blütenbestäubung ist eine Symbiose zwischen Vogel und Pflanze, nicht zwischen Vogel und Tier. Daher muss diese Form der Symbiose hier als falsche Antwort gewertet werden.

⁴: Oxpecker ist die englische Bezeichnung für einen Madenhacker.

⁵: Einen weißen Reisvogel gibt es nicht, wohl aber einen **Reisfink** (*Padda oryzivora*). Als Plünderer von Reisfeldern ist er bei den Bauern sehr unbeliebt. Eine völlig weiße Form ist als besondere Züchtung bekannt.

| In welchen Tiergruppen gibt es oder gab es Arten, die fliegen oder in der Luft gleiten können (konnten)? (Mehrfachankreuzen möglich) | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Dinosaurier | 85 | 24,1 | 233 | 26,2 | 10 | 50,0 |
| (b) Flugsaurier | 299 | 84,7 | 765 | 86,2 | 14 | 70,0 |
| (c) Vögel | 299 | 84,7 | 793 | 89,3 | 15 | 75,0 |
| (d) Fische | 152 | 43,1 | 237 | 26,7 | 9 | 45,0 |
| (e) Insekten | 274 | 77,6 | 586 | 66,0 | 16 | 80,0 |
| (f) Eidechsen | 37 | 10,5 | 76 | 8,6 | 4 | 20,0 |
| (g) Frösche | 16 | 4,5 | 48 | 5,4 | 4 | 20,0 |
| (h) Muscheln | 0 | 0,0 | 14 | 1,6 | 0 | 0,0 |
| (i) Schnecken | 0 | 0,0 | 19 | 2,1 | 0 | 0,0 |
| (j) Beuteltiere | 44 | 12,5 | 65 | 7,3 | 6 | 30,0 |
| (k) Fledermäuse | 316 | 89,5 | 743 | 83,7 | 18 | 90,0 |
| (l) Hunde | 44 | 12,5 | 36 | 4,1 | 1 | 5,0 |
| (m) Affen | 32 | 9,1 | 75 | 8,4 | 3 | 15,0 |
| (n) Baumhörnchen ¹ | 108 | 30,6 | 341 | 38,4 | 7 | 35,0 |
| Σ (Gruppe) | 353 | 100,0 | 888 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

¹: Gleithörnchen (*Pteromyinae*) stellen neben den Erd- & Baumhörnchen (*Sciurinae*) eine eigene Unterfamilie dar, die beide zur Familie der Hörnchen (*Sciuridae*) gezählt werden. Während Gleithörnchen mit einer Flughaut gleiten können, fehlt diese den Erd- & Baumhörnchen jedoch. Daher ist die Auswahlantwort Baumhörnchen falsch.

| Wie viele Zehen haben Vögel? | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Genau 3 | 76 | 19,8 | 310 | 33,7 | 3 | 13,6 |
| (b) Genau 4 | 63 | 16,5 | 216 | 23,5 | 8 | 36,4 |
| (c) Genau 5 | 7 | 1,8 | 18 | 2,0 | 2 | 9,1 |
| (d) Zwischen 2 und 4 | 46 | 12,0 | 77 | 8,4 | 3 | 13,6 |
| (e) Zwischen 2 und 5 | 34 | 8,9 | 54 | 5,9 | 2 | 9,1 |
| (f) Zwischen 3 und 5 | 99 | 25,9 | 151 | 16,4 | 0 | 0,0 |
| (g) Keine Ahnung | 58 | 15,1 | 93 | 10,1 | 4 | 18,2 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 919 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 46 | 12,0 | 77 | 8,4 | 3 | 13,6 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

| Gibt es eine Vogelart, die keine Federn hat? | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Ja, gibt es | 65 | 17,0 | 315 | 34,2 | 0 | 0,0 |
| (b) Nein, gibt es nicht | 108 | 28,2 | 243 | 26,4 | 14 | 63,6 |
| (c) Keine Ahnung | 210 | 54,8 | 363 | 39,4 | 8 | 36,4 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 921 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 108 | 28,2 | 243 | 26,4 | 14 | 63,6 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

Frage: Falls ja, nennen Sie Sie!

- Pinguin (324)¹
- Fledermaus (14)²
- Flugsaurier (9)³
- Huhn (5)
- Kiwi (5)
- Vogelbaby (4)⁴
- Storch (2)
- Forillo (2)⁵
- Strauß (2)
- Japanischer Strauß (1)⁶
- Kakadu (1)
- Nandu (1)
- Schnabeltier (1)⁷
- Alpenschneehuhn (1)
- Beibis (1)⁵

¹: Hier wurde elfmal der ausdrückliche Hinweis geschrieben, dass Pinguine ein Fell haben würden. Dies stimmt natürlich nicht.

²: Fledermäuse sind keine Vögel.

³: Flugsaurier waren keine Vögel.

⁴: Eigentlich war nach Vogelarten gefragt.

⁵: Es gibt keine Vogelarten, die Forillo oder Beibis heißen würden.

⁶: Es gibt keinen Japanischen Strauß, nur einen Afrikanischen Strauß.

⁷: Das Schnabeltier ist keine Vogelart. Vergleiche hierzu das Kurz-Info in Kapitel II.1.3.2, Band 2, zum Schnabeltier.

| Gibt es bei uns eine Vogelart, die mitten im Winter brütet? | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Ja, gibt es | 48 | 12,6 | 140 | 15,2 | 1 | 4,6 |
| (b) Nein, gibt es nicht | 89 | 23,3 | 184 | 20,0 | 11 | 50,0 |
| (c) Keine Ahnung | 245 | 64,1 | 597 | 64,8 | 10 | 45,5 |
| Σ (Gruppe) | 382 | 100,0 | 921 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 48 | 12,6 | 140 | 15,2 | 1 | 4,6 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

Frage: Falls ja, nennen Sie Sie!

- Pinguin (73) ¹
- Rotkehlchen (11)
- Huhn (9)
- Amsel (5)
- Rabe (3)
- Schneehuhn (3)
- Schneeeule (3)
- Kreuzschnabel (3)
- Alpenschneehuhn (2)
- Krähe (2)
- Eule (2)
- Wintergoldhähnchen (2)
- Fichtenkreuzschnabel (1)
- Schneeabler (1). Info: Gemeint war wohl: Schneeadler. Aber diese Art gibt es nicht, wohl aber einen Schneebussard.
- Zaunkönig (1)
- Schneemöwe (1)
- Kiwi (1)
- Pfau (1)
- Specht (1)
- Schneetaube (1)
- Schneegans (1)
- Wildgans (1)
- Elster (1)

¹: Nur weil Schnee liegt, ist deshalb nicht gleich Winter. Außerdem war nach einer Vogelart „bei uns“ gefragt.

| Was ist wahr oder kommt bei einzelnen Vogelarten vor? (Mehrfachankreuzen möglich) | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) Prostitution bei Pinguinen | 17 | 5,0 | 129 | 14,8 | 7 | 31,8 |
| (b) Werkzeuggebrauch bei vielen Vogelarten | 197 | 57,4 | 410 | 47,0 | 14 | 63,6 |
| (c) Alle Vögel können fliegen | 36 | 10,5 | 162 | 18,6 | 2 | 9,1 |
| (d) Anstreichen von selbsterrichteten Lauben mit Farbe | 23 | 6,7 | 38 | 4,4 | 4 | 18,2 |
| (e) Bauen künstlicher Inseln in Seen | 122 | 35,6 | 183 | 21,0 | 12 | 54,6 |
| (f) Alle Vögel legen Eier | 273 | 79,6 | 615 | 70,5 | 22 | 100,0 |
| (g) Brieftauben haben ein Echolot-System ¹ | 70 | 20,4 | 250 | 28,7 | 7 | 31,8 |
| (h) Mit Schlamm und Grashalmen getöpferte Nester | 249 | 72,6 | 482 | 55,3 | 19 | 86,4 |
| (i) Brüten in Höhlen | 254 | 74,1 | 356 | 40,8 | 18 | 81,8 |
| (j) Nur Vögel haben echte Federn entwickelt | 129 | 37,6 | 292 | 33,5 | 15 | 68,2 |
| (k) Zwillinge und Drillinge in einem Ei | 61 | 17,8 | 85 | 9,8 | 4 | 18,2 |
| (l) Strauße stecken bei Gefahr den Kopf in den Sand | 118 | 34,4 | 518 | 59,4 | 4 | 18,2 |
| (m) Vögel sind wechselwarme Tiere | 53 | 15,5 | 276 | 31,7 | 0 | 0,0 |
| (n) Nicht alle Rotkehlchen überwintern im Brutgebiet | 107 | 31,2 | 186 | 21,3 | 8 | 36,4 |
| (o) Orientierung am Erdmagnetfeld | 192 | 56,0 | 365 | 41,9 | 19 | 86,4 |
| Σ (Gruppe) | 343 | 100,0 | 872 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

¹ Die in Venezuela (Südamerika) verbreiteten **Fettschwalme** (*Steatornis caripensis*) verfügen tatsächlich über eine Art Echolot-System. Die ausgestoßenen Laute sind jedoch, anders als bei Fledermäusen, gut hörbar.

| Womit füttern heimische Kuckucke ihre Jungen? (Mehrfachankreuzen möglich) | Mus | | Sch | | Leh | |
|--|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) <i>Kleine Amphibien</i> | 14 | 3,7 | 121 | 13,2 | 0 | 0,0 |
| (b) <i>Gräser</i> | 7 | 1,8 | 51 | 5,6 | 0 | 0,0 |
| (c) <i>Pflanzensamen</i> | 28 | 7,3 | 95 | 10,3 | 0 | 0,0 |
| (d) <i>Insekten und Würmer</i> | 97 | 25,3 | 501 | 54,5 | 0 | 0,0 |
| (e) Füttern nicht | 224 | 58,5 | 272 | 29,6 | 21 | 95,5 |
| (f) <i>Keine Ahnung</i> | 64 | 16,7 | 162 | 17,6 | 1 | 4,5 |
| Σ (Gruppe) | 383 | 100,0 | 919 | 100,0 | 22 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 224 | 58,5 | 272 | 29,6 | 21 | 95,5 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

| Unmittelbar aus welcher Tiergruppe hat sich die Gruppe der heutigen Vögel entwickelt? | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) <i>Amphibien</i> | 54 | 14,2 | 90 | 9,8 | 0 | 0,0 |
| (b) <i>Reptilien</i> | 45 | 11,8 | 92 | 10,0 | 5 | 25,0 |
| (c) <i>Dinosaurier</i> | 156 | 40,9 | 397 | 43,3 | 11 | 55,0 |
| (d) <i>Säugetiere</i> | 13 | 3,4 | 91 | 9,9 | 2 | 10,0 |
| (e) <i>Keine Ahnung</i> | 113 | 29,7 | 247 | 26,9 | 2 | 10,0 |
| Σ (Gruppe) | 381 | 100,0 | 917 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 156 | 40,9 | 397 | 43,3 | 11 | 55,0 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

| Welche Tierart (aus der Auflistung) ist mit heutigen Vögeln am nächsten verwandt? | Mus | | Sch | | Leh | |
|---|------------|--------------|------------|--------------|-----------|--------------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| (a) <i>Tyrannosaurus</i> | 13 | 3,4 | 28 | 3,1 | 1 | 5,0 |
| (b) <i>Fledermaus</i> | 72 | 19,0 | 242 | 26,5 | 0 | 0,0 |
| (c) <i>Flugsaurier</i> | 187 | 49,2 | 435 | 47,5 | 17 | 85,0 |
| (d) <i>Krokodil</i> | 13 | 3,4 | 36 | 3,9 | 2 | 10,0 |
| (e) <i>Keine Ahnung</i> | 95 | 25,0 | 174 | 19,0 | 0 | 0,0 |
| Σ (Gruppe) | 380 | 100,0 | 915 | 100,0 | 20 | 100,0 |
| Vollständig richtig beantwortet | 13 | 3,4 | 28 | 3,1 | 1 | 5,0 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

Abschnitt 3 Offene Fragestellung

Frage: Wie viele Vogelarten gibt es etwa weltweit? (Bitte auf jeden Fall wenigstens schätzen!)

Das Antwortverhalten der befragten Museumsbesucher, Schüler und Lehrer offenbart, wie auch bei den anderen Kenntnisfragen, das gleiche Ergebnis: Bei den meisten Befragten herrscht Unkenntnis. Darüber hinaus besteht bei vielen jedoch auch keinerlei realistische Einschätzung über mögliche Artenzahlen. Viele schätzen daher die Gesamtartenzahl entweder viel zu niedrig oder viel zu hoch. Die berechneten statistischen Kennwerte,

besonders der Vergleich von Abweichung und Standardabweichung, bestätigen dies. Verständnis für die Notwendigkeit des Artenschutzes und damit des Erhalts der Biodiversität kann jedoch nur dann erreicht werden, wenn gerade diese Unkenntnis behoben wird und die letztlich nur exemplarisch dargebotene Vielfältigkeit der Vogelwelt in einer Ausstellung deutlich wird.

| Artenzahl | Alle Befragten TZ | Artenzahl | Alle Befragten TZ |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1-100 | 76 | 9001-11000 | 125 |
| 101-500 | 180 | 11001-15000 | 24 |
| 501-1000 | 137 | 15001-20000 | 47 |
| 1001-3000 | 155 | 20001-100000 | 144 |
| 3001-5000 | 77 | 100001-500000 | 51 |
| 5001-7000 | 15 | 500001-100000000 | 136 |
| 7001-9000 | 22 | Σ | 1189 |
| Mittelwert: 135913,85 | Abweichung: 207264,05 | Standardabweichung: 311880,75 | |
| 1. Quartil: 840,0 | Median: 5000,00 | 3. Quartil: 34678,00 | |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.

KURZ-INFO Statistische Kennwerte

Arithmetisches Mittel

Der Mittelwert berechnet sich über die Summe aller erfassten Werte dividiert durch die Anzahl der Werte. Als Lagemaß der Statistik dient er zur Beurteilung einer Stichproben-Verteilung.

Abweichung & Standardabweichung

Die Abweichung zeigt an, wie stark alle Messwerte durchschnittlich vom Mittelwert abweichen (streuen). Sie berechnet sich über das arithmetische Mittel aus den Absolutbeträgen der Abweichungen aller Messwerte von ihrem arithmetischem Mittelwert.

Die Standardabweichung gewichtet besonders stark abweichende Messwerte durch eine generell quadratische Einrechnung.

Quartil und Median

Es kann zwischen 1., 2. und 3. Quartil unterschieden werden. Hierbei bedeutet der Wert des 1. Quartils, dass ein Viertel der Messwerte unter eben diesem Wert liegt. Das zweite Quartil, auch als Median bezeichnet, gibt den Wert in der nach Ihrer Größe geordneten Messwerte-Rangreihenfolge an, der die Reihe halbiert. Das 3. Quartil schließlich ist der Wert, bei dem ein Viertel der Messwerte größer ist.

Abschnitt 4 Zusammenhang von Interesse und Kenntnis

Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass eine allgemeine Korrelation zwischen Interesse und Kenntnis der Befragten nur in Teilen besteht. Bei relativ einfachen Fragen, wie denen nach der Bedeutung des Begriffs „Rüttelflug“ oder der „Mauser“, lässt sich deutlich erkennen, dass innerhalb der Gruppe der Höher-Interessierten auch prozentual mehr richtige Antworten gegeben werden. Fragen, die sich jedoch auf bestimmte Arten, Vogelgruppen, Fachbegriffe oder spezielle Begebenheiten beziehen, zeigen in den Antwortstrukturen der Interessensgruppen keine besonders prägnanten Unterschiede. Dies zeigt sich beispielsweise bei der Beantwortung der Frage, ob es bei uns einen Vogel gäbe, der mitten im Winter brüten würde. Hier bleibt der Prozent-

satz richtiger Antwort unabhängig vom gezeigten Interesse nahezu konstant, während der Anteil der falschen Antworten bei den Höher-Interessierten sogar noch im Vergleich zu Weniger-Interessierten ansteigt.

Die Ergebnisse dieses Abschnitts sowie der Tatsache, dass nur drei von 1316 Personen 10 beziehungsweise 11 Fragen (von 22 Fragen) vollständig richtig beantworten konnten und damit die „Besten“ der gesamten Untersuchung waren, zeigen, dass von einem Grundwissen bei breiten Schichten der Zielgruppen keineswegs ausgegangen werden darf. Selbst Hoch-Interessierte verfügen nicht generell über hohe Kenntnisse, allenfalls über Kenntnisse in einigen Bereichen.

Die geplante VogelWelten-Ausstellung darf daher keinerlei Kenntnisse, auch keine Grundlagen voraussetzen. Fachbegriffe müssen soweit möglich vermieden werden, außer sie sind essentieller Gegenstand der Thematisierung.

Bemerkung zu den folgenden Kreuztabellen

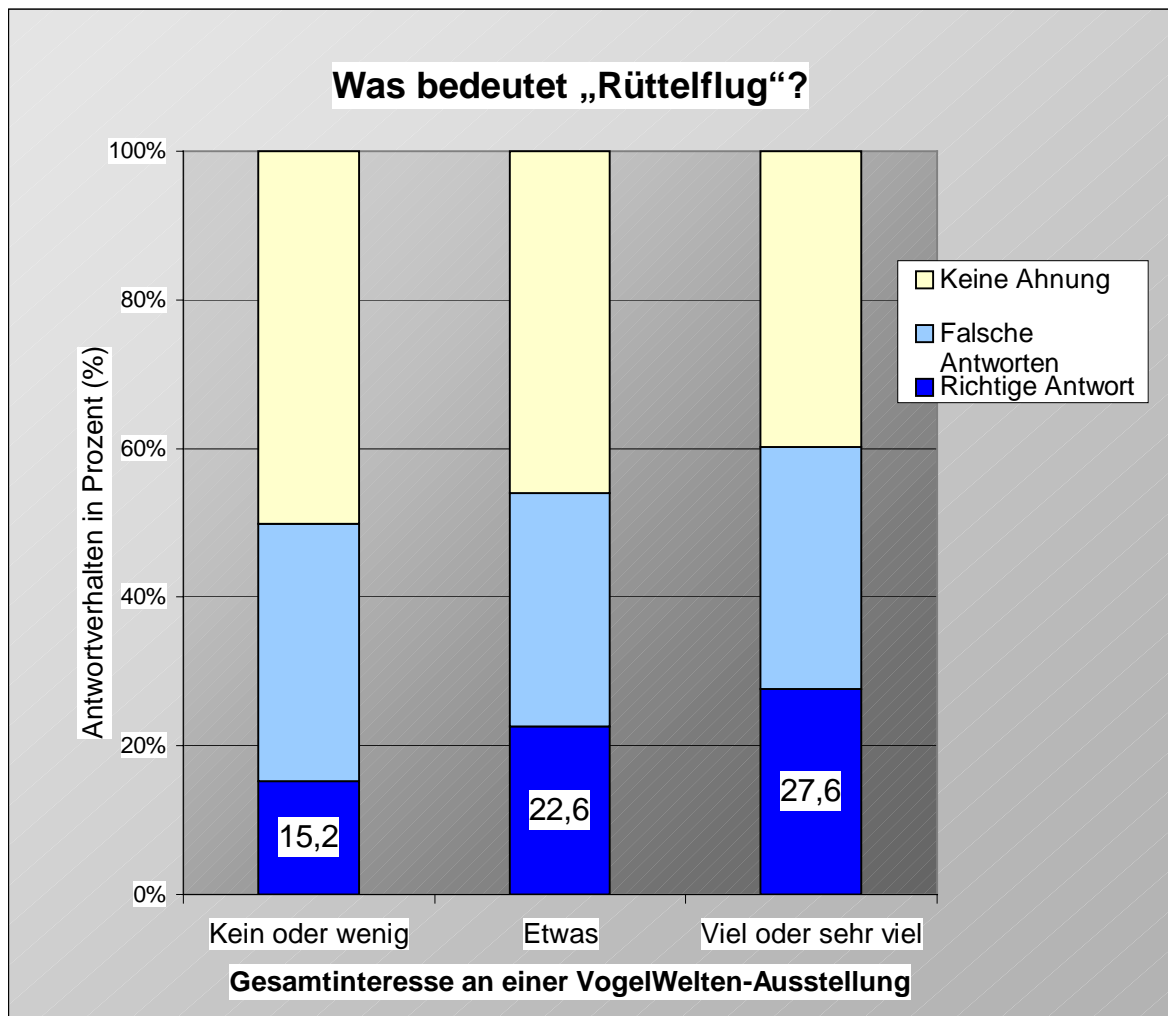
Die Gesamtsumme der richtigen Antworten deckt sich nicht immer mit der Gesamtsumme

der vollständig richtigen Antworten im Kenntnisteil (Abschnitt 2). Diese Unterschiede ergeben sich, da im zweiten Abschnitt alle richtigen Antworten gewertet wurden, hier jedoch nur diejenigen in die Kreuztabelle aufgenommen werden können, die auch angegeben haben, wie stark sie sich für eine VogelWelten-Ausstellung interessieren.

Frage: Was bedeutet „Rüttelflug“?

| Interesse | Kein oder wenig | | Etwas | | Viel oder sehr viel | |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| Richtige Antwort | 42 | 15,2 | 101 | 22,6 | 159 | 27,6 |
| <i>Falsche Antworten</i> | 96 | 34,7 | 140 | 31,4 | 187 | 32,5 |
| Keine Ahnung | 139 | 50,2 | 205 | 46,0 | 229 | 39,8 |
| Σ | 277 | 100,0 | 446 | 100,0 | 575 | 100,0 |

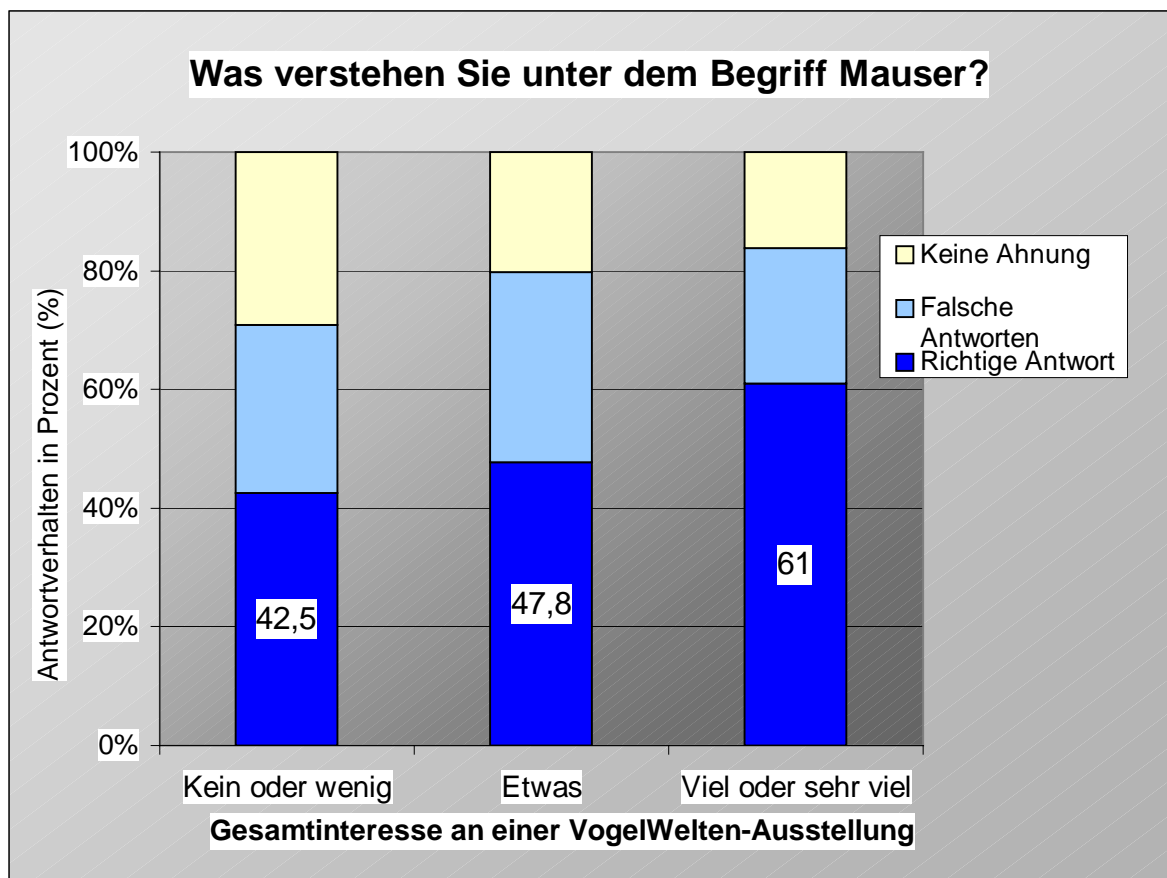
Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.



Frage: Was verstehen Sie unter dem Begriff Mauser?

| Interesse | Kein oder wenig | | Etwas | | Viel oder sehr viel | |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| Richtige Antwort | 118 | 42,5 | 143 | 47,8 | 351 | 61,0 |
| <i>Falsche Antworten</i> | 79 | 28,4 | 214 | 31,9 | 131 | 22,8 |
| <i>Keine Ahnung</i> | 81 | 29,1 | 91 | 20,3 | 93 | 16,2 |
| Σ | 278 | 100,0 | 448 | 100,0 | 575 | 100,0 |

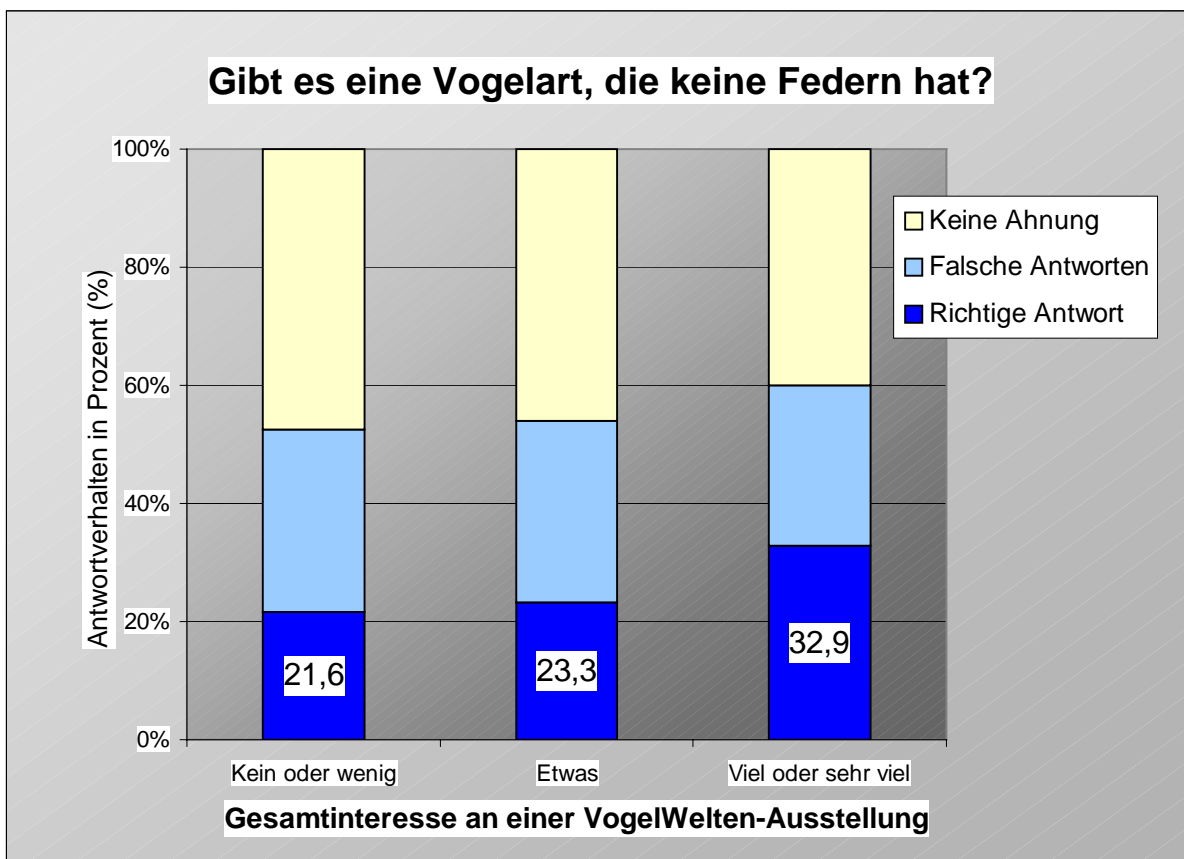
Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.



Frage: Gibt es eine Vogelart, die keine Federn hat?

| Interesse | Kein oder wenig | | Etwas | | Viel oder sehr viel | |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| Richtige Antwort | 60 | 21,6 | 104 | 23,3 | 189 | 32,9 |
| <i>Falsche Antworten</i> | 86 | 30,9 | 137 | 30,7 | 156 | 27,1 |
| <i>Keine Ahnung</i> | 132 | 47,5 | 206 | 46,1 | 230 | 40,0 |
| Σ | 278 | 100,0 | 447 | 100,0 | 575 | 100,0 |

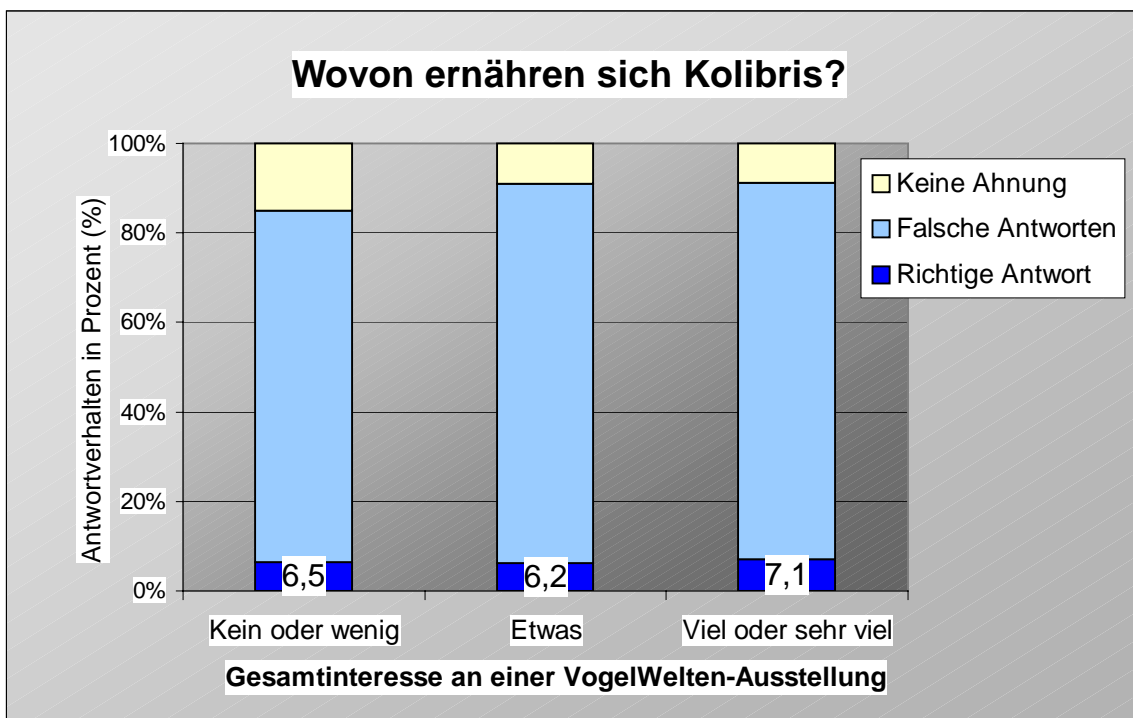
Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.



Frage: Wovon ernähren sich Kolibris?

| Interesse | Kein oder wenig | | Etwas | | Viel oder sehr viel | |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| Richtige Antwort | 18 | 6,5 | 28 | 6,2 | 41 | 7,1 |
| <i>Falsche Antworten</i> | 219 | 78,5 | 381 | 84,7 | 485 | 84,1 |
| <i>Keine Ahnung</i> | 42 | 15,1 | 41 | 9,1 | 51 | 8,8 |
| Σ | 279 | 100,0 | 450 | 100,0 | 577 | 100,0 |

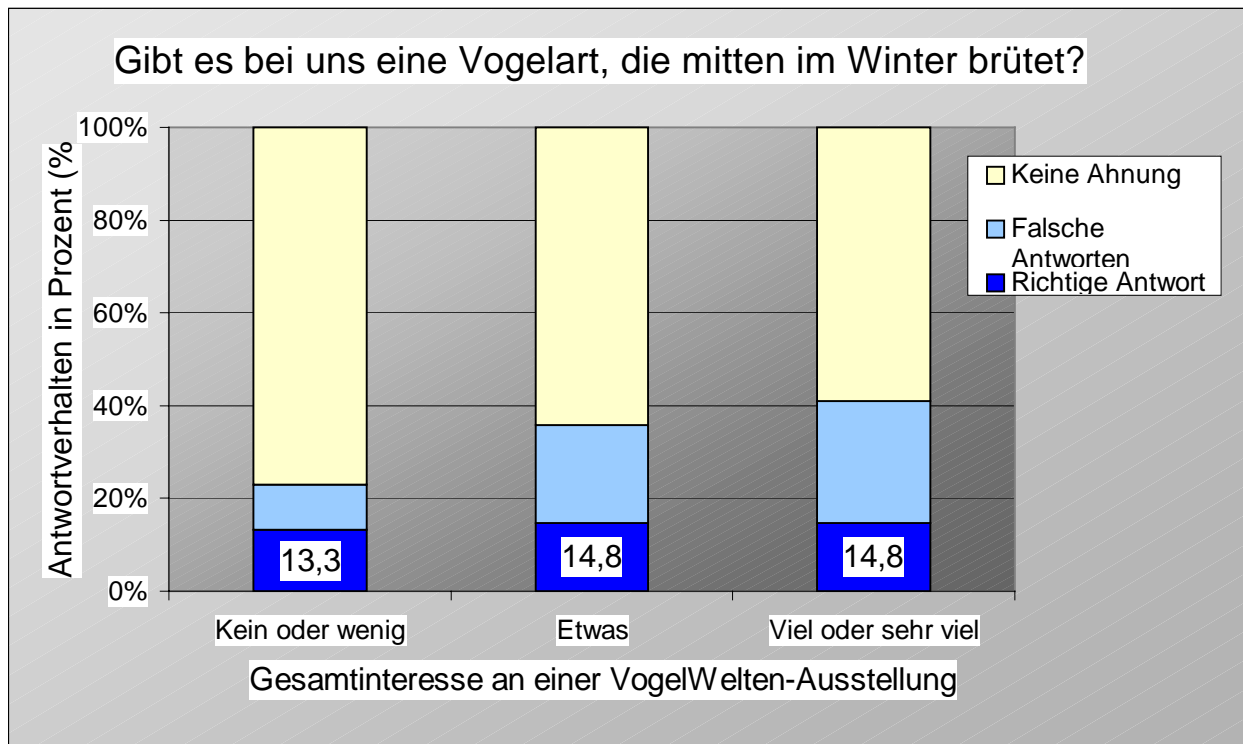
Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.



Frage: Gibt es bei uns eine Vogelart, die mitten im Winter brütet?

| Interesse | Kein oder wenig | | Etwas | | Viel oder sehr viel | |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|
| | TZ | PS | TZ | PS | TZ | PS |
| Richtige Antwort | 37 | 13,3 | 66 | 14,8 | 85 | 14,8 |
| <i>Falsche Antworten</i> | 27 | 9,7 | 94 | 21,1 | 151 | 26,3 |
| Keine Ahnung | 214 | 77,0 | 286 | 64,1 | 339 | 59,0 |
| Σ | 278 | 100,0 | 446 | 100,0 | 575 | 100,0 |

Hinweis: Falsche Antworten sind stets in kursiver Schrift gedruckt.



VI.3.4.6 KURZZUSAMMENFASSUNG

Die Präformative Evaluation zur VogelWelten-Ausstellung offenbarte, dass ein Wissen über Vögel innerhalb der Ausstellungszielgruppe kaum vorhanden ist. Selbst grundlegende Basiskenntnisse können nicht vorausgesetzt werden. Fehlvorstellungen und Falschwissen sind dagegen weit verbreitet. Die oft geäußerte Behauptung, dass zu Vögeln ein allgemeines Grundwissen angenommen werden dürfe, bewahrheitete sich in der Untersuchung daher nicht. Dennoch besteht in der Regel ein zumindest durchschnittliches bis überdurchschnittliches

generelles Interesse an Vögeln, so dass diese Tiergruppe geeignet ist, über das vorhandene Grundinteresse die Zielgruppe mit den gesetzten Zielsetzungen der VogelWelten-Ausstellung zu erreichen. Dabei zeigte sich, dass die Befragten weiblichen Geschlechts im Durchschnitt interessierter waren als die männlichen Geschlechts. Während weibliche Studienteilnehmer in der Mehrzahl ein eher durchschnittliches Interesse angeben, ist das Antwortverhalten der männlichen hingegen deutlicher in Interessierte und Nicht-Interessierte polarisiert.

Auch zeigte die Evaluation, dass das Interesse der Schüler an einer VogelWelten-Ausstellung nicht von der besuchten Schulform, wohl aber stark vom Lebensalter abhängt. Ist das Interesse der 9-10-jährigen Schüler vergleichsweise hoch, so sinkt es bis zum 13./14. Lebensjahr deutlich ab. Auf niedrigem Niveau verbleibt es auf nahezu konstantem Wert bis zum 17.-19. Lebensjahr, um bei 20- bis 24-jährigen Schülern nochmals stark abzufallen. Erst danach steigt das Interesse wieder an. Fazit dieses Ergebnisses muss sein, dass die geplante VogelWelten-Ausstellung besonders für jüngere Schüler verständlich sein muss, um ihr wesentlich höheres Interesse nicht zu enttäuschen und somit die Chance zur frühzeitigen Verbesserung ihrer Umweltbildung ungenutzt verstreichen zu lassen. Die museale Präsentation wünschen sich die Befragten anschaulich und leicht verständlich. Daneben wird besonders dem Unterhaltungs-

faktor (Spaß und Erleben) ein hoher Wert beigemessen.

Es besteht des weiteren ein Wunsch nach möglichst konkreten lebensnahen Darstellungen sowohl mit lebenden Vögeln als auch mit Präparaten.

Entscheidend für das Gelingen der Ausstellungsintentionen sind daher

- ein Anspruchsniveau, das keine Kenntnisse voraussetzt und möglichst auf Fremdwörter verzichtet, außer eben diese sind thematisierter Inhalt,
- das gezielte Ansprechen und Aufdecken gängiger Fehlvorstellungen,
- ein Beachten der geäußerten themenspezifischen Interessensschwerpunkte und
- eine Orientierung an den Erwartungen der befragten Personen an die Präsentation.

VII LITERATURVERZEICHNIS

Die hier aufgeführte Literatur soll nicht nur den Formalien und der Verpflichtung des Quellennachweises genügen, sondern auch zur vertieften Lektüre anregen.

- (Red.) **I. Adam u.a.:** Das Neue Duden-Lexikon, Band 1 bis Band 10, Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus, Mannheim (1989)
- **A. Atmore u.a.:** Aus der Steinzeit in den Weltraum, Verlag DAS BESTE, Stuttgart (1975)
- **M. Borun:** Naive Notions and the Design of Science Museum Exhibits, in: What Research Says about Learning in Science Museums, Association of Science-Technology Centers, Journal of Children's Museums, Washington DC (1989)
- **M. Borun:** Vorab-Evaluation: Ein Instrument für die Ausstellungs- und Programmplanung, in: (Hrsg.) H. J. Klein: Front-End Evaluation, ein nichtssagender Name für eine vielsagende Methode, Karlsruher Schriften zur Besucherforschung, Heft 4, Universität Karlsruhe, Karlsruhe (1993)
- **E. von Borzyskowski:** Verführung zum Lesen, Die kontrollierte Verbesserung von Texten, in: (Hrsg.) **H.-J. Klein:** Evaluation als Instrument der Ausstellungsplanung, Karlsruhe (1991)
- (Hrsg.) **Bundesamt für Naturschutz:** Biologische Vielfalt, Das Netz des Lebens, Bonn (2001)
- (Hrsg.) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:** Bericht der Bundesregierung nach dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt, Nationalbericht biologische Vielfalt, Bonn (1998)
- (Hrsg.) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Gesellschaftspolitische Grundsatzfragen:** Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 200 17 109) „Umweltbewusstsein in Deutschland 2002“, Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, Berlin (2002), von Prof. Dr. U. Kuckartz, Institut für Erziehungswissenschaft, Philipps-Universität Marburg

- (Hrsg.) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit:** Aus Verantwortung für die Zukunft, Umweltpolitik als globale Herausforderung, Berlin (2002)
- (Hrsg.) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit:** Der Umweltreport, Berlin (2002)
- (Hrsg.) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit:** Umweltbericht 2002, Bericht über die Umweltpolitik der 14. Legislaturperiode, Berlin (2002)
- **C. Brüninghaus-Knubel:** Ausstellungen für Kinder im Kunstmuseum (1998), zitiert in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **S. Conein:** Der Hirschkäfer (*Lucanus cervus*), Biologie, Gefährdung, Schutz und die museumspädagogische Umsetzung, Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für die Sekundarstufe II, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (1995)
- (Hrsg.) **E. Dawid, R. Schlesinger:** Texte in Museen und Ausstellungen, Ein Praxisleitfaden, transcript Verlag, Bielefeld (2002)
- (Hrsg.) **Deutsche Gesellschaft für Evaluation:** Standards für Evaluation (vom 04.10.2001), Köln (2002)
- **J. Eisleb:** Freilichtmuseen und ihre Besucher – eine sozialgeographische Analyse unter besonderer Berücksichtigung des Museumsdorfes Cloppenburg, Niedersächsisches Freilichtmuseum, Vechtaer Arbeiten zur Geographie und Regionalwissenschaft, Band 4, Vechta (1987)
- (Hrsg.) **S. Engels-Wilhelmi:** Umweltbildung in Deutschland, Adressen, Aufgaben und Angebote von Institutionen und Verbänden, Economica, Bonn-Bad Godesberg (1993)
- (Hrsg.) **Euronatur Service GmbH:** euronatur, Magazin der Stiftung Europäisches Naturerbe (Euronatur) für Freunde und Förderer, Heft 1, Radolfzell (2001)
- **H. Fietkau, H. Kessel:** Umweltlernen, in: (Hrsg.) J. Calließ, R. E. Lob: Handbuch Praxis der Umwelt- und Friedenserziehung, Band 1: Grundlagen, Pädagogischer Verlag Schwann-Bagel, Düsseldorf (1987)
- **K. Fingerle:** Fragen an die Museumsdidaktik am Beispiel des Deutschen Museums, Deutsches Museum, Kerschensteiner Kolleg, München (1992)
- **L. Gesch:** Museumseinrichtungen in Bonn, Eine Untersuchung der Einzugsgebiete und Besucherstrukturen am Beispiel ausgewählter Museen, Diplomarbeit, Geographische Institute der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn (1994)
- **B. Günter:** Besucherorientierung, in: (Hrsg.) M. A. Scher: Auf dem Weg zu effektiven Ausstellungen – (Umwelt-) Ausstellungen und ihre Wirkung, Isensee, Oldenburg (1998)
- **P. Herger:** Gedanken zu Grundlagen, Prinzipien und Leitlinien der Gestaltung naturkundlicher Ausstellungen, Deutscher Museumsbund e. V., Museumskunde 58 (2/3), Berlin (1993)
- **M. Hood:** Audience Research Helps Informed Decisions, in: S. Bitgood: Visitor Studies: Theory, Research and Practise, Proceedings of the 1991 Visitor Studies Conference 4, Center for Social Design, Jacksonville, AL (1991)
- **E. Hooper-Greenhill:** Museums and their visitors (Reprint), Routledge, London (2000)
- **M. Jelitto:** Vorgehensweise bei Evaluationen, Homepage zur Evaluation, <http://www.marcejelitto.de/> (2002)
- **M. Jelitto:** Ein lebenszyklusorientiertes Evaluationsfundament beim Ausstellungsmedium Computer, Vortrag, DeGEval-Jahrestagung, Arbeitskreis Medienevaluation, Deutsche Gesellschaft für Evaluation, Speyer (05.10.2001)
- **Muschenich, Schlager, Koch, Jones:** Corporate Identity, Corporate Design & Konzept Öffentlichkeitsarbeit, Hochschule der Künste, Berlin (1993)

- **W. Kemp:** Kunst wird gesammelt, in: Funkkolleg Kunst, Eine Geschichte der Kunst im Wandel ihrer Funktionen, Hrsg. W. Busch, Band 1, München (1987)
- **V. Kirchberg:** Sozialforschung und Museumsmarketing, in: (Hrsg.) Haus der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland: Museen und ihre Besucher: Herausforderungen in der Zukunft, Argon Verlag, Berlin (1996)
- **V. Kirchberg:** Besucher und ihre Einstellungen zu Naturkundemuseen, Ergebnisse einer repräsentativen Studie in Deutschland, in: (Hrsg.) M. A. Scher: Auf dem Weg zu effektiven Ausstellungen – (Umwelt-) Ausstellungen und ihre Wirkung, Isensee, Oldenburg (1998)
- **W. Klausewitz:** Umweltschutz und Naturkundemuseen, Deutscher Museumsbund e. V., Museumskunde 43, Berlin (1978)
- **H.-J. Klein:** Besucherreaktionen auf visuelle Medien in Museen – Erste Befunde einer laufenden Studie mit Bildschirm-Kommunikation, in: (Hrsg.) B. Graf, G. Knerr: Museumsausstellungen, Planung – Design – Evaluation, Deutsches Museum, München, Zusammenarbeit mit: Institut für Museumskunde, Berlin (1985)
- **H.-J. Klein:** Der gläserne Besucher, Institut für Museumskunde, Berliner Schriften zur Museumskunde 8, Berlin (1990)
- (Hrsg.) **H.-J. Klein:** Evaluation als Instrument der Ausstellungsplanung, Karlsruhe (1991)
- **H.-J. Klein:** Museumsbesuch als Kulturerlebnis, Forschungsvorhaben 1991, Schlussbericht, Teil 1 und Teil 2, Institut für Soziologie, Universität Karlsruhe, Karlsruhe (1995)
- **R. Klein:** Besucherverhalten in Museen und Galerien, in: (Hrsg.) H. H. Groppe, F. Jürgensen: Gegenstände der Fremdheit, Museale Grenzgänge, Dokumentation einer Fachtagung veranstaltet vom Museumspädagogischen Dienst der Kulturbehörde Hamburg u. a., Marburg (16.-20.11.1989)
- **M. S. Korenic, A. M. Young:** The Rain Forest in Milwaukee: An Evaluation, Curator 34, (2) (1991), genannt in Weyer, Naumann (1994)
- **W. Künzler:** Naturmuseum Solothurn, Verschiedene Jahresberichte (1997, 1998, 1999/2000, 2001), Rüegger Satz & Druck, Solothurn (1997)
- **R. Langenheine, J. Lehmann:** Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewusstsein, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Universität Kiel, Band 101, Kiel (1986)
- **G. Leder:** Die Institution Museum im politischen Spannungsfeld, in: T. von Freyermann: Am Beispiel erklärt, Aufgaben und Wege der Museumspädagogik, Olms Verlag, Hildesheim (1988)
- **E. Leis:** Besucherbefragung im Museum Koenig, Ergebnisbericht 1993, Auftraggeber: Museum Koenig, Projekt „Neukonzeption“, Bonn (1993)
- **A. Lichtwark:** Museen als Bildungsstätten, in: (Hrsg.) Centralstelle für Arbeiter-Wohlfahrtseinrichtungen: Die Museen als Bildungsstätten, Berlin (1904), Nachdruck in: A. Lichtwark: Die Grundlagen der künstlerischen Bildung, Der Deutsche der Zukunft, Berlin (1905)
- **H. Lübbe:** Der Fortschritt und das Museum, in: (Hrsg.) H. Lübbe: Die Aufdringlichkeit der Geschichte. Herausforderung der Moderne vom Historismus bis zum Nationalismus, Graz, Wien, Köln (1989)
- **H. Lübbe:** Der Fortschritt und das Museum, Über den Grund unseres Vergnügens an historischen Gegenständen, London (1982)
- **H. Lübbe:** Im Zuge der Zeit, Verkürzter Aufenthalt in der Gegenwart, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest (1992)
- **K. McLean:** Planning for People in Museum Exhibitions, Association of Science-Technology Centers, Washington (1993)
- **Meereszentrum Fehmarn:** Informationsblatt Meereszentrum Fehmarn, Burg/Fehmarn (2001)
- **A. Merkel, A. Oetker, H. P. Johann:** Umwelt und Wirtschaft, Konrad-Adenauer-Stiftung, Sankt Augustin (1998)

- **K. M. Meyer-Abich:** Menschliche Wahrnehmung der natürlichen Mitwelt, in: (Hrsg.) J. Caließ, R. E. Lob: Handbuch Praxis der Umwelt- und Friedenserziehung, Band 1: Grundlagen, Pädagogischer Verlag Schwann-Bagel, Düsseldorf (1987)
- **R. Miles, B. Lewis:** Science museums on the move, Museums should not simply entertain, they should also educate, Some are showing how to do both at the same time, in: New Scientist, London (1983)
- (Hrsg.) **Ministerium für Schule und Weiterbildung Nordrhein-Westfalen:** Menschenrechte, Bürgerrechte, Staatsverfassung, Verlag Ferdinand Kamp GmbH & Co KG, Bochum (1996)
- **K. Mörmann:** Deutscher Museumsführer in Farbe, Verlag Wolfgang Krüger, Frankfurt am Main (1979)
- **C. M. Naumann:** Vom Ozonloch zum Museum Koenig, in: (Hrsg.) Alexander-Koenig-Gesellschaft e. V.: Das Museum Koenig im Spannungsfeld „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2001)
- **J. Nolte:** Museumspädagogik, Ein Studienvorkommnis zwischen Wissenschaften, in: Standbein Spielbein, Museumspädagogik aktuell, Nr.36/37, Bundesverband Museumspädagogik e. V., Hamburg (1993)
- **E. Nuissl, U. Paatsch, C. Schulze:** Besucher im Museum – ratlos? Problemstudie zur pädagogischen Arbeit in Museen und Kunstvereinen, (Hrsg.) Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V., Berichte der AfeB 20, Heidelberg (1987)
- **E. Nuissl, U. Paatsch, C. Schulze:** Wege zum lebendigen Museum, Museen und Kunstvereine als Orte kultureller Bildung, Bericht über die Tagung „Besucher im Museum – ratlos?“ der AfeB in Zusammenarbeit mit dem Sprengel Museum Hannover vom 6. bis 8. Mai 1987 im Sprengel Museum Hannover, Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V., Tagungsberichte Band 5, Heidelberg (1987)
- **U. Paatsch:** Neue Ideen für Museumspädagogik an kleinen und mittleren Museen, Praxisbeispiele und Erfahrungen aus dem museumspädagogischen Modellversuch „Begegnung mit dem Fremden“, Hessischer Museumsverband, Tagung „Museumspädagogik- chancenreich und mittellos?“, Frankfurt (27.6.1998), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** Umweltausstellungen besuchergerecht gestalten, Ein Streifzug durch aktuelle Ideen, Ansätze und Erfahrungen, Vortrag, gehalten in der Naturschutzakademie Schneverdingen (1999), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** Entwicklung eines Leitfadens für besuchergerechte Umweltausstellungen, Zehn-Punkte-Katalog für besuchergerechte Umweltausstellungen (1999b), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** Warum Ausstellungen: Zehn Thesen zu den besonderen Merkmalen und Chancen des Mediums „Ausstellung“ (2000), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** Prinzip Handlungsorientierung, Thesen zum Stellenwert aktiver Auseinandersetzung mit Dingen in der Museumspädagogik (2000b), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** Besucherorientierung und Museumskommunikation, Ein bundesweiter, berufsbegleitender Weiterbildungslehrgang als Reaktion auf aktuelle Anforderungen an die Museen und ihre Mitarbeiter/innen, erschienen in: „museum heute“ Nr. 18 (2000c), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)

- **U. Paatsch:** Evaluation des Multimar Wattforums Tönning – die Ergebnisse im Überblick, Auswertung des F+E Vorhabens „Evaluation einer Umweltausstellung am Beispiel des Multimar Wattforums Tönning“, Förderung: Bundesamt für Naturschutz, Heidelberg (2001), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** Eine besucherfreundliche Ausstellung, aus: Basics - Selbstdarstellung der Ausstellungsmacherinnen (2002), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** (Internes Seminarpapier) Neue Museologie, Nachbarschaftsmuseen, Ecomuseen, Theoretische Bezüge von integrativer Museumsarbeit in Regionalmuseen, Bundesakademie für Kulturelle Bildung Wolfenbüttel, Seminar „Museum für die Region“ (10.-12.12.2002), in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003)
- **U. Paatsch:** Baustein: Ausstellungsmedien, in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003a)
- **U. Paatsch:** Einige gestalterische Grundprinzipien für Ausstellungen, in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003b)
- **U. Paatsch:** Leitlinien für besuchergerechte Ausstellungstexte, in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003c)
- **U. Paatsch:** Einführung in die Evaluation von Museen und Ausstellungen, entnommen: Lehrbrief Besucherforschung in Museen und Ausstellungen, in: Homepage der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung e. V. (AfeB), <http://people.freenet.de/afeb/>, Heidelberg (2003d)
- **M. Parmentier:** Der verkannte Zweck, Pädagogische Anmerkungen zur Krise des Museums, in: Neue Sammlung, 36. Jahrgang, Heft 1 (1996)
- **M. Parmentier:** Der Bildungswert der Dinge oder: Die Chancen des Museums, in: Homepage HUB-Museumspädagogik <http://www2.rz.hu-berlin.de/museumspädagogik> (2003)
- **P. Preisendörfer:** Umwelteinstellungen und Umweltverhalten in Deutschland, Empirische Befunde und Analysen auf der Grundlage der Bevölkerungsumfragen „Umweltbewusstsein in Deutschland 1991-1998“, Leske und Budrich Verlag, Opladen (1999)
- **C. Reuther, W. Janßen:** Das Otter-Zentrum Hankensbüttel, Konzeption und Evaluation einer Naturschutz-Bildungseinrichtung, Habitat Nr. 3, Hankensbüttel (1993)
- **S. Rietschel:** Aktuelle Aufgaben des Naturkundemuseums, in: Museumskunde 51 (2), Deutscher Museumsbund e. V., Berlin (1986)
- **J. Rohmeder:** Methoden und Medien der Museumsarbeit, Pädagogische Betreuung der Einzelbesucher im Museum, Du Mont Verlag, Köln (1977)
- **J.-J. Rousseau:** Emile oder Über Erziehung, Reclam Verlag, Stuttgart (1963)
- (Hrsg.) **J. R. Sanders:** Handbuch der Evaluationsstandards, Joint Committee on Standards for Educational Evaluation, Leske+Budrich Verlag, Leverkusen (2000)
- **W. Schäfer:** Museen in unserer Zeit, in: (Hrsg.) Deutsche Forschungsgemeinschaft: Denkschrift Museen, Zur Lage der Museen in der Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West), Bonn (1974)
- **W. Schäfer, W. Kramer:** Geschichte des Senckenberg Museums im Grundriß, Chronik der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft 1817-1966, Frankfurt am Main (1967)
- **J. Schelte:** Das Spannungsverhältnis zwischen Mensch und Natur am Beispiel des Seehundes (*Phoca vitulina*) im Ökosystem Wattenmeer, Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt der Sekundarstufe II, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (1999)

- **M. A. Scher:** Ängste und Verlust der Zukunft?, Studie zur Wirkung von Umweltausstellungen, in: (Hrsg.) M. A. Scher: Auf dem Weg zu effektiven Ausstellungen – (Umwelt-) Ausstellungen und ihre Wirkung, Isensee, Oldenburg (1998)
- **K. Schleicher:** Naturschutz und Umweltbildung, in: (Hrsg.) Alfred Toepfer Akademie: NNA-Berichte 10 (1), Schneverdingen (1997)
- **M.-L. Schmeer-Sturm:** Museumspädagogik als Teilbereich der allgemeinen Pädagogik unter besonderer Berücksichtigung anthropologischer Aspekte, in: (Hrsg.) H. Viereg: Museumspädagogik in neuer Sicht, Erwachsenenbildung im Museum, Band 1, Schneider-Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler (1994)
- **A. Schmitt-Scheersoi:** Spielregeln der Natur (Prinzipien der Ökologie), Entwicklung eines fachdidaktischen Konzepts für eine moderne Ökologieausstellung unter besonderer Berücksichtigung Neuer Medien, Dissertation, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2003)
- **P. Schuck-Wersig, G. Wersig:** Die Lust am Schauen oder: Müssen Museen langweilig sein?, Plädoyer für eine neue Sehkultur, Deutscher Museumsbund e. V., Gebr. Mann Studio-Reihe, Berlin (1986)
- **P. Schuck-Wersig, G. Wersig (1995):** Information und Kommunikation in Museumsausstellungen, Museumskunde 60 (1-3), Deutscher Museumsbund e. V., Berlin (1995)
- **R. Schulmeister:** Selektions- und Entscheidungskriterien für die Auswahl von Lernplattformen und Autorenwerkzeugen, <http://www.izhd.uni-hamburg.de/paginae/personal/schulmeister/aufsaeetze.html>, Universität Hamburg, Hamburg (2000)
- **G. Schwab:** Die schönsten Sagen des klassischen Altertums, Naumann & Göbel Verlagsgesellschaft, Würzburg (1984)
- **C. Stein:** Suchbewegungen in der Umwelterziehung, in: Praxis Geographie 7-8, Westermann Verlag, Braunschweig (1996)
- **V. Straaß:** Spielregeln der Natur, Taktik, Tricks und Raffinesse, BLV Verlagsgesellschaft, München (1990)
- (Hrsg.) **R. H. Tenbrock, K. Kluxen:** Zeiten und Menschen, Ausgabe B1, Ferdinand Schöningh, Paderborn (1975)
- **H. Treinen:** Das Museum in der Gesellschaft der Gegenwart, in: (Hrsg.) H. Auer: Das Museum im technischen und sozialen Wandel unserer Zeit, Saur Verlag, München (1975)
- **H. Treinen:** Das Museum als Massenmedium, Besucherstrukturen, Besucherinteresse und Museumsgestaltung, in: (Hrsg.) ICOM/CECA-Sektion für die Bundesrepublik Deutschland und West-Berlin: Museumsarchitektur für den Besucher, Hannover (1981)
- (Hrsg.) **H. Viereg:** Museumspädagogik in neuer Sicht, Erwachsenenbildung im Museum, Band 1, Schneider-Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler (1994)
- **T. von Freymann:** Was ist und wozu dient Museumspädagogik?, in: (Hrsg.) T. von Freymann: Am Beispiel erklärt, Aufgaben und Wege der Museumspädagogik, Verlag Georg Olms, Hildesheim (1988)
- (Hrsg.) **Vorstand des Deutschen Museumsbundes e.V.:** Museumskunde, vom Vorstand des Deutschen Museumsbundes e.V., Band 53, Bonn (1988)
- **F. Waidacher:** Handbuch der Allgemeinen Museologie, Böhlau-Verlag, Wien, Köln, Weimar (1996)
- **M. Weyer, C. M. Naumann:** Möglichkeiten zur Integration ökologischer Ursache-Wirkungsbeziehungen in ein naturwissenschaftliches Museum zur Verbesserung von Umweltaufklärung und -erziehung, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 101 07 109, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (1994)

VOGELWELTEN

Federn, Flügel, Vielfalt

Entwicklung einer ökologisch, nachhaltig orientierten
Ausstellung zum Sympathieträger Vogel

Band 2 Fachwissen-Sammlung

*Dissertation
Thomas Lingen
April 2004*



*Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät*

Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK)

*Betreuer (bis 02/2004) Prof. Dr. Clas M. Naumann zu Königsbrück (†)
Betreuer (ab 02/2004) Prof. Dr. Wolfgang Böhme*



**Konrad
-Adenauer-
Stiftung**

*Gefördert durch ein Graduiertenstipendium
der Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.
Sankt Augustin*



BAND 2 FACHWISSEN-SAMMLUNG
KAPITEL-ÜBERSICHT

| | | | |
|------------|-------------------------------|-------------|--|
| I | Allgemeines zu Vögeln | V | Fortpflanzung und Entwicklung |
| II | Organismus Vogel | V.1 | Fortpflanzung |
| II.1 | Stoff- und Energiewechsel | V.2 | Anatomische Genese |
| II.2 | Hormonale Kontrolle | V.3 | Kognitive Genese |
| II.3 | Neuronale Koordination | VI | Ökologie |
| II.4 | Sinnessysteme | VI.1 | Historie der Ökologie als Wissenschaft |
| II.5 | Fortbewegung | VI.2 | Grundlagen |
| II.6 | Vogelflug | VI.3 | Autökologie |
| II.7 | Flugunfähigkeit | VI.4 | Demökologie |
| III | Vogelzug | VI.5 | Synökologie |
| III.1 | Gefahren und Motivation | VII | Vögel und Menschen |
| III.2 | Wandertypen und Steuerung | VII.1 | Vögel als Produktlieferanten |
| III.3 | Zugsysteme | VII.2 | Vögel als Helfer des Menschen |
| III.4 | Forschungsmethoden | VII.3 | Vögel in der menschlichen Symbolik |
| IV | Evolution der Vögel | VII.4 | Vogel- und Naturschutz |
| IV.1 | Herkunft der modernen Vögel | VIII | Klassifikation |
| IV.2 | Fossilien | IX | Quellen- und Literaturverzeichnis |
| IV.3 | Artbegriffe und Artentstehung | | |

INHALTSVERZEICHNIS

I Allgemeines zu Vögeln

II Organismus Vogel

II.1 Stoff- und Energiewechsel

- II.1.1 Energiehaushalt
Respiration und Körpertemperatur
Fett und Glykogen
 - II.1.2 Verdauungssystem
Mundhöhlen-Schlundregion
Speiseröhre
Magen
Dünndarm
Dickdarm und Blinddärme
Bauchspeicheldrüse
Leber
 - II.1.3 Ernährungsbiologie
 - II.1.3.1 Nahrungsspektrum
Nahrungsspezialisten und -generalisten
Nahrungswahl-Kategorien
Optimale Ernährung
Änderung der Nahrungswahl
Analyse des Nahrungsspektrums
KURZ-INFO Nahrungsspektrum von Elster und Rabenkrähe
KURZ-INFO Einfluss der Nahrungsressourcen auf Schnee-Eulen
 - II.1.3.2 Überblick über Anpassungen und Techniken
Variationen und Anpassungen des Schnabels
Schnabeltypen
KURZ-INFO Das Schnabeltier
Beutejagd im Flug
Beutejagd der Greifvögel
Wellhornschnacken-Knackn der Rabenkrähen
Nahrungsbevorratung
 - II.1.3.3 Vogel und Blume – Ornithophilie
Einführung
 - II.1.3.4 Der Vogel im Nahrungskreislauf
Rolle des Vogels im Nahrungskreislauf
Biomagnifikation bei Vögeln
KURZ-INFO Biomagnifikation
 - II.1.4 Atmungssystem / Lungen
Lungen
Luftsäcke
Funktionsprinzip der Atmung
Luftröhre
Lauterzeugung
 - II.1.5 Herz und Blutkreislauf
Leistungen des Vogelherzens
Anatomie des Herzens im Brutkreislauf
Blut
 - II.1.6 Exkretion
 - II.1.6.1 Einführung
Renale und extrarenale Exkretion
 - II.1.6.2 Niere
Struktur und Aufgabe
Exkretstoffe
Wasserrückgewinnung
 - II.1.6.3 Salzdrüsen
Arten mit Salzdrüsen
Funktion der Salzdrüsen
Bau der Salzdrüsen
KURZ-INFO Regulation der Salzsekretion als Beispiel für Regulationsprozesse
- Anpassung der Blume an die Vogelbestäubung (Ornithophilie) durch Kolibris
KURZ-INFO Kolibris
Anpassung des Kolibris an den Blütenbesuch
Andere Nectarivore
Konvergenzen bei Kolibris und Nektarvögeln
KURZ-INFO Verwechslungsgefahr von Kolibris und Schwärmern

II.2 Hormonale Kontrolle

- II.2.1 Hormone
Wirkungsweise
Regulation des Hormonspiegels
Hormon-Hauptgruppen
 - II.2.2 Hormondrüsen
Pinealorgan
Hypophyse
Schilddrüse
Epithelkörperchen
Ultimobranchialkörper
- Thymusdrüse und Bursadrüse
A glanduläre Hormone des Gastrointestinaltraktes
Inselzellen der Bauchspeicheldrüse
Nebennieren
Sexualhormone der Gonaden
Renin-Angiotensin-System (Parahormone der Niere)
Prostaglandine, Histamin, Serotonin

| | |
|--|--|
| II.3 Neuronale Koordination | |
| II.3.1 Peripheres Nervensystem Spinalnerven Gehirnnerven Autonomes Nervensystem | II.3.2 Zentrales Nervensystem Gehirn Rückenmark |
| II.4 Sinnessysteme | |
| II.4.1 Einführung | Hörfähigkeiten Gleichgewichtssinn |
| II.4.2 Visuelles System Allgemeine Kennzeichen Anatomie des Auges Gesichtsfeld Höhlenvögel | II.4.4 Chemoperzeption Einführung Olfaktorische Perzeption Kontaktchemoperzeption |
| II.4.3 Akustisches System und Gleichgewichtssinn Außenohr Mittelohr Innenohr Funktionsprinzip | II.4.5 Magnetsinn Einführung Magnetkompass Kompassorientierung in Äquatorregionen Physiologische Aspekte der Magnetfeldrezeption |
| II.5 Fortbewegung | |
| II.5.1 Kompakt- und Leichtbauweise des Stützsystems, Gewichtsreduktion Skelett Schädel Schultergürtel Wirbel, Rippen und Becken Gewichtsreduktion Knochen Nahrung Ausscheidungen Geschlechtsorgane | II.5.3 Hinterextremitäten Morphologie Anpassungen |
| II.5.2 Morphologie des Vogelflügels Armskelett des Flügels Anpassungen | II.5.4 Muskulatur Muskelzellen Quergestreifte Muskulatur KURZ-INFO Tetanisierbarkeit Glatte Muskulatur Herzmuskulatur Muskelfibrillen Rote Muskeln Weiße Muskeln Brustmuskulatur |
| II.6 Vogelflug | |
| II.6.1 Forschungshistorie Sagen und Erzählungen Berblinger Leonardo da Vinci Giovanni Alfonso Borelli Sir George Cayley Jules Étienne Marey Otto Lilienthal Der Vogelflug als Vorbild (Gedicht) | KURZ-INFO Federähnliche Körperanhänge bei Ruderfußkrebse (Copepoda) Besondere Federstrukturen |
| II.6.2 Federn und Gefieder | II.6.2.5 Feder- und Gefiederfärbung Historie Pigmente Strukturfarben Endogene Pigmentierung durch Melanine Defekte der endogenen Pigmentierung Exogene Pigmentierung durch Carotinoide Zusammenfassung Weitere Farben und färbende Mechanismen |
| II.6.2.1 Einführung und Funktion Einführung Funktion und Gefieder | KURZ-INFO Strukturfarben bei Schillerfaltern KURZ-INFO Urweltfund im Westerwald |
| II.6.2.2 Strukturen Struktur der Konturfedern Struktur der Federfollikel | II.6.2.6 Gefiederwechsel und Mauser Abnutzungserscheinungen an Federn Mauser Vollmauser Zeitraum und Steuerung der Mauser Schreckmauser |
| II.6.2.3 Entwicklung der Feder | |
| II.6.2.4 Federbedeckung und Federtypen Grundsätzliche Federtypen im Überblick KURZ-INFO Puderdünen und Bürzeldrüse bei Papageien | |

| | | |
|-----------------|---|--|
| | KURZ-INFO Abwurf von Körperstrukturen als Analogie | Flügelschläge pro Sekunde und Höchstgeschwindigkeiten |
| | Abfolge der Gefiederkleider | |
| | Zweck der spezifischen Gefiederfärbungen | |
| II.6.3 | Flugtechniken | II.6.3.8 Flug auf der Stelle |
| II.6.3.1 | Einführung | Rüttelflug |
| II.6.3.2 | Flugprinzipien | Schwirrfly der Kolibris |
| | Kräftepaare | II.6.3.9 Formenvielfalt des Gleitflugs |
| | Auftrieb | Wellenflug |
| | Widerstand | Bolzenflug |
| | Anstellwinkel und Auftriebs-Widerstands-Verhältnis | Segelflug |
| | Flügelflächenbelastung | KURZ-INFO Fliegende Fische |
| | Flügelstreckung | II.6.4 Grenzbereiche der Flugfähigkeit |
| II.6.3.3 | Luftkisseneffekt | Körpergröße |
| | KURZ-INFO Der Luftkisseneffekt in der Technik | Massenabhängigkeit und Flächenbelastung |
| II.6.3.4 | Prinzip des Gleitflugs | 1. Korrelation zwischen Flügeloberfläche und Masse |
| II.6.3.5 | Vorflügel | 2. Korrelation zwischen Stoffwechselleistung und Masse |
| II.6.3.6 | Freie Handschwinger | 3. Physikalische Flugleistung |
| II.6.3.7 | Schlagflug | 4. Leistungsvergleich |
| | Hauptphasen des Schlagflugs | Thermiksegler oder Gravitationstheorie? |
| | Aufgabenteilung des inneren und äußeren Flügelteils | Ted Holdens Gravitationsthese |
| | | Kontinentaldrift nach Wegener |
| | | Meyls Begründung für Kontinentaldrift |
| | | Resümee |

II.7 Flugunfähigkeit

| | |
|---|---|
| Oberes Maximalgewicht für Flugfähigkeit | Die Dronte |
| Flugunfähige Vögel | Rezente Vogelarten |
| Ausgestorbene flugunfähige Vogelarten | Morphologische und ethologische Anpassungen beim Afrikanischen Strauß |

III Vogelzug

III.1 Gefahren und Motivation

| | |
|--------------------------|---|
| Einführung | Beziehungsgeflecht verschiedener Faktoren |
| Gefahren auf dem Zug | Die Wanderratten (Gedicht) |
| Entstehung des Vogelzugs | Mauserzug |

III.2 Wandertypen und Steuerung

| | |
|------------------------------|--|
| Nomaden und Vertikalwanderer | Dynamik |
| Definition des Vogelzugs | Genetische Determinierung |
| Abschnitte des Vogeljahres | Orientierung |
| Kategorien des Zugverhaltens | Standvogel-Zugvogel-Verhältnis |
| Klassifizierungsprobleme | Geschlechtsspezifische Zugunterschiede |

III.3 Zugsysteme

| | |
|---------------------|--------------------------|
| Kurzstreckenzieher | Zuglinien und Fettdepots |
| Langstreckenzieher | Formationsflug |
| Welthauptzugsysteme | Andere Charakteristika |

III.4 Forschungsmethoden

| | |
|----------------------|--------------------|
| Vorgeschichte | Forschungsmethoden |
| Erste Untersuchungen | |

IV Evolution der Vögel

IV.1 Herkunft der modernen Vögel

IV.2 Fossilien

Paläontologie als Wissenschaft
Prinzip der Fossilisation
Fossilientypen
Sinosauropteryx
Protarchaeopteryx

Caudipteryx
Zwischenbilanz
Archaeopteryx
Shenzhouraptor

IV.3 Artbegriffe und Artentstehung

Evolutionstheorien
Artbegriffe
Biologischer Artbegriff
Morphologischer Artbegriff
Historische, phylogenetische Einheit

Subspezies und Clines
Entstehung von Arten
Sympatrische Artbildung
Allopatrische Artbildung
Adaptive Radiation

V Fortpflanzung und Entwicklung

V.1 Fortpflanzung

V.1.1 Geschlechtsorgane

Einführung
Männliche Geschlechtsorgane
Weibliche Geschlechtsorgane

V.1.2 Fortpflanzungssysteme

Mono- und Polygamie
KURZ-INFO Polygamie
Fremdvaterschaften
Dynamik der Paarungssysteme

V.1.3 Balz

Begriff der Balz
(1) Zusammenführen der Fortpflanzungspartner
(2) Sexuelle Isolation anderer Arten
(3) Fortpflanzungspartner-Synchronisation
(4) Überwindung innerartlicher Aggression
Bemerkenswerte Balz

V.1.4 Nest und Nestbau

Aufgabe des Nestes
Parasiten im Nest
Nestlose
Offene Nester
Dachnester
Höhlennester
Gemeinschaftsnester

Inselnester
„Nachnutzer“

V.1.5 Ei und Gelege

Einführung
Strukturen des Eies
Färbung und Tarnung
Eigröße und -form
Gelege
Ei-Geschmack

V.1.6 Brutpflege

Funktionen
Temperierung des Nachwuchses
Brutdauer und Brutsitzungen
Kurz-Info Bebrütung bei Kaiserpinguinen
Verhaltensweisen
Ernährung der Jungen
Verteidigung des Nachwuchses
Besondere Verteidigungsstrategien
Töten des Nachwuchses

V.1.7 Brutparasitismus

Vorkommen
Kuckucke
Kuckucksente

V.1.8 Altruismus

V.2 Anatomische Genese

V.2.1 Embryogenese

V.2.2 Ontogenese und Adultstadium

Kategorisierung
Nestflüchter

Nesthocker
Platzhocker
Weitere Entwicklung
Adultstadium

| | |
|--|----------------------------|
| V.3 Kognitive Genese | |
| V.3.1 Prinzipien des Verhaltens | Vogelrufe |
| Verhaltensmuster | Gesänge |
| Reaktionsauslöser | V.3.5 Werkzeuggebrauch |
| Verhaltensmotive | Einführung |
| Reizreaktionsermüdung | Definition |
| Kurz-Info Einführung | Steine-Schleudern |
| in die Begriffe der Motivationsforschung | Steinbomben-Werfen |
| V.3.2 Genetisch determiniertes Verhalten | Hämmern |
| V.3.3 Lernprozesse | Amboss-Klopfen |
| Begriffsdefinition | Fegen und Parasiten-Schutz |
| Obligatorisches Lernen | Beute-Fallen-Lassen |
| Fakultatives Lernen | Aufstöbern und Aufspießen |
| Prägung | Ködern |
| Habituation | Angeln |
| Klassische Konditionierung | Feuer legen |
| Operante Konditionierung | Anstreichen |
| Imitationslernen | Trommeln |
| Höheres kognitives Lernen | Nüsse und Früchte knacken |
| V.3.4 Akustische Kommunikation | Bein schienen |
| Lauterzeugung im Syrinx und Larynx | |
| Instrumentale Lauterzeugung | |

VI Ökologie

VI.1 Historie der Ökologie als Wissenschaft

| | |
|------------------------------------|---|
| Ökologie vor dem zweiten Weltkrieg | Entwicklung der Ökologie nach dem zweiten Weltkrieg |
| Ergänzungen zu Persönlichkeiten | |

VI.2 Grundlagen

| | |
|--------------|--------------------------|
| Ökologie | Naturschutz |
| Umweltschutz | Teilgebiete der Ökologie |

VI.3 Autökologie

| | |
|---------------------------------------|---|
| VI.3.1 Gesetzmäßigkeiten und Regeln | Toleranzbereiche |
| Minimumgesetz | Umgebungstemperatur als abiotischer Faktor |
| RGT-Regel | und Körpertemperatur des Vogels |
| Bergmannsche Regel | VI.3.3 Biotik |
| Kurz-Info Jacobus Henricus van't Hoff | VI.3.4 Ökologische Nische |
| Allensche Regel | Einführung |
| VI.3.2 Abiotik | Definitionen |
| Einführung | Kurz-Info Nischen-Definitionen im Überblick |

VI.4 Demökologie

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| VI.4.1 Populationen | Kurz-Info r-Lebenszyklusstrategie |
| Einführung | Kurz-Info K-Lebenszyklusstrategie |
| Ideale Populationen | Phänotypische Plastizität |
| Kurz-Info Hardy-Weinberg-Verteilung | Fluktuation und Oszillation |
| Disjunkte Areale | Intraspezifische Konkurrenz |
| VI.4.2 Dynamik der Populationsgröße | VI.4.3 Abundanz und Verteilung |
| Populationsdichte | Abundanz |
| Geburtsrate und Bruterfolg | Verteilung |
| Überlebensrate | Kolonie |
| Sterblichkeitsrate | Territorialität |
| Kurz-Info Altersrekord einer Amsel | |
| Populationswachstum | |
| r- und K-Lebenszyklusstrategie | |

| | | |
|--------|--|---|
| VI.4.4 | Ausbreitung Faktoren und Merkmale Supertramp-Arten | Elternliebe Erkennen der Jungen und der Eltern Sozialer Verband |
| VI.4.5 | Individuum und Familie Vögel erkennen | |

VI.5 Synökologie

| | | |
|--------|--|--|
| VI.5.1 | Synökologische Indices Einführung Dominanz Diversität | Parasitismus unter Vögeln Kleptoparasitismus Probiose Parökie Kommensalismus Symbiose Übergangsformen zwischen Symbiose und Parasitismus |
| VI.5.2 | Interspezifische Beziehungen Einführung Antibiose Indirekte Schädigung Konkurrenzvermeidung durch Einnischung Beispiele zur Einnischung Zwillingsarten | Räuber-Beute-Bisysteme Phänomen „Gemeinsame Fluktuation“ |

VII Vögel und Menschen

| | | |
|-------|---|---|
| VII.1 | Vögel als Produktlieferanten Ei-Produktion Fleisch-Produktion Federn Weitere Produkte | Prophetische Deutungen Volksglaube und Spatzensteuer Die Eule Sprüche und Redewendungen Mythen, Märchen und Poesie |
| VII.2 | Vögel als Helfer des Menschen Einführung Brieftauben Biologische Schädlingsbekämpfung Der Bergmannsvogel Honigsucher Gefiederte Wachhunde Jagd-Vögel | VII.4 Vogel- und Naturschutz Entstehung des Naturschutz-Gedankens in Deutschland Kurz-Info Schutzgebiete in Deutschland Flächen- und Artenschutz Gefährdungszustand und Vogelschutz Konkurrenz durch Exoten |
| VII.3 | Vögel in Kultur und Technik Religiöse Deutungen Der Ibis Der Phönix | |

VIII Klassifikation

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Einführung Deutsche Namensgebung | Klassifikation der rezenten Vögel |
|-------------------------------------|-----------------------------------|

IX Quellen- und Literaturverzeichnis

I ALLGEMEINES ZU VÖGELN

Die Klasse Aves umfasst etwa 9970 Arten mit den unterschiedlichsten Typen und Formen.

Allen Vögeln gemeinsam ist jedoch der Schnabel, das Fehlen von Zähnen, das Gefieder, die bipede (zweibeinig laufende) Fortbewegung, zu (funktionsfähigen oder bei wenigen Arten zu funktionslosen) Flügeln umgebildete Vordergliedmaßen und ihre ovipare Fortpflanzung ohne eine einzige vivipare Ausnahme. Diese und weitere Kennzeichen aller Vögel stehen im weiteren Kontext zu den Wirbeltieren, zu denen sie als eine Klasse zugehörig sind. Vögel wie auch Säuger sind homoiotherm, was ihnen schnelle Reaktionen und eine hohe Aktivität ermöglicht. Entsprechend ihrer Lebensweise verfügen Vögel in der Regel über hohe optische Fähigkeiten,

verbunden mit einem generell hohen Leistungsniveau des zentralen Nervensystems.

Die Betrachtung der verschiedenen Vogelarten zeigt, wie sehr sich trotz der grundlegenden gemeinsamen Kennzeichen aller Vögel die ökologischen Nischen auch innerhalb der Aves voneinander unterscheiden. Die Formenvielfalt der Vögel ist so groß, dass es in diesem Werk nicht möglich sein wird, auch nur eine Art aus jeder Familie zu beschreiben. Vielmehr jedoch können für Vögel typische Grundprinzipien und Faktoren generalisiert dargestellt und exemplarisch einzelne Vogelarten, gewissermaßen als Stellvertreter für eine bestimmte Lebensweise oder einen bestimmten Grundtypus, vorgestellt werden und in Zusammenhang mit wichtigen ökologischen Prinzipien gestellt werden.

II ORGANISMUS VOGEL

II.1 STOFF- UND ENERGIEWECHSEL

II.1.1 ENERGIEHAUSHALT

Respiration und Körpertemperatur

In den Flugmuskeln wird die zum Flug nötige Energie in Bewegung der Flügel umgesetzt. Die Oxidation von Kohlenhydraten liefert über die Glycolyse die Energie für die Muskelkontraktionen. Da dieser als Respiration bezeichnete biochemische Prozess bei höheren Temperaturen leichter und schneller abläuft und der Energiebedarf eines fliegenden Vogels sehr hoch ist, haben Vögel eine im Vergleich zu den Säugetieren (Mammalia) höhere Ruhetemperatur von etwa 40° Celsius. Aufgrund des gesteigerten Energiebedarfs beim Flug um den Faktor 10 bis 15 zur Ruhesituation, erhöht sich die Körpertemperatur um einige Grad Celsius weiter.

Fett und Glykogen

Bevorzugte Energielieferanten für die Muskeln sind Fette und Glykogen. Fette können kontinuierlich und in hoher Menge Energie-

äquivalente zur Verfügung stellen. Im Nahrungsspektrum des Vogels taucht fettreiche Nahrung aber nur selten auf. Fette werden daher in der Leber aus Kohlenhydraten synthetisiert. Diese können im Gegensatz zu Zuckern (Glucose und andere Zucker) als Trockenmasse ohne Anlagerung von Wasser unter der Haut und um die inneren Organe herum zwischengelagert werden, zumal Kohlenhydrate nur als Glykogen gelagert werden können. Die Fett-Speicherung führt so zu einer insgesamt achtmal höheren Energiebilanz als die Kohlenhydrat-Speicherung. Daher wird der größte Teil der Energie in Fett-Speichern deponiert. Beim Flug in typischen Reisegeschwindigkeiten zehren sie aus diesen Fett-Depots. Wenn bei kurzzeitigen Extrembelastungen die Lungen den Muskeln jedoch nicht genügend Luftsauerstoff zur Verfügung stellen können, wird Glykogen anaerob in Milchsäure, später in Kohlendioxid

und Wasser, umgesetzt. Wird also Energie kurzfristig und sehr schnell benötigt, können besonders Sprinter auf ihre Glykogen-

Speicher zurückgreifen. Aber auch beim Starten oder schnellen Fliegen nutzen sie zur Energiegewinnung Glykogen.

II.1.2 VERDAUUNGSSYSTEM

Der Hornschnabel und das Fehlen von echten Zähnen sind besonders auffällige Merkmale der Vögel. Typisch sind weiterhin die Entwicklung von Speicherkröpfen im Oesophagus und die Gliederung des Magens in mindestens zwei Abschnitte. Die Spezialisierungen des Verdauungstraktes als Anpassung an die besetzte ökologische Nische sind innerhalb der Aves teilweise so gravierend, dass mit ihnen phylogenetische Prozesse erklärt werden können (Ziswiler (1976)).

Mundhöhlen-Schlundregion

Vögel können mit ihrem Schnabel Nahrung aufnehmen, festhalten und mechanisch bearbeiten. Eine besondere Struktur ist der hörnerne Gaumen, der bei Körnerfressern die Aufgabe eines Widerlagers oder einer Festhaltevorrichtung beim Aufquetschen oder Aufschneiden der Samenschalen hat.

Die Zunge ist sehr variabel gestaltet. Spechte und Kolibris haben sehr lange Zungenbeinhörner, die sich hinten um den Schädel herumlegen und ein weites Vorschnellen der Zunge ermöglichen.

Funktionell zeigt sich die Zunge beispielsweise in Form einer langen Klebe-Greifzunge bei Spechten, einer röhren- oder halbröhrenförmigen Saugzunge bei Kolibris und Nektarvögeln, einer mit Hornhaken besetzten Festhaltezunge bei Pinguinen oder einer mit vielen Tastkörperchen besetzten Klöppelzunge zum Betasten der Nahrung bei Papageien. Neben diesen kommen jedoch noch zahlreiche weitere spezielle Formen vor.

Die aufgenommene Nahrung kann in der Mundhöhlen-Schlundregion mit Hilfe der Mundspeicheldrüsen (Glandulae salivales) eingespeichelt und von dort weitergeleitet werden. Der Speichel der Vögel enthält jedoch in der Regel nur Schleim. Lediglich bei

einigen Körnerfressern werden geringe Mengen Amylasen gebildet (Bezzel, Prinzinger (1990)). Sumpf- und Wasservögeln, die schlüpfrige Nahrung zu sich nehmen, haben sogar keine oder nur schwach entwickelte Speicheldrüsen (Ziswiler (1976)).

Speiseröhre

Die Speiseröhre (Oesophagus) erweitert sich bei vielen Arten zu einem spindel- oder sackförmigen Kropf. Entweder dient der Kropf der Aufbewahrung von Nahrung vor allem für den Nahrungstransport zu den Nestlingen oder dem gleichmäßigen, kontinuierlichen Abgeben der Nahrung an den Magen. Bei einigen Arten sondern im Kropf befindliche Drüsen Sekrete ab, die harte Samen aufweichen oder der Brutpflege zum Füttern der Jungen mit dem Kropfinhalt oder einer eigens gebildeten nährstoffreichen Kropfmilch dienen, wie dies beispielsweise bei Finken und Tauben der Fall ist. Die Erzeugung der Kropfmilch wird unter dem Einfluss des Hypophysenhormons Prolaktin angeregt. Flamingos produzieren im Kropf ein durch Erythrocyten rotgefärbtes Substrat. Besonders Arten, deren Nahrungsressourcen extrem ungleichmäßig über den Lebensraum verteilt sind, wie bei vielen Fisch- und Körnerfressern, haben große Kröpfe, da sie die Nahrung oft über weite Distanzen befördern müssen.

Der unterste Teil der Speiseröhre ist vor dem Eintritt in den Magen erweitert und drüsenartig (Vormagen).

Magen

Dem Vormagen schließt sich unmittelbar der Magen (Ventriculus) an, der als Anpassung an die Qualität und Konsistenz der Nahrung, die er verarbeiten soll, verschiedene Beschaffenheit haben kann.

Er gliedert sich in zwei Abschnitte, den kranialen Drüsenmagen (*Ventriculus glandularis*) und den kaudalen Muskelmagen (*Ventriculus muscularis*).

Der Drüsenmagen ist meist spindelförmig, schwachwandig und drüsenreich. Die makroskopisch in der Schleimhaut sichtbaren Drüsen sezernieren Salzsäure und Pepsinogen.

Die Übergangszone zwischen Drüsen- und Muskelmagen ist nur mit wenigen Drüsen ausgestattet. Bei Blütenbesuchern und fruchtfressenden Papageien ist dieses Übergangsstück zu einem großen Speicherraum ausge dehnt.

Der Muskelmagen im Gegensatz zum Drüsenmagen sehr dickwandig, verhornt und muskulös. Hier wird die aufgenommene Nahrung gespeichert und gleichzeitig einer ersten proteolytischen Verdauung ausgesetzt. Bei Körner-, Pflanzen- und einigen Insektenfressern wird hier die Nahrung mechanisch zerkleinert. Das Magenepithel sondert eine Kollinschicht (*Tunica cuticula*) ab, die eine Reibeplatte zur Nahrungszerkleinerung bildet (Bezzel, Prinzing (1990)). Zur weiteren mechanischen Zerkleinerung der Nahrung verschlucken Vögel auch kleine Steinchen, als Magensteinchen, Gastrolithen oder auch als Grit bezeichnet. Auf diese Weise können Vögel die ihnen fehlenden Zähne ersetzen.

Eine weitere Aufgabe des Muskelmagens liegt in der kontinuierlichen Bereitstellung von Nahrung für die nachfolgenden Verdauungsabschnitte. Fleisch- und Insektenfresser bilden hier aus den unverdaulichen Nahrungsteilen, wie Knochen, Haaren, Federn oder Chitinpanzern, Gewölle, die sie auswürgen. An Hand solcher gefundener Gewölle lassen sich Rückschlüsse auf das arttypische Nahrungsspektrum einer Art ziehen.

Eine auffällige Beschaffenheit hat der Magen des **Kuckucks** (*Cuculus canorus*). Er vertilgt bevorzugt haarige Raupen, wie Nonne, Prozessionsspinner oder Schwammspinner. Die abgebrochenen Borsten der verzehrten Raupen bohren sich in die Magenwand ein und polstern den Magen innen allmählich vollständig mit Haaren aus. So bildet sich ein ein Zentimeter dicker Filz, der ähnlich wie die Magensteinchen bei der Zerkleinerung der Nahrung hilft. Viele dieser stark behaarten Raupen stellen bedeutende Forstschädlinge

dar, und so ist die gehäufte Beobachtung von Kuckucken an einem Ort ein deutliches Anzeichen für einen übermäßigen Befall der Waldbäume durch solche Raupen. „Es konnte nachgewiesen werden, dass es regelrecht eine Kuckucks-Konzentration in Gegenden mit einer Schwammspinnerkalamität gegeben hat“, wie Naumann in seinem Buch „Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas“, Gera (Naumann (1905)), schreibt.

Dünndarm

Der Hauptanteil der chemischen Verdauung und der Nährstoff-Resorption ist im Dünndarm lokalisiert, der zum entodermalen Mitteldarmabschnitt gehört. Unterschieden werden können meist nacheinander ein Zwölffingerdarm (*Duodenum*), der Leerdarm (*Jejunum*) und der Hüftdarm (*Ileum*). Die Abgrenzung dieser einzelnen Abschnitte ist umstritten, zumal die Übergänge meist nicht erkennbar sind und lediglich auf der Lage beruhen.

Bei Pflanzen- und Samenfressern ist der Dünndarm relativ lang, dagegen bei Fleisch- und Fruchtfressern eher kurz.

Dickdarm und Blinddärme

Kloake, Dickdarm (*Rectum*) und Blinddärme sind Bestandteil des ektodermalen Enddarms. Der zum Dünndarm vergleichsweise kurze Dickdarm verläuft relativ geradlinig. An ihm liegen die meist paarigen Blinddärme. Sind die Blinddärme bei Singvögeln, Raubvögeln, Spechten, Reihern und Röhrennasen sehr klein, sind sie bei anderen, unter anderem Kuckucken, Racken und besonders beim **Afrikanischen Strauß** (*Struthio camelus*) und bei Rauhußhühnern dagegen besonders groß. Die durch zwei Schleimhautfalten in drei Abschnitte unterteilte Kloake ist der terminale Abschnitt des Dickdarms. In ihr wird Kot, Harn und die Geschlechtsprodukte zwischengelagert. Der erste Abschnitt der Kloake, das sogenannte Coprodaeum, ist die Übergangszone zwischen Dickdarm und After. Im zweiten Abschnitt, dem Urodaeum, enden der Eileiter (*Ovidukt*) oder die Samenleiter (*Vasa deferentia*) und die Harnleiter (*Urether*) ein. Als dritter Abschnitt mündet das Proctodaeum in die Kloakenöffnung (*Anus*).

Bauchspeicheldrüse

Die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) ist in drei Abschnitte gegliedert, den Ventral-, Dorsal- und Mittellappen. Zwei beziehungsweise oft drei Ausführungsgänge ziehen vom Ventralappen (2 Gänge) und Dorsallappen (1 Gang) zur Einmündung in das Duodenum. Der Mittellappen sondert sein Sekret über den Ventral- oder Dorsallappen ab. Die Bauchspeicheldrüse setzt sich aus einem endokrinen und einem exokrinen System zusammen. Das endokrine besteht aus den Langerhansschen Inseln. Der exokrine Bauchspeicheldrüsensaft enthält insbesondere die Enzyme Amylase und Lipase und andere proteolytische Enzyme (Ziswiler (1976)).

Leber

Die zweilappige Leber (Hepar) produziert den für die Verdauung essentiellen Gallensaft.

Der rechte Leberlappen ist meist größer als der linke. Beide besitzen ihren eigenen Gallengang, wobei der linke direkt ans Duodenum anschließt, der rechte zunächst zur Gallenblase führt oder selbst zu einer Blase verdickt ist. Von dort stellt der Gallengang die Verbindung zum Dünndarm her. Die Gallenblase fehlt jedoch völlig beim Strauß, Nandu, vielen Tauben, Kolibris und Papageien (Ziswiler (1976) und Bezzel, Prinzinger(1990)).

Als Speicherorgan für Lipide und Glykogen ist sie im Intermediärstoffwechsel von Bedeutung. Sie synthetisiert daneben Proteine und Glykogen und bildet Harnsäure.

Eine weitere Aufgabe übernimmt sie mit der Entgiftung des Blutes. Die Leber von Jungvögeln ist gleichzeitig auch noch der Syntheseort für Blutzellen.

II.1.3 ERNÄHRUNGSBIOLOGIE

II.1.3.1 NAHRUNGSSPEKTRUM

Nahrungsspezialisten und -generalisten

Die Nahrungsaufnahme ist der Energielieferant nicht nur der Vögel. Echte Nahrungsspezialisten sind unter den Vögeln im Gegensatz zu den Mammalia relativ selten. Die meisten Vogelarten weisen über ihre Lebensspanne betrachtet ein breites Nahrungsspektrum auf, sind demnach Nahrungsgeneralisten.

Wenige Arten, wie Gänse, Rauhfußhühner, die ihren Namen der Befiederung ihrer Läufe und dem seitlichen Abstehen von Hornstiften an den Zehen verdanken, oder manche Nektarfresser, ernähren sich von wenigen Nahrungsobjekten.

Nahrungswahl-Kategorien

Grundsätzlich lassen sich alle Vögel in die Kategorien Pflanzenfresser (Herbivore), Fleischfresser (Carnivore) oder Allesfresser (Omnivore) einteilen. Spezieller lassen sich beispielsweise Fruchtfresser (Frugivore), Körnerfresser (Granivore), Insektenfresser (Insectivore) oder auch Nektarivore (Nektarfresser) klassifizieren.

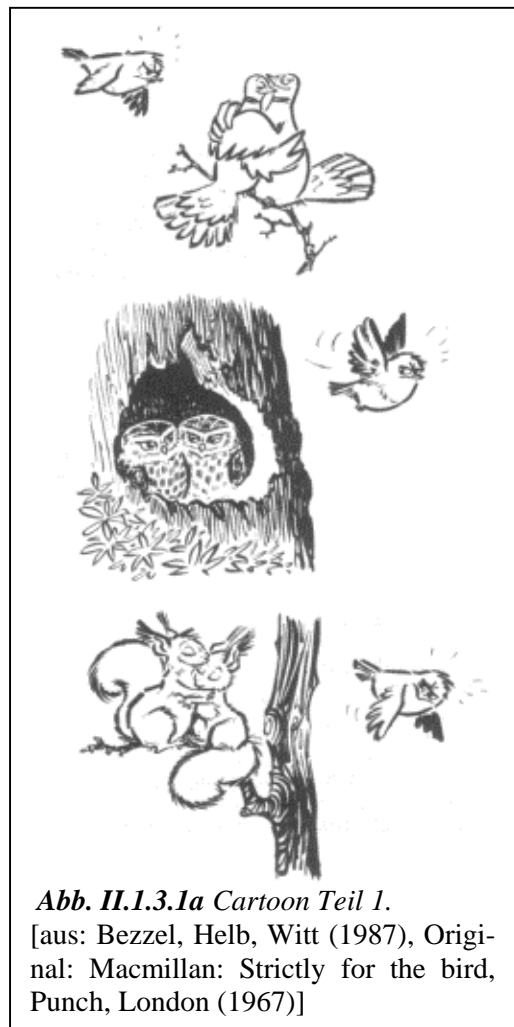


Abb. II.1.3.1a Cartoon Teil 1.
[aus: Bezzel, Helb, Witt (1987), Original: Macmillan: Strictly for the bird, Punch, London (1967)]

Eine exakte Aufteilung aller Vogelarten ist jedoch nicht möglich, da viele Arten nicht konsequent auf einen bestimmten Nahrungstypus eingegrenzt sind.

Die Mehrzahl der Vogelarten ernährt sich von Beutetieren und gehört damit den Carnivoren an. Fast oder nur tierisch ernähren sich 52 Familien, wohingegen lediglich 8 Familien den täglichen Nahrungsbedarf rein pflanzlich beziehungsweise 16 Familien überwiegend pflanzlich decken. 82 Familien nehmen gemischte Nahrung auf, darunter 16 überwiegend pflanzliche und 26 überwiegend tierische (Bezzel, Prinzing (1990)). Das bei Vögeln gegebene Übergewicht tierischer Nahrung wird in kausalem Zusammenhang mit dem hohen Energiebedarf beim Fliegen gesehen (Bairlein (1996)). Bevorzugt werden aber auch energiereiche Sämereien oder Früchte aufgenommen. In warmen Gebieten stellt auch Nektar und Pollen eine spezielle Nahrungsnische dar, die unter anderem von Kolibris, Nektarvögeln und einigen Insektenfressern höherer Breiten auf dem Zug und im Ruhegebiet besetzt ist.

Dabei fällt besonders der hohe Wert bei Kolibris auf. Er resultiert aus der extrem energieaufwändigen Flugtechnik, die ihnen sogar einen Flug auf der Stelle ermöglicht. Dies ist allerdings zur Aufnahme des Nektars auch eine Grundvoraussetzung. Nur so können sie ihren langen Schnabel in die tiefen Blüten stecken, um an den Nektar zu gelangen. So bedingt der Flug auf der Stelle einerseits eine so energiereiche Nahrung wie den Nektar. Andererseits ist es ohne den Flug auf der Stelle aber auch nicht möglich, an diesen Nektar zu gelangen. Dieser Ringschluss bestätigt ein weiteres Mal, dass es keine freien ökologische Nischen gibt, die besetzt werden können, sondern sich diese in ständigen Interaktionen zwischen Organismus und belebter beziehungsweise unbelebter Umwelt immer weiterentwickeln. Auch der Kolibri hat in seiner Evolution eine immer spezifischere Nische erlangt.

Optimale Ernährung

Es ist davon auszugehen, dass die „Selektion solche Individuen begünstigt, die sich möglichst effizient ernähren, d. h. die sich so ernähren, dass ihre Überlebenschancen und

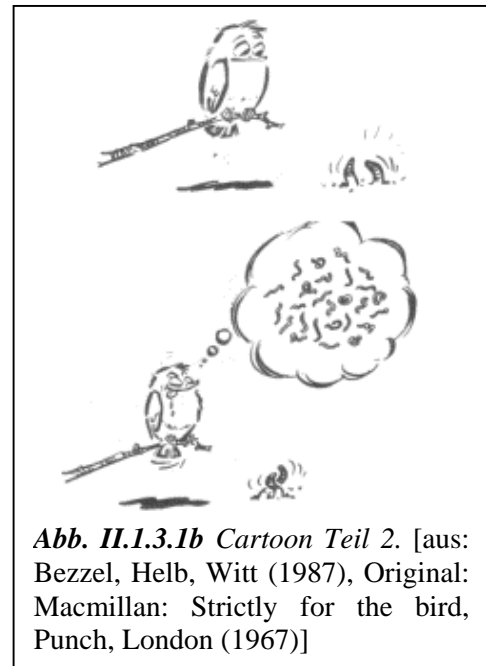


Abb. II.1.3.1b Cartoon Teil 2. [aus: Bezzel, Helb, Witt (1987), Original: Macmillan: Strictly for the bird, Punch, London (1967)]

| TAGESRATION NAHRUNG (in % des Körpergewichts) | |
|--|------------|
| Anakonda | 0,013 |
| Löwe | 2,9 |
| Rind | 3,0 |
| Huhn | 3,5 |
| Bussard | 4,5 |
| Turmfalke | 8,0 |
| Star | 12 |
| Mauswiesel | 25 |
| Blaumeise | 30 |
| Maulwurf | 100 |
| Spitzmäuse | 100 |
| Kolibri | 200 |
| Etrusker-Spitzmaus | 200 |

Tab. II.1.3.1c Vergleich der Nahrungstagesrationen im Tierreich.
[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

ihr Fortpflanzungserfolg maximiert sind“, so Bairlein (1996).

Der gesamte Aufwand (Kosten), der für die Aufnahme eines spezifischen Nahrungstypus betrieben werden muss, stehen immer dem realisierten Gewinn in Form von Energie gegenüber. Die optimale Ernährung ist demnach diejenige, die den günstigsten Kosten-Nutzen-Faktor aufweisen kann.

Sie ist zwangsläufig abhängig vom Nahrungsangebot, dem Lebensraum, dem Alter des Individuums, der Jahreszeit und weiteren Einflussfaktoren. Beispielsweise ernähren sich **Trauerbachstelzen** (*Motacilla alba yarellii*) von Dungfliegen (Scatophagidae) verschiedener Größe. Die Größenverteilung der erbeuteten Fliegen entspricht aber nicht der tatsächlichen Häufigkeit der Größen der Fliegen, sondern der Verteilung der zu gewinnenden Kalorien pro Sekunde Handhabungszeit. Trauerbachstelzen wählen also am häufigsten diejenige Beute aus, die ihnen den höchsten Energiegewinn pro Zeiteinheit einbringen (Begon, Harper, Townsend (1998)) (siehe Abbildung II.1.3.1d).

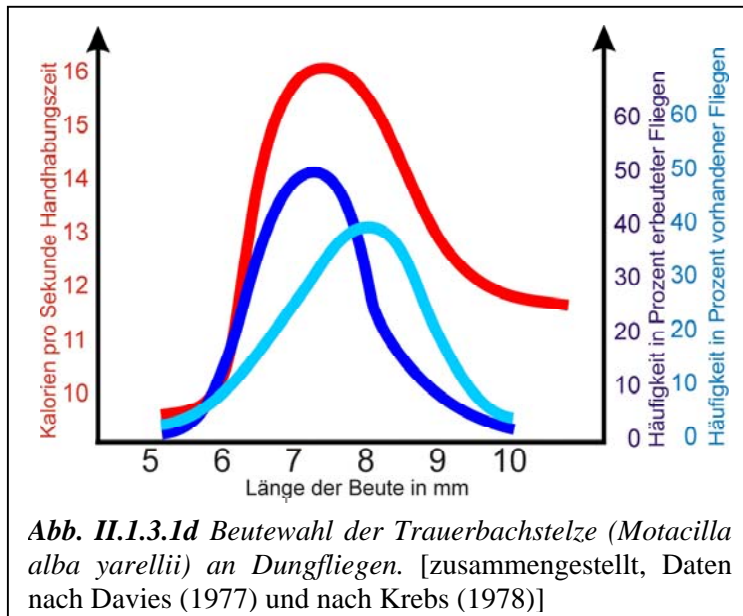


Abb. II.1.3.1d Beutewahl der Trauerbachstelze (*Motacilla alba yarellii*) an Dungfliegen. [zusammengestellt, Daten nach Davies (1977) und nach Krebs (1978)]

Änderung der Nahrungswahl

Saison- oder altersbedingt kann sich daher die Ernährungsweise eines Vogels mit breitem Nahrungsspektrum dennoch auf wenige Nahrungsobjekte beschränken oder erheblich variieren. Ein Beispiel für eine Spezialisierung auf eine einzige Nahrungsart sind die Nestlinge vieler insektenfressender Singvögel, die in diesem Altersstadium nahezu nur Blattläuse aufnehmen. **Gartengrasmücken** (*Sylvia borin*) ernähren sich zur Brutzeit meist von Insekten, fressen zur Zugzeit aber auch Beeren und andere fleischige Früchte (Bairlein).

Dies trifft für einen großen Teil der insektenfressenden Singvögel zu, die in dieser Zeit zu Omnivoren werden, die auch Beeren und Früchte nicht verschmähen (Berthold (1992a)). Der Grund liegt im Aufbau dicker Fettpolster für den Zug, die binnen weniger Tage oder Wochen angefressen werden müssen. Dieser erhöhte Energiebedarf kann nur durch eine erhöhte Nahrungszufuhr bewältigt werden, die sogenannte Hyperphagie. Zugvögel sind dann auf leicht erreichbare Nahrung, wie Früchte und Beeren, angewiesen, die große Mengen an Kohlenhydraten enthält. Die Zahl der auffindbaren Insekten ist zur Wegzugzeit meist schon gering. Als Anpassung an die Phase der Hyperphagie vergrößert sich bei Drosseln (Turdidae) und möglicherweise auch bei weiteren Arten während dieser Zeit der Verdauungstrakt.

Analyse des Nahrungsspektrums

Die einfachste Methode, um die Nahrungsspezifika eines Vogels zu analysieren ist es, den Verdauungstrakt auf Nahrungsreste zu untersuchen. Aus heutiger Sicht ist dabei ein gezieltes Töten von Vögeln, wie dies in der Vergangenheit immer wieder praktiziert wurde, im Sinne des Natur- und Artenschutzes abzulehnen. Schon tot aufgefundene Individuen können dagegen natürlich untersucht werden. Bei Insektenfressern, Fischfressern, Greifvögeln und Eulen lassen sich die ausgespienen Gewölle untersuchen,

die neben Federnresten und Knochen sämtliche nicht verdaulichen Reste enthält. Hierbei ist jedoch Vorsicht geboten, da beispielsweise Knochen verschiedene Verdauungszustände zeigen können und so eine scheinbar eindeutige Zuordnung zu einem bestimmten potentiellen Beutetier dennoch unrichtig sein kann. Das Nahrungsspektrum von Jungvögeln wird teilweise mit Nestlingsattrappen und mit der Halsringmethode verifiziert. Bei dieser Methode verhindert ein Ring um den Hals das Herunterschlucken der Nahrung, die dann aus dem Schlund entnommen werden kann.

Bei Pflanzen- und Insektenfressern hat sich die Kotanalyse bewährt, da Bestandteile ihrer Nahrung relativ verdauungsresistent sind. Auch bieten sich Fütterungsexperimente und Käfigversuche an, die sich mit Ergebnissen

der Freilandbeobachtung vergleichen lassen. Kamera- und Video-gestützte Registrierungen ergänzen die heutige Methodenvielfalt.

KURZ-INFO Nahrungsspektrum von Elster und Rabenkrähe

Eine wissenschaftliche Begleituntersuchung an **Elster** (*Pica pica*) und **Rabenkrähe** (*Corvus c. corone*) in Rheinland-Pfalz von Prof. Dr. Martens und PD Dr. Helb hat unter anderem das Nahrungsspektrum dieser beiden Arten eingehend untersucht (Martens, Helb (1996-98)).

Nach ihren Ausführungen sind für Elstern im Winter die wichtigsten Nahrungskomponenten Insekten, Pflanzenfasern, Getreide, Wildkrautsamen und Schnecken, für Rabenkrähen Pflanzenfasern, Insekten, Getreide und Regenwürmer. Das gefressene Getreide stammt vermutlich von Ernterückständen und / oder Wildfütterungen. Wirbeltier-Reste, vor allem Kleinsäuger und vermutlich Aas, konnten in jeweils etwa 30 Prozent der Mägen nachgewiesen. Eine Schädigung von Niederwild kann dagegen aufgrund der Erlegungszeitpunkte (Februar 1997) ausgeschlossen werden.

Mit der schon erläuterten Halsringmethode wurden insgesamt 335 Nahrungsproben von Elstern und 130 von Rabenkrähen durchgeführt. Die (epigäischen) Arthropoden stellen mit 90,9 Prozent bei der Elster und 83,4 Prozent bei der Rabenkrähe das bevorzugte Beuteobjekt während der Brutzeit dar. Die anderen Nahrungsbestandteile sind daher, so das Gutachten, nahezu bedeutungslos. Die Tabelle II.1.3.1e listet die ermittelten Nahrungsspektren explizit auf.

Bei 29 Elstern (0,6 Prozent) und 11 Rabenkrähen (0,5 Prozent) konnten Wirbeltiere, vor allem Wühlmäuse, andere Kleinsäuger und Eidechsen, gefunden werden. Die prozentualen Werte zeigen den geringen Anteil der Wirbeltiere am Nahrungsspektrum.

Bei 12 von 4900 Elstern (0,2 Prozent) und bei 2 von 2266 Rabenkrähen (0,1 Prozent) wurden ausgewachsene Vögel, Eier oder Nestlinge nachgewiesen.

Diese ausführlichen Untersuchungen entstanden im Zusammenhang mit der Freigabe der Jagd auf Elstern und Rabenkrähen unter anderem in Rheinland-Pfalz, was erhebliche Proteste hervorgerufen hatte, zumal durch das Gutachten bestätigt werden konnte, dass die beiden Arten keinen schädigenden Einfluss auf Land- und Forstwirtschaft ausüben. Im Kapitel „Vögel und Menschen“ wird auf diese Problematik gesondert eingegangen.

Eine Untersuchung in einer anderen Region würde möglicherweise ein von Rheinland-Pfalz variierendes Nahrungsspektrum aufzeigen (siehe das folgende Kapitel über die besondere Methode von Rabenkrähen, an das Fleisch der Wellhornschnecken zu gelangen).

| NAHRUNGSSPEKTRUM | ELSTER (<i>Pica pica</i>) | RABENKRÄHE (<i>Corvus corone</i>) |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|
| Oberirdisch lebende Gliederfüßler | 90,9 % | 83,4 % |
| davon Insekten | 85,3 % | 78,4 % |
| davon Käfer | 67,2 % | 45,2 % |
| Regenwürmer | 2,8 % | 7,6 % |
| Kirschen | 2,1 % | - |
| Getreidekörner | 1,4 % | 5,2 % |
| Wildkrautsamen | - | 1,7 % |
| Vogeleier und Jungvögel | 0,2 % | 0,1 % |
| Wirbeltiere, v.a. Wühlmäuse u. Eidechsen | 0,6 % | 0,5 % |

Tabelle II.1.3.1e Nahrungsspektren von Elstern (*Pica pica*) und Rabenkrähen (*Corvus corone*) während der Brutzeit. [Daten nach Martens, Helb (1996-1998)]

KURZ-INFO Einfluss der Nahrungsressourcen auf Schnee-Eulen

Wie alle Eulenvögel ist auch die 52 bis 65 Zentimeter große **Schnee-Eule** (*Nyctea scandiaca*) ein Greifvogel. Sie ist imstande, fast jedes Tier in ihrer arktischen Heimat (zirkumpolar im arktischer Teil Kanadas, Grönlands und Nord-Eurasiens) zu überwältigen. Ihr Habitat sind Tundren, Sümpfe und Küsten. Die Schnee-Eule trägt ein auffälliges, größtenteils weißes Gefieder, wobei Weibchen etwas dunkler gestreift sind.

Die gewöhnliche Jagdzeit ist am Tag, allerdings nicht immer von einem erhöhten Ansitz aus. Manchmal führt sie auch Suchflüge durch, um Beutetiere aufzustöbern. Sie schlägt ihre Beute entweder am Boden oder Vögel auch im Flug oder auf dem Wasser.

Brut

Schnee-Eulen nisten ab etwa Mitte Mai. Für den Nestbau scharren sie eine Mulde in den Boden oder ins Gestein, kleiden die so entstandene Kuhle mit Moos und Federn aus und legen meist zehn Eier. Bei reichhaltigen Nahrungsressourcen kann das Gelege bis zu fünfzehn Eier enthalten. Das Männchen übernimmt in der Brutzeit, die etwa 32 Tage beträgt, die Nahrungsversorgung auch des brütenden Weibchens.

Abhängigkeit der Brut von den verfügbaren Nahrungsressourcen

Das Nahrungsspektrum reicht über etwa 50 verschiedene Säugetierarten (von Spitzmäusen bis zum **Eisfuchs** (*Alopex lagopus*), auch Polarfuchs genannt,) bis hin zu circa 90 Vogelarten (vom Sperling bis zur **Graugans** (*Anser anser*)).

In freier Wildbahn ist die Hauptnahrung fast ausschließlich der Lemming (weit mehr als 75 Prozent), wohingegen im Zoo nur weiße Mäuse und sonst keine andere Nahrung akzeptiert werden. Sind sie auf diese eingestellt, fressen sie weder Hamster und Lemminge noch braune Mäuse.

Frei lebende Schnee-Eulen fressen im Sommer täglich zwischen zwei und drei Lemminge. Das Revier umschließt während der Brut in Relation zur Dichte der Lemming-Population einen bis drei Quadratkilometer. Bis zum Flüggewerden werden die Jungvögel etwa 150 Lemminge zu fressen bekommen haben. Nach Untersuchungen von Remmert (1992) konsumiert eine Schnee-Eulen-Brut mit neun Jungen während eines Dichte-Maximums der Lemminge etwa 1300 Lemminge (siehe untenstehende Tabelle II.1.3.1f).

Bei niedriger Dichte der Lemming-Population (circa 300 Lemminge auf einen Quadratkilometer) reicht die Lemming-Zahl nicht einmal für die Ernährung des Brutpaars, zumal ein 100-prozentiger Jagderfolg auszuschließen ist, die Lemminge ihr Gebiet sehr gut kennen und ein Zusammentreffen mit sinkender Dichte immer unwahrscheinlicher wird. In einem solchen Gebiet ist eine erfolgreiche Jungenaufzucht nahezu ausgeschlossen.

Das Vorkommen der Schnee-Eule in Skandinavien kann daher auch jahrelang ausbleiben, ehe sie bei einer neuerlichen Lemming-Massenreproduktion wieder zurückkehren und brüten. Bei den immer wieder auftretenden Massenreproduktionen erreichen die Lemminge jedoch mühelos eine Dichte von bis zu 20.000 Individuen pro Quadratkilometer.

Wenn man für die Aufzucht des Nachwuchses 1300 Lemminge veranschlagt und die Ernährung des Brutpaars 360 Lemminge bedarf, dann verbleiben von 20.000 Lemmingen 18.7000 Individuen. Bei Betrachtung der kurzen Reproduktionszyklen der Lemminge mit zwei bis vier Würfen pro Jahr und durchschnittlich vier bis sechs Jungen pro Wurf wird deutlich, dass die Schnee-Eule kaum in der Lage sein wird, einen nennenswerten Einfluss auf die Lemming-Population auszuüben.

In Gebieten mit niedrigen Populationsdichten der Lemminge kann die Schnee-Eule nicht brüten, daher dezimiert sie auch hier die Population nicht wesentlich. Es ist also festzustellen, dass trotz der Nahrungsbeschränkung auf nahezu eine Beutearart diese in ihrer Existenz durch die Schnee-Eule keineswegs gefährdet ist. Dieses auf nur zwei Arten extrem reduzierte Räuber-Beute-Modell-Beispiel zeigt, dass ein insgesamt stabiler Bestand und damit Koexistenz beider Arten dennoch möglich ist. Im Unterschied zu den Beispielen klassischer Differentialgleichungen der Räuber-Beute-Populationen, die ein periodisches Auf und Ab der Beutetiere wie auch der Räuber mit zeitlicher Verzögerung beschreiben, beeinflusst die Schnee-Eulen-Population eine Lemming-Population jedoch kaum. Im Gegenzug besteht allerdings eine deutlich positive Korrelation der Schnee-Eulen-Dichte von der Lemming-Dichte.

Trotz dieser Erkenntnis werden besonders in nördlichen Regionen zyklische Schwankungen der Lemming-Populationsgrößen registriert. Diese scheinen unter anderem, neben hoher oder niedriger intraspezifischer Konkurrenz aufgrund hoher oder niedriger Populationsdichte, auf die Kombination aller Räuber-Beute-Systeme (mit dem Lemming als Beute) zurückzuführen sein. Andere Prädatoren (Räuber) sind insbesondere der **Eisfuchs** (*Alopex lagopus*), das **Hermelin** (*Mustela erminea*), das **Mauswiesel** (*Mustela nivalis*), aber auch **Eismöwen** (*Larus hyperboreus*) und Raubmöwen.

| | ALASKA | TIERGARTEN NÜRNBERG |
|---|---|-------------------------------------|
| Nahrungsaufnahme | 600-1600 Lemminge | 2760 Mäuse |
| 1 adultes Tier / Jahr in kg Lebendgewicht | = 55-130 kg | = 69 kg |
| Nahrungsaufnahme | geschätzt 150 - 350 g | 219 g |
| 1 adultes Tier / Tag in g Lebendgewicht | | |
| Nahrungsbedarf der Jungen während der Aufzucht in kg Lebendgewicht | 1300 Lemminge = 100 kg (9 Jungtiere) | 2360 Mäuse = 59 kg (5 Jungtiere) |
| Nahrungsaufnahme eines Jungen / Tag während der Aufzucht in g Lebendgewicht | 160 g = 2 Lemminge | 132 g = 5,6 Mäuse |

Tabelle II.1.3.1f Nahrungsaufnahme von Schnee-Eulen in freier Wildbahn (Alaska) und im Tiergarten Nürnberg. Bei den Untersuchungen wurde ein Lemming mit 80 Gramm Körpergewicht angesetzt, eine Maus mit 25 Gramm. [Daten nach Remmert (1992)]

II.1.3.2 ÜBERBLICK ÜBER ANPASSUNGEN UND TECHNIKEN

Variationen und Anpassungen des Schnabels

Der Hornschnabel dient als typisches Organ aller Vögel der Nahrungsaufnahme und weist dementsprechende Anpassungen an die artspezifische Nahrung auf. Sind zwar bei Monotremen, zu ihnen gehören beispielsweise Schnabeltiere (siehe das Kurz-Info zum Schnabeltier) und Ameisen- oder Schnabeligel, und einigen Reptilien schnabelähnliche Bildungen zu finden, sind die aus Horn bestehenden Schnäbel nur bei den Vögeln so speziell auf die charakteristische ökologische Nische der Art adaptiert (Abbildung II.1.3.2b (siehe nächste Seite) zeigt nur einige der zahlreichen Anpassungsformen des Schnabels.).

Vogelschnäbel können daher in typische Werkzeugkategorien eingeteilt werden. So dienen sie als Löffel, Pinzette, Zange, Säge, Reuse, Nussknacker, Saugröhre oder als anderes Werkzeug. Besonders deutlich wird die mögliche Variationsbreite innerhalb nächster verwandtschaftlicher Beziehungen am Beispiel der Darwin-Finken, die auf den Galapagos-Inseln leben und in einer typenreichen adaptiven Radiation (weiteres hierzu und zu Darwin-Finken: siehe Kapitel IV.3 Artbegriffe und Artentstehung, Abschnitt zur adaptiven Radiation) zahlreiche Anpassungen an die aufgenommene Nahrung erfahren haben (siehe Abbildung II.1.3.2a).

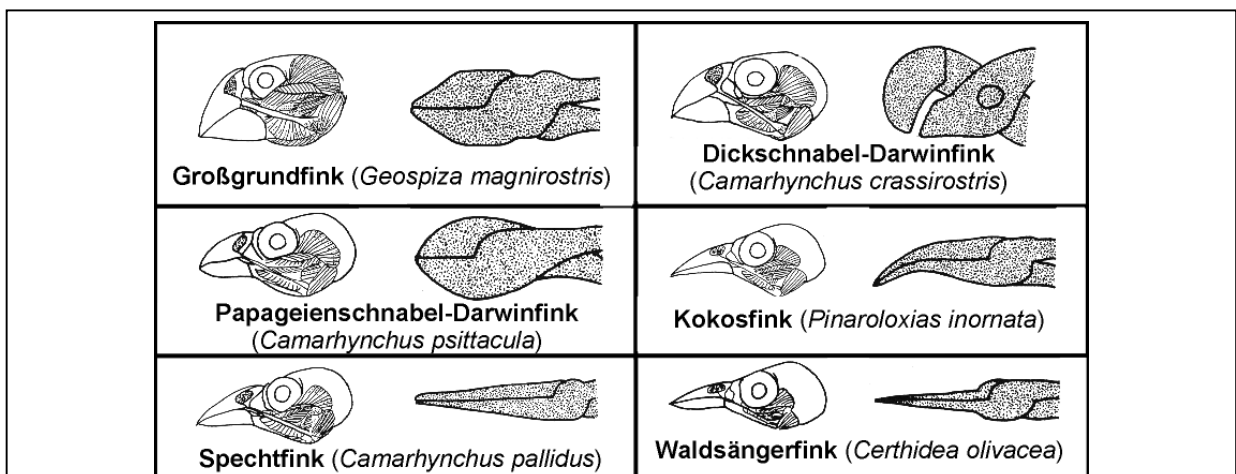
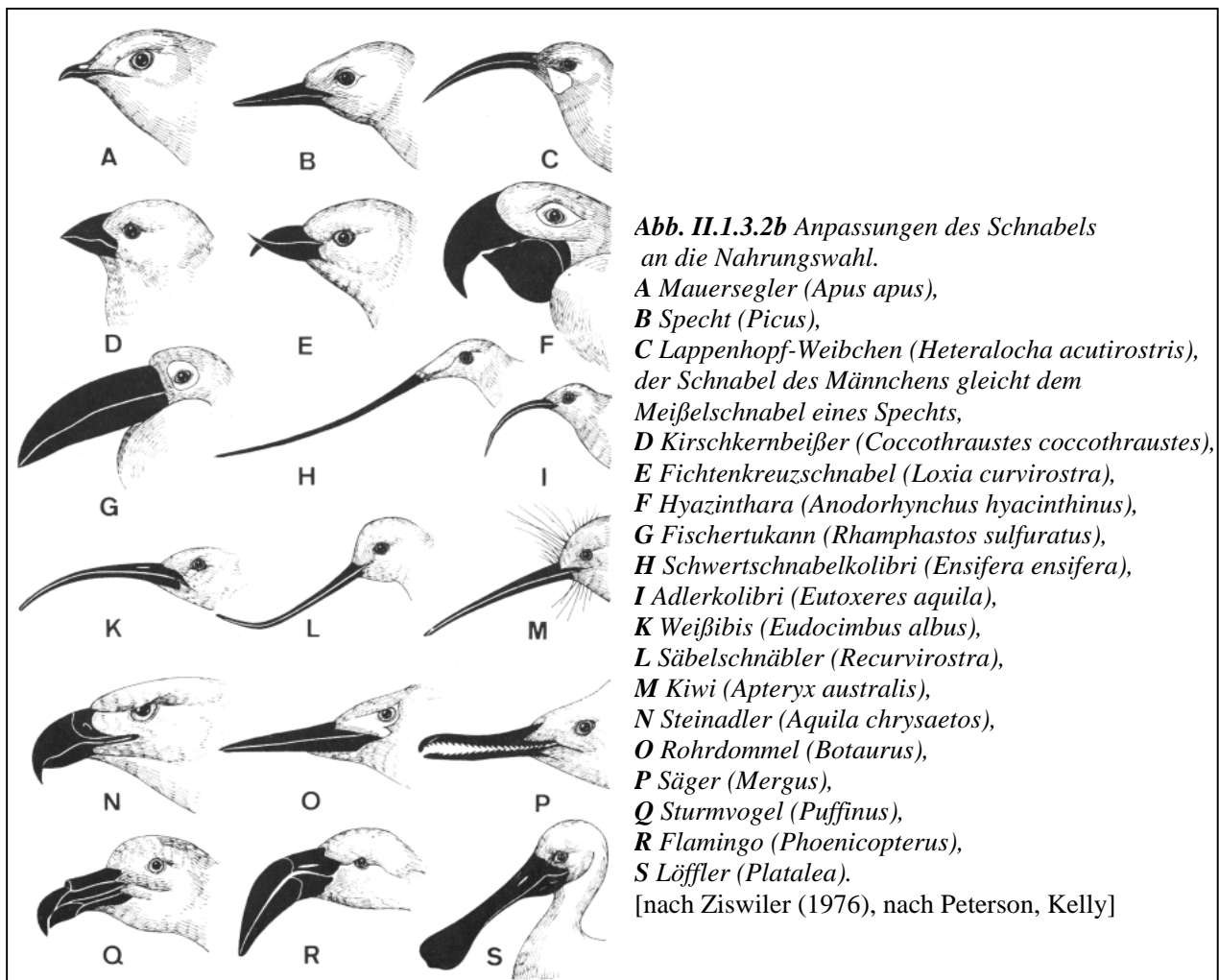


Abb. II.1.3.2a Darwin-Finken, die auf den Galapagos-Inseln leben und in einer typenreichen adaptiven Radiation zahlreiche Anpassungen erfahren haben. [zusammengestellt, nach Grant (1986), nach Grant (1991) und Eichendorf (1995/96) ohne Angabe der Ursprungsquelle.]



Schnabeltypen

Eine Generalisierung der Schnabeltypen in Nutzer spezifischer Nahrungsquellen ist möglich und zeigt exemplarisch, wie die Selektion auf spezielle Nahrungsressourcen hin ausgerichtet bestimmte konvergente Entwicklungen in nicht näher miteinander verwandten Vogelarten bedingt.

Insektenfresser

Insektenfresser gleich welcher Familie haben daher in der Regel schlanke und pinzettenähnliche Schnäbel in variierender Länge. Dieser Schnabel ermöglicht es ihnen, mühelos selbst an Insekten in krustigen Baumrinden zu gelangen. Diese Grundform findet sich bei **Bartmeise** (*Panurus biarmicus*), **Rauchschwalbe** (*Hirundo rustica*), **Mauersegler**

(*Apus apus*), **Bienenfresser** (*Merops apiaster*) und **Drosselrohrsänger** (*Acrocephalus arundinaceus*). Der weite Rachen von Ziegenmelkern, Schwalben und Seglern erlaubt es ihnen, sogar Insekten in der Luft zu fangen (Cameron, Perrins (1976)). Viele der Insektenfresser ziehen nach der Brutzeit in den Süden, um die im Norden insektenarme Zeit umgehen zu können.

Körner- und Nussfresser

Zu den Körner- und Nussfressern gehören beispielsweise **Wellensittiche** (*Melopsittacus undulatus*) und andere Sittiche, der **Haken-gimpel** (*Pinicola enucleator*) oder auch der **Distelfink** (*Carduelis carduelis*). Sie haben meist kurze, aber kräftige Schnäbel, die bei einigen Arten stark gekrümmt sind.

Früchtfresser

Die Schnäbel der Früchtfresser sind oft sehr verschieden. Als Ausnahme ist bei ihnen eine generalisierende Typisierung der Schnabelform kaum auszumachen, wie der Vergleich der Schnäbel vom **Riesentukan** (*Rhamphastos toco*), der **Fruchttaube** (*Leucotreron cincta*) und Mistelfressern zeigt.

Nektarfresser

Deutliche Konvergenzen weisen die Schnäbel der verschiedenen Nektarfresser auf. Ihre Schnäbel sind immer sehr lang und schlank. Viele Arten haben auch pinselförmige Zungenspitzen. Vertreter dieser Gruppe sind der **Königs-Nektarvogel** (*Cinnyris regius*), Honigfresser und Kolibris. Den Besonderheiten von Kolibris und Nektarvögeln ist ein eigener Abschnitt gewidmet (siehe der Abschnitt hierzu am Ende dieses Kapitels).

Fischfresser

Fischfresser, wie die **Küstenseeschwalbe** (*Sterna paradisea*), der **Papageitaucher** (*Fregata acaia*) oder der **Kormoran** (*Phalacrocorax carbo*), besitzen scharfe lange Schnäbel. Oftmals mit Haken an der Spitze und mit

gezähnten Rändern ausgestattet, eignen sie sich hervorragend für die Fischjagd. Ein besonderes Schauspiel ist es, wenn Möwen mit erbeuteten Fischen in die Höhe steigen, um sie von dort auf den Boden fallen zu lassen. Die Flughöhe ist so gewählt, dass der Fisch den Sturz nicht überlebt. Für die Möwen ist er so eine gute Mahlzeit.

Greifvögel und Eulen

Greifvögeln und Eulen gemeinsam ist der kräftige Hakenschnabel zum Zerreißen der Beute. Beispiele sind der **Turmfalke** (*Falco tinnunculus*), **Riesenseeadler** (*Haliaeetus pelagicus*), **Schwalbenweih** (*Elanoides forficatus*), die **Schnee-Eule** (*Nyctea scandiaca*) oder der **Uhu** (*Bubo bubo*):

Weitere Typen

Neben diesen weitverbreiteten Typen gibt es noch zahlreiche weitere Spezialisierungen, wie Aasfresser, zum Beispiel der **Nordische Taucher-Sturmvogel** (*Puffinus puffinus*), Schlamm-Seiher, wie der **Säbelschnäbler** (*Recurvirostra avosetta*), aber auch Vogelarten, die als Allesfresser nicht auf eine Nahrungsgrundform beschränkt sind.

KURZ-INFO Analogie zum Vogelschnabel beim Schnabeltier

Systematik

Auch wenn der Name „Schnabeltier“ auf einen Vogel schließen lassen könnte und die Tatsache, dass das Tier zudem auch noch Eier legt, handelt es sich beim Schnabeltier um ein Säugetier. Lange Zeit jedoch war man sich der taxonomischen Einordnung unsicher. Zunächst hielt man die Existenz dieser Art sogar für eine Fälschung, denn kurze Zeit vorher hatten Wissenschaftler die Meerjungfrau gutgläubig als Art in die Systematik aufgenommen. Erst nach der Aufnahme stellte sich peinlicherweise heraus, dass sie eine kreative Schöpfung aus chinesischen Nähstuben war, wo sie als Motiv gesteppt wurde.



Abb. II.1.3.2c Schnabeltier. [aus Lorenz (2002)]

Als im Jahre 1798 das erste Exemplar eines Schnabeltieres im Naturhistorischen Museum eintraf, wollte sich kein Gelehrter ein zweites Mal blamieren. Man nahm an, es müsse sich um eine Fälschung handeln. Erst nachdem im Jahr darauf eine zweites Schnabeltier Europa auf dem Schiff erreichte und auf dem Sezirtisch untersucht wurde, wurde das Schnabeltier offiziell als Art registriert.

Die Monotremata (Kloakentiere) sind die einzige Ordnung der Prototheria (Ursäuger). Sie sind der Klasse der Mammalia (Säuger) zugeordnet. Sie gliedern sich in die beiden Familien der Ameisenigel mit zwei Gattungen und fünf Arten und der Schnabelsäuger oder -tiere (Ornithorhynchidae) mit nur einer Gattung (Ornithorhynchus) und einer einzigen Art, dem hier beschriebenen **Schnabeltier** (*Ornithorhynchus anatinus*).

Verbreitungsgebiet

Östliches Australien, von Cooktown im Norden über das östliche Queensland und Neu-Süd-Wales, ganz Viktoria und das extrem südöstliche Südastralien bis Tasmanien. In ihrem Verbreitungsgebiet bewohnen die Tiere stehende und fließende, klare Seen und Flüsse.

Merkmale

Die bei einem Körpergewicht von ein bis zwei Kilogramm 40 bis 60 Zentimeter großen Schnabeltiere besitzen einen dichten Pelz und einen dicken, aber kurzen und behaarten Schwanz. Besonderes Merkmal ist der auffällige namensgebende, gummiartige und entenähnliche Schnabel.

An ihren Vorderextremitäten sitzen an den fünf Krallen breite Schwimmhäute, die bei der Fortbewegung an Land zurückgezogen werden können.

Die scheuen Schnabeltiere leben amphibisch, sind dämmerungsaktiv und ernähren sich von Würmern, Insektenlarven und Süßwasserkrabben.

Da sie Augen, Ohren und die in Vertiefungen liegenden Nasenlöcher bei Tauchgängen schließen, muss ihnen bei der Nahrungssuche ein anderes Sinnessystem helfen.

Diese Unterstützung liefert ihr empfindlicher, lederartiger Schnabel, der mit elektrosensiblen Reizrezeptoren ausgestattet ist. Diese können die elektrischen Felder der Muskelaktivität der potentiellen Beutetiere wahrnehmen.

Bemerkenswert ist, dass Jungtiere Zähne besitzen, die später durch gerillte Hornplatten ersetzt werden, mit denen sie ihre Beute zerquetschen. Der Schnabel der Schnabeltiere ist eine zum Schnabel der Vögel konvergente Entwicklung.

Bei Gefahr tauchen sie bis zu fünf Minuten sofort unter. Sie leben in mehrere Meter langen Bauen, die sie am Flussufer graben.

Giftdrüse

Die Männchen haben an den Innenseiten des Knöchels der Hinterfüße einen hohlen, beweglichen Sporn, der mit einer Giftdrüse in der Hautmuskulatur des Oberschenkels in Verbindung steht. Diese Waffe wird zur Verteidigung oder beim Kampf gegen andere Männchen eingesetzt. Bei Bedrohung durch den Menschen versuchen die Tiere meist, den Arm oder das Bein mit den Hinterbeinen zu umklammern und so die Sporne effektiv einzusetzen. Solche Vorfälle sind jedoch sehr selten. Als Symptome lassen sich ein starker Schmerz und eine lokale Schwellung erkennen.

Fortpflanzung

Die charakteristische Besonderheit der Schnabeltiere ist neben dem Schnabel die Ablage von Eiern. Es gibt keine Lebendgebärung. Die Eiablage erfolgt im australischen Frühling. In ihren mehrere Meter langen Bauen in Ufernähe richten sie besondere mit Pflanzenmaterial gepolsterte Brutbaue ein. Meist legen sie zwei erbsengroße Eier, die sie mit ihrer Körperwärme ausbrüten. Nach etwa 10 Tagen schlüpfen die Jungen, die sich von der Milch der Muttertiere ernähren.

Beutejagd im Flug

Viele Vögel jagen ihre Beute im Flug. Die Beutejagd nach lebenden Tieren während des Flugs erfordert dreidimensionale Berechnungen über Ort, Zeit und Geschwindigkeit des Beutetiers wie auch von sich und das miteinander in Beziehung setzen dieser Parameter. Nur mittels dieser komplizierter, in Bruchteilen einer Sekunde ablaufenden Prozesse kann es ihnen gelingen, die potentielle Beute zu bekommen.

Bienenfresser (*Merops apiaster*), im südlichen Afrika überwinterte Zugvögel, stellen

ein solches Beispiel dar. Ihre Nahrung besteht aus größeren Insekten, wie Hummeln, Libellen und Schwebfliegen, die sie im Flug erbeuten (siehe Abbildung II.1.3.2d auf der nächsten Seite).

Beim **Schreiseeadler** (*Haliaeetus vocifer*) kommt zu den ohnehin schon komplizierten Flug-Berechnungen erschwerend hinzu, dass er bei der Fischjagd zusätzlich die Lichtbrechungen der Wasser-Luft-Grenzschicht berücksichtigen muss, wenn er unter der Wasseroberfläche schwimmende Fische erbeuten möchte (siehe Abbildung II.1.3.2e).



Abb. II.1.3.2d Der Bienenfresser (*Merops apiaster*) ist in der Lage, die schnellen Beutetiere im Flug zu fangen. [aus Burton (1991)]

Beutejagd der Greifvögel

Generell lassen sich zwei Jagdstrategien, die Attacke und das Suchen, unterscheiden. Greifvögel bedienen sich in der Regel entweder der einen oder der anderen Methodik (Burton (1991)).

1. Strategie „Attacke“

Vögel, die diese Strategie bevorzugen, wie **Wanderfalken** (*Falco peregrinus*), Adler und **Sperber** (*Accipiter nisus*), beobachten meist von einer Sitzwarte aus oder auch durch die Luft kreisend die Umgebung, um dann eine entdeckte Beute mit hoher Geschwindigkeit anzufliegen und sie dann in einer Verfolgungsjagd zu greifen. Um die hohen Sturzfluggeschwindigkeiten erreichen zu können, haben sie eine hohe Flügelflächenbelastung (siehe Kapitel II.6.3.2 Flugprinzipien, Flügelflächenbelastung, Variationsmechanismus). Sie sind in der Regel nur für kurze Zeit aktiv in der Luft und verbringen die restliche Zeit bewegungslos auf einem Beobachtungsplatz. Der Wanderfalken steigt dabei oftmals, wenn es sich um einen großen, fliegenden Vogel handelt, in Spiralen in die Höhe, um von oben auf die Beute zu stürzen und sie mit den Klauen zu reißen oder ihr einen kräftigen Tritt zu geben. In der Regel sind mehrere solcher Angriffe nötig, ehe der Angegriffene, meist kleine bis mittelgroße Vögel, aber auch Tauben, Enten und Reiher, abstürzt. Ein typisches

Erkennungsmerkmal einer stattgefundenen Jagd eines Wanderfalken ist daher eine Spur von Federn (Burton (1991)).

Der **Turmfalke** (*Falco tinnunculus*), wie auch andere Greifvögel (siehe Kapitel II.6.3.8 Flug auf der Stelle, Rüttelflug), beherrschen bei der Beobachtung der Umgebung eine besondere Form des Flugs, den sogenannten Rüttelflug. Diese Flugtechnik ermöglicht den Flug auf der Stelle und eignet sich somit hervorragend zur Observation von oben.

Ein geschicktes Verhalten des Turmfalken ist es, die erste Beute des Tages nicht direkt zu fressen, sondern an einem sicheren Ort zu verstecken, falls Nahrung reichhaltig zu finden ist. Sonst müsste er das so zugenommene Gewicht den ganzen Tag über tragen. Dies hilft ihm, Energiekosten für den Flug zu sparen. Erst am Abend kehrt er zum Beute-Versteck zurück, um zu fressen und mit gefülltem Kropf zu schlafen (siehe Kapitel II.6.3.2 Flugprinzipien, Flügelflächenbelastung, Energie sparen).

2. Strategie „Suchen“

Die zweite Strategie wenden beispielsweise die dämmerungsaktiven, in Mitteleuropa seltenen **Sumpfohreulen** (*Asio flammeus*), Milane und Weihen an. Sie verbringen lange Zeit patrouillierend in der Luft, um sich dann von oben auf kleine, aber dafür zahlreich vorhandene Beutetiere blitzschnell zu stürzen und diese überraschend zu greifen. Den langen, ausdauernden Suchflug ermöglichen niedrige Flügelflächenbelastungen, die einen energie-sparenden Flug erlauben.



Abb. II.1.3.2e Ein Schreiseeadler (*Haliaeetus vocifer*) hat gerade einen Fisch erbeutet. [aus Burton (1991)]



Abb. II.1.3.2f Wellhornschnecke.
[aus Wiese (2002)]

Wellhornschnecken-Knacken der Rabenkrähen

Wellhornschnecken (*Buccinum undatum*) (siehe Abbildung II.1.3.2f) sind für die an den Küsten lebenden **Rabenkrähen** (*Corvus corone corone*) eine beliebte Beute. Mit bis zu 11 cm Schalenlänge ist sie eine der größten europäischen Schnecken. Ihr Vorkommen erstreckt sich auf die Küstengebiete des Nordatlantiks, Ost- wie Westküste. Die Wellhornschnecke lebt bevorzugt in kaltem Wasser mit einem Salzgehalt zwischen zwei und drei Prozent. Bei Ebbe erbeutet die Rabenkrähe nur die größten unter ihnen, steigt mit ihnen in die Luft und lässt sie im Flug auf den Fels fallen. Die Schale zerbricht und die Rabenkrähe kann an das Fleisch der Schnecke gelangen. Dabei steigen Rabenkrähen immer bis zu einer Höhe von etwa fünf Metern auf. Dies ist die ökonomischste Höhe. Würde sie die Schnecke aus einer geringeren Höhe fallen lassen, würde das Schneckenhaus nicht zerbrechen, eine größere Höhe ist unwirtschaftlich, da zuviel Energie für das Aufsteigen in der Luft aufgewendet werden müsste. So ist das Schneckenhaus-Knacken der Rabenkrähe ein gutes Beispiel einerseits für die realisierten Verhaltensraffinessen von Vögeln bei der Beutejagd, andererseits aber auch für die konsequente Durchsetzung des ökonomischen Prinzips in der belebten Welt. Auch bei weiteren Vogelarten ist diese Methode oder auch andere des Knackens von Muscheln oder Schnecken bekannt.

Selbst Werkzeuggebrauch ist unter Vögeln weit verbreitet. Auf ihn wird im Kapitel V.3.5 detaillierter eingegangen.

Die Nahrungssuche erfolgt bei vielen Arten gemeinsam mit anderen Artgenossen, teilweise sogar in zusammen agierenden Verbänden, so beispielsweise bei **Weißstörchen** (*Ciconia ciconia*), die regelrechte Treibjagden auf ihre Beutetiere unternehmen, indem sie in weitem Abstand voneinander beginnend die Beute zusammentreiben und dabei den Kreis immer enger ziehen.

Nahrungsbevorratung

Es ist hinlänglich bekannt, dass Eichhörnchen Nahrungsvorräte anlegen, um die nahrungsarme, kalte Jahreszeit, den Winter zu überstehen. Aber auch bei einigen Vogelarten kann dieses Phänomen beobachtet werden. Dabei kann zwischen einer Kurzzeit- und einer Langzeitbevorratung unterschieden werden. Kurzzeitige Lagerhaltung findet sich beim **Turmfalken** (*Falco tinnunculus*), wie auf dieser Seite bereits beschrieben wurde.

Vögel, die auf nur unregelmäßig oder selten, dann aber in großen Mengen auftretende Nahrungsquellen angewiesen sind, horten ihre Nahrung oft über einen längeren Zeitraum bis zu einem Jahr, sofern die Nahrung nur lange genug haltbar ist. Der **Tannenhäher** (*Nucifraga caryocatactes*) ist ein solcher Vertreter. Er vergräbt Arven- und Haselnüsse oft kilometerweit vom Fundort entfernt in den Boden ein und findet sie meist selbst nach Schneefall noch wieder. Da meist nicht alle Lagerstätten wiedergefunden werden, trägt der Tannenhäher so zur Verbreitung von Haselnussbaum, Arve und Eiche bei.

Dabei ist es für alle Vorräte anlegende Vogelarten eine Gratwanderung, wie viele Nahrungseinheiten pro Versteck gehortet werden. Werden viele Nahrungseinheiten pro Lagerplatz abgelegt, muss sich der Vogel wenige Verstecke merken. Der Verlust ist aber sehr hoch, wenn das eigene Versteck von einem Konkurrenten entdeckt und geplündert wird. Legt er jedoch wenige Nahrungseinheiten an einem Ort ab, muss er sich zahlreiche Verstecke merken, um diese später wiederfinden zu können.

II.1.3.3 VOGEL UND BLUME - ORNITHOPHILIE

Einführung

Die Blütenbestäubung durch Insekten ist ein allseits bekanntes Phänomen. Dass jedoch auch Vögel als Blütenbestäuber fungieren, wird weitaus weniger beachtet. Für einige Pflanzen- und Vogelarten ist die Anpassung an die Bestäubung durch Vögel beziehungsweise die Ernährung vom Blütennektar heute derart spezifisch, dass eine bedingungslose wechselseitige Abhängigkeit zwischen Pflanze und Vogel entstanden ist.

Erst zu Ende des 19. Jahrhunderts wurden erste Überlegungen angestellt, dass es Anpassungen von Blumen an den Vogelbesuch geben könnte. Heutige Annahme ist, dass sich die zum großen Teil von Blütennektar ernährenden Trochilidae aus Ur-Kolibris entwickelt haben, die reine Insektenfresser waren.

Auf Insektenjagd begeben sich Kolibris auch heute noch unter anderem auf Blüten, um die dort anzutreffenden Insekten zu erbeuten. Dabei sollen sie mit dem Blütennektar in Kontakt gekommen sein, der sie dazu veranlasst haben soll, die Blüten gezielt wegen des Nektars aufzusuchen. In einer gegenseitig voneinander beeinflussten Anpassung sollen sich die heutigen Blüten wie auch Kolibris entwickelt haben. Daneben ernähren sich auch Honigfresser, Pinselzungenpapageien und Nektarvögel vom Blütennektar.

Anpassung der Blume an die Vogelbestäubung (Ornithophilie) durch Kolibris

Charakteristisch für Vogelblumen sind die röhren- und trichterförmigen Blüten, deren Farben, Bau und Größe als spezielle Anpassungen an die Vögel zu sehen sind.

So sind die Blüten der Vogelblumen oft wesentlich stabiler strukturiert als die der insektenbesuchten Blüten. Auch die Distanz zwischen Nektar und Spitzen der Befruchtungsorgane Staubbeutel und Stempel sind auf den Vogelbesuch eingestellt. Rot und orange gefärbte Blüten werden von Kolibris am häufigsten besucht.

Eine weitere Besonderheit ist die mit etwa 20 Prozent sehr geringe Zuckerkonzentration des Nektars. Insektenbestäubte Blüten bieten eine Zuckerkonzentration von meist über 40 Prozent an. Auch die abgegebene Nektarmenge ist sehr gering. Beides motiviert den Kolibri dazu, sehr viele, oft zwischen 2000 und 3000 Blüten pro Tag zu besuchen und so zu bestäuben, um seinen Tagesbedarf an Energie, etwa 6,6 kcal pro Tag, decken zu können. Dies bedeutet eine Nahrungsaufnahme durchschnittlich alle 15 Minuten.

Diese hohe Zahl an Blütenbesuchen steht natürlich ebenso im „Interesse“ der Blume, wie auch die hohe Spezialisierung, die so weit gehen kann, dass eine bestimmte Blume auch nur von einer einzigen Kolibri-Spezies besucht wird und werden kann, die ihrerseits auch nur eine einzige Blumen-Spezies aufsuchen kann. Dies verhindert eine etwaige Fremdbestäubung mit anderen Blumen-Arten. Der fehlende Duft vieler vogelbesuchten Blüten ist ein weiteres typisches Merkmal. Der Duft ist seiner Bedeutung als Lockmittel beraubt worden, da der olfaktorische Sinn (Geruchssinn) bei Vögeln eine sehr untergeordnete Rolle spielt.

KURZ-INFO Kolibris

Verbreitungsgebiet und Merkmale

Die meist farbenfrohen Kolibris haben die sogenannte Neue Welt von Alaska und Labrador im Norden bis nach Feuerland im Süden besiedelt. Das Gefieder der Kolibris kann auffällige Federn (siehe Abbildung II.1.3.3a) und Gefiederfarben aufweisen, die teilweise wegen der Strukturfarben von verschiedenen Blickrichtungen völlig unterschiedlich wirken. Die Gefiederfarben, speziell auch die Strukturfarben sind in Kapitel II.6.2.5 Feder- und Gefiederfärbung, Strukturfarben näher erläutert.



Abb. II.1.3.3a Von allen Kolibris hat die Violettscheitel-Flaggensylphe (*Loddigesia mirabilis*) die außergewöhnlichsten Federstrukturen. Im Gegensatz zu allen anderen Spezies dieser Familie, die alle zehn Schwanzfedern haben, tragen sie lediglich vier Schwanzfedern.

[Foto C. H. Greenewalt / Vireo, aus del Hoyo 5 (1999)]

Als eng umgrenzbare Familie gehören die 684 Taxa in 328 Arten umfassenden Trochilidae der Ordnung der Apodiformes an, wie auch die Segler (Apodidae).

Die Lebensspanne der Kolibris liegt zwischen 5 und 17 Jahren.

Die Vertreter der Trochilidae sind meist relativ klein. Der kleinste Vertreter seiner Familie ist mit 6 Zentimetern Körperlänge bei 2 Gramm Körpergewicht der kubanische **Bienenelfe** (*Melissuga helenae*). Sie ist zugleich auch der kleinste Vogel überhaupt, wobei Weibchen etwas größer als Männchen sind. Der **Riesenkolibri** (*Patagona gigas*), der im Kordilleren-Hochgebirge heimisch ist, erreicht als größte Kolibri-Art eine Körperlänge zwischen 21 und 22 Zentimetern.

Ernährung

Kolibris ernähren sich von Blütennektar, Blütenpollen und Kleininsekten. Dabei ernähren sich die nordamerikanischen Kolibris hauptsächlich von Insekten, die sie am Boden, in Blüten, Ästen oder Baumrinden finden, nehmen dagegen nur in geringem Maße Nektar auf. Sie sind nahezu vollständig Zugvögel. Die subtropischen Kolibris ernähren sich lediglich saisonal fast ausschließlich von Insekten oder verlassen diese Regionen zeitweise. Für tropische Kolibris ist der Blütennektar der Hauptbestandteil der Nahrung.

Flugvermögen

Als Nektar- und Insektenfresser verfügen Kolibris über ein ausgesprochen hohes Flugvermögen. Nicht nur die Fähigkeit zum Flug auf der Stelle, Vorwärts- wie Rückwärtsflug, auch die möglichen Flugeschwindigkeiten beeindrucken. Bei einer Verfolgungsjagd zweier Männchen konnten gar 150 km/h gemessen werden.

Torpidität

Kolibris können in einen energieerhaltenden Lethargiezustand verfallen. Die metabolische Aktivität (O_2 -Verbrauch, Herzaktivität und Körpertemperatur) sinkt auf ein lebensnotwendiges Minimum. Dieser mit einem Koma vergleichbare und Torpidität genannte Zustand ist noch nicht vollständig erforscht, wird bisher aber auf sinkende Temperaturen, Futtermangel und auch Stress zurückgeführt. Eintritt, Aufrechterhaltung und Verlassen der Torpidität sind endogen gesteuert.

Fortpflanzung und Brut

Der Nestbau mit Pflanzenfasern, Flechten, Moosen, Tierhaaren und Spinnweben ist allein Aufgabe des Weibchens, das durch die Balz von einem Männchen angelockt wird. In der Regel werden die zwei Eier des Geleges klimaabhängig zwischen 12 und 18 Tagen bebrütet, ehe die Jungen schlüpfen, die zunächst noch sehr kurze Schnäbel haben. Auch die Brutfürsorge überlässt das Männchen dem Weibchen. Eine feste Paarungszeit existiert nicht, vielmehr ist die Fortpflanzung der Kolibris nicht an Jahreszeiten gebunden. Zum Abschluss der Fortpflanzungszeit treten Kolibris in die Mauser ein.

Wanderungen

Einige Arten sind ausgesprochene Wanderer und ziehen teilweise zwischen 1000 und 4000 Kilometern. Es sind Non-Stop-Flüge von 800 Kilometern Länge auch quer über den Golf von Mexiko bekannt.

Feinde

Außer Menschen haben Kolibris nur wenige echte Feinde. Erwachsene Kolibris sind zu kleine, schmale und geschickte Flieger, um viele Feinde zu haben zu können. Zu oft halten sie sich außerhalb der Reichweite von landlebenden Fleischfressern (Feinden) auf. Greifvögel und Eulen erbeuten Kolibris eher zufällig. Eine geringe Gefahr beim Baden sind Frösche und Fische. Spinnennetze und Disteln stellen mögliche Verunglückungsorte dar. Rabenvögel, Tukane, kleine Säuger und Reptilien plündern gelegentlich Nester aus. Auch besteht das Risiko, dass Jungvögel von Wespen, Bienen oder Ameisen befallen werden.

Waldfalken (Gattung *Micrastur*) und Kauze (Gattung *Glaucidium*) werden als nennenswerte Feinde erwähnt. Ein geringer Teil ihrer Tagesnahrungsration scheint aus Kolibris zu bestehen. Eine direkte Beobachtung einer Erbeutung eines Kolibris ist bisher jedoch nicht gelungen. Der größte Feind ist die Schlegelsche- oder Greifschwanz-Lanzenotter (*Bothrops schlegelii*), die in Zentralamerika heimisch ist (siehe Abbildungen II.1.3.3b und Abb. II.1.3.3c).



Abb. II.1.3.3b und Abb. II.1.3.3c Der größte Feind der Kolibris ist *Bothrops schlegelii*, eine Viper. Sie wartet ruhig auf Blüten, bis ein Nektarivorer, hier eine Braunschwanzamazilie (*Amazilia tzacatl* (Subspezies *tzacatl*)) in ihre Reichweite kommt. Dann springt sie katapultartig auf ihre Beute zu. In diesem Fall gelingt der Braunschwanzamazilie jedoch die Flucht. [Costa Rica, Foto Michael Fogden / DRK, aus del Hoyo 5 (1999)]

Anpassung des Kolibris an den Blütenbesuch

Reichenow schreibt schon im Jahre 1609 über die Schnabelformen: „Und den Formen ihrer Lieblingsblumen entspricht auch die Form ihres Schnabels. Die kurzschnäbligen Arten besuchen offene Blüten, während andere mit ihren langen Schnäbeln tief trichter- und röhrenförmige Blüten besuchen.“

Die Zunge ist auf komplexe Weise zu einem langen Organ umgebildet, das den Blütennektar aufzunehmen vermag (siehe Abbildung II.1.3.3d). Sie zeigt eine deutliche Dreigliedrigkeit in ein Vorderstück, das von der gespaltenen Spitze bis zu den sogenannten Zungenflügeln reicht, in den Zungenschlauch, der bei zurückgezogener Zunge fast gänzlich in einer Vertiefung des Schnabels liegt, und in den Zungengrund. Das in zwei Röhrrchen geteilte Zungenstück dient dem Aufnehmen des Nektars durch kapillare Kräfte, wirkt also wie ein Kapillarröhrchen. Pro Einsteckbewegung werden etwa 5 mm³ Nektar aufgesogen. Nach dem Prozess des Aufsaugens wird der Nektar in den Schnabel entleert.

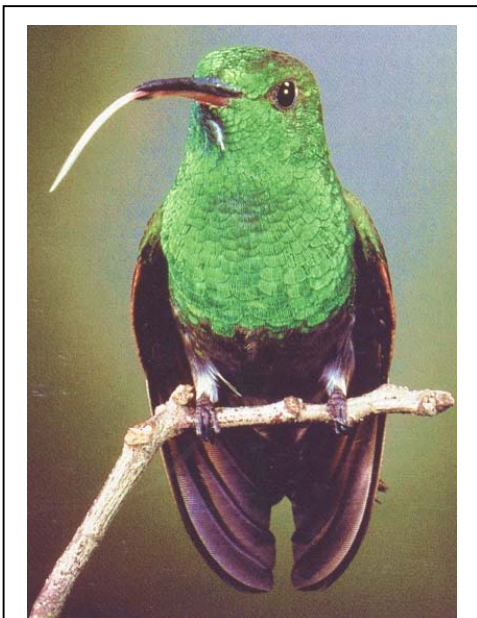


Abb II.1.3.3d Foto einer mittelamerikanischen Beryllamazilie (*Saucerottia beryllina viola*) mit ausgestreckter Zunge.

[La Petaca, Sinaloa, Mexiko, Foto R. Tyrrell, aus del Hoyo 5 (1999)]

Dieser Vorgang vollzieht sich so schnell, dass eine deutliche Beobachtung ohne Hochgeschwindigkeitsaufnahmen kaum möglich ist. So wurden bei der **Andenamazilie** (*Amazilia franciae*) bis zu 10 Einsteckbewegungen in nur zwei Sekunden gemessen. Die Regel sind zwischen 3 und 13 Einsteckbewegungen pro Sekunde. Um diese hohe Frequenz erreichen zu können, sind besondere morphologische Anpassungen nötig (siehe Kapitel II.1.2 Verdauungssystem, Mundhöhlen-Schlundregion). Die Abbildung II.6.3.8a im Kapitel II.6.3.8 „Flug auf der Stelle“ zeigt eine **Weißkehl-nymphe** (*Lampornis castaneoventris*) beim Nektarsaugen.

Beim Verzehr von Insekten dient der Zungenflügel quasi wie ein Schieber.

Ein weiteres besonderes Merkmal der Kolibris ist die starke Verkürzung des Ober- und Unterarmes bei gleichzeitiger Verlängerung des Handknochens.

Diese Modifikationen stehen ganz im Sinne der bemerkenswerten Flugfähigkeiten, denn um an den tiefliegenden Blütennektar zu gelangen, müssen Kolibris positionsgenau auf der Stelle fliegen können (siehe Kapitel II.6.3.8 „Flug auf der Stelle“, Schwirrflug der Kolibris). Auf die energetisch bedingte Notwendigkeit dieser Flugfähigkeiten ist bereits in Kapitel II.1.3.1 Nahrungsspektrum, Nahrungswahl-Kategorien eingegangen worden.

Die Variationsbreiten potentieller Nahrungsquellen und Territorien differieren bei den unterschiedlichen tropischen Kolibri-Spezies erheblich. Dennoch ist eine Gruppierung in vier verschiedene Kategorien möglich.

1. Spezies, die einen sehr spezialisierten Schnabel haben, können nur wenige (bis eine) ebenso spezialisierte Blüte erfolgreich aufsuchen, um an ihren Blütennektar zu gelangen. Sie bilden keine Territorien.
2. Ebenfalls keine Territorien bildende Kolibris mit kürzeren und geraden Schnäbeln können Blüten zahlreicher unterschiedlicher Blumenarten besuchen.

3. Zur dritten Gruppe gehören Kolibri-Arten, die Territorien bilden, und aus allen im Revier befindlichen erreichbaren Blüten Nektar aufnehmen. (Eine vollkommene, dauerhafte Territorialbildung ohne Grenzverschiebungen würde natürlich in bestimmten Grenzen eine räumlich breite Durchmischung des genetischen Materials der nachfolgenden Generation der besuchten Blumenarten verhindern.)
4. Große Kolibri-Arten können in die Nahrungsterritorien anderer Kolibris eindringen, ohne Kämpfe mit den Territorien-Inhabern befürchten zu müssen.

Andere Nectarivore

Nicht nur in der Neotropis hat sich eine Bestäubung von Pflanzen entwickelt. Beispielsweise die auf den Inseln Südostasiens lebenden **Schönloris** (*Charmosyna placensis*) (siehe Abbildung II.6.2.5a im Kapitel II.6.2.5 „Feder- und Gefiederfärbung“) ernähren sich, wie auch viele andere Loris, ebenfalls von Nektar. Ihre Zungen sind mit kleinen, fleischigen Haaren bedeckt, die dem Auflecken von Nektar dienen.

Auch Honigfresser ernähren sich nectarivor. Die afrikanischen Nektarvögel sind sogar nach ihrer Ernährungsgrundlage benannt und besitzen, um an den Nektar gelangen zu können, schlanke, leicht gebogene Schnäbel. Der **Goldschwingen-Nektarvogel** (*Nectarinia reichenowi*) lebt in der Region um den Mount Kenya, den mit 5199 Metern höchsten Berg des Landes, der immer eis- und schneebedeckt ist, obwohl er am Äquator liegt. Dieser Nektarvogel hat einen langen und deutlich gebogenen Schnabel und kann so sehr leicht an den tief eingesenkten Nektar der wilden Minze gelangen.

Die geringe Nektar-Abgabe zwingt ihn, pro Tag mindestens 1600 Blüten zu besuchen. Da die Blühzeit einer Art nicht über das ganze Jahr reicht, besuchen Nektarvögel über das Jahr hinweg immer neue Blumen.

Dabei ist immer wieder zu beobachten, dass andere als der Goldschwingen-Nektarvogel an den Nektar der Minze zu gelangen versuchen und der Blüte dabei Verletzungen zufügen. Der Goldschwingen-Nektarvogel verteidigt sämtliche in seinem Revier liegenden Minze-Blüten jedoch sehr energisch zum Nutzen der Minze und sich selbst.

Konvergenzen bei Kolibris und Nektarvögeln

Optisch zeigen Kolibris und Nektarvögel einige Gemeinsamkeiten. Beide haben bei ähnlicher Körpergröße ein glänzendes, schillerndes Gefieder, schlanke lange Schnäbel und eine sehr dünne Zunge.

Da sie jedoch nicht näher miteinander verwandt sind, sind die auftretenden Übereinstimmungen als konvergente Entwicklungen auf ihre nectarivore Ernährungsweise zu sehen (siehe auch Kapitel II.1.3.2 Überblick über Anpassungen und Techniken, Schnabeltypen, Nektarfresser). Einen deutlichen Unterschied zeigt sich jedoch in den Flugfähigkeiten. Während Kolibris in der Lage sind, auch auf der Stelle zu fliegen, können Nektarvögel dies nicht.

Dies äußert sich in der gänzlich differierenden Art, wie die Blüten besucht werden können. Während die Blüten der von Nektarvögeln besuchten Pflanzen meist auf Zweigen oder kräftigen Stielen sitzen, so dass sie sich teilweise sogar auf oder neben die Blüte setzen können, um in Ruhe den Nektar trinken zu können, befinden sich die von Kolibris aufgesuchten Blüten oft hängend an langen, dünnen Stängeln. Sie bieten Vögeln keine sichere Sitzmöglichkeit. Nur im Flug können Kolibris daher trinken.

Einen weiteren Unterschied betrifft die eigentliche Struktur der Zunge. Beim Kolibri wird der Nektar mit kapillarer Kraft in die röhrenförmige Zunge eingesaugt und anschließend in den Schnabel abgegeben. Der Nektarvogel verfügt dagegen über eine mit Haaren bedeckte Zunge, an dem der Nektar haften bleibt.

KURZ-INFO Verwechslungsgefahr von Kolibris und Schwärmern

In Europa gibt es keine freilebenden Kolibris. Immer wieder werden jedoch vermeintliche Kolibri-Sichtungen gemeldet. Das beobachtete Tier ist allerdings kein Kolibri, sondern das **Taubenschwänzchen** (*Macroglossum stellatarum*), ein Schmetterling aus der Familie der Schwärmer (Sphingidae). Der Flug aller Schwärmer erinnert stark an den eines Kolibris. Das Taubenschwänzchen nimmt genau wie ein Kolibri den Blütennektar im Flug auf und fliegt schnell von Blüte zu Blüte.

Mit seinem grauen Körper und schwarzem Schwanz, der zudem noch weiße Spitzen aufweist, wird er oft mit Kolibris verwechselt. Die schnellen Flugbewegungen lassen auch seine beiden Fühler und den fehlenden Schnabel nicht immer erkennen.

Statt eines Schnabels hat er einen langen Saugrüssel. Die Flügelspannweite des Taubenschwänzchens beträgt 40 bis 50 mm. Sein Verbreitungsgebiet sind die wärmeren Teile der Paläarktis und der Nearktis.

Als ausgesprochener Wanderer zieht er bis weit nach Norden in die Polargebiete und in hochgelegenen montanen Höhenstufen bis zur oberen Vegetationsgrenze. Zu Beginn des Sommers erreichen sie teilweise sehr zahlreich Mitteleuropa.

Auch in Nordamerika kommt es zu Verwechslungen zwischen Kolibris und Schwärmern, zumal dort neben Schwärmern auch einige Kolibriarten heimisch sind. Passend werden die Schwärmer daher dort als „Hummingbird Moths“ (Kolibri-Motten) bezeichnet. Synonym wird auch der Begriff „Sphinx Moths“ verwendet.

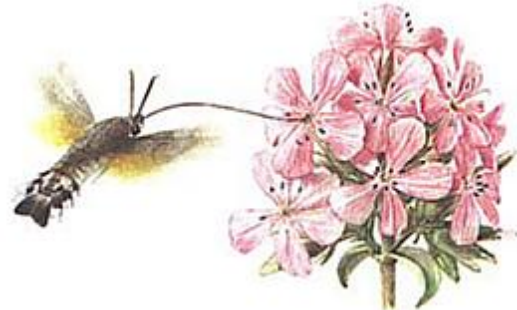


Abb. II.1.3.3e Taubenschwänzchen (*Macroglossum stellatarum*) beim Nektartrinken.
[aus Feldhusen (2002)]

II.1.3.4 DER VOGEL IM NAHRUNGSKREISLAUF

Rolle des Vogels im Nahrungskreislauf

Vögel nehmen wie alle anderen Organismen eine für sie artspezifisch typische Stellung in den Stoff- und Energiekreisläufen ein. Der Stoff- und Energiefluss erfolgt über die Nahrungsketten. Damit ergeben sich oft charakteristische qualitative und quantitative Zusammensetzungen der Lebensgemeinschaften. Diese lassen sich grafisch als ökologische Pyramiden darstellen, beispielsweise als Zahlen-, Biomasse- oder Energiepyramiden. Vögel sind Konsumenten in unterschiedlichen Stufen, leben teils als Primärkonsumenten direkt von den Primärproduzenten (Pflanzen), teils aber auch als Konsumenten höherer Ordnungen, die sich dann tierisch ernähren.

Etliche Arten treten jedoch auch als Konsumenten gleichzeitig mehrerer Ordnungsstufen auf, bei einigen Arten sind auch saisonale Nahrungsumstellungen bekannt, wie schon im Kapitel II.1.3.1 Nahrungsspektrum (Änderung der Nahrungswahl) beschrieben worden ist.

Vögel sind allerdings nicht Konsumenten am Ende einer Nahrungskette, sondern stehen vielmehr inmitten dieser Kette, werden auch selbst konsumiert. Schließlich wird über die Destruenten der Stoffkreislauf geschlossen.

In kargen Lebensräumen, wie Tundren oder Wüsten, sind oft einfache Energieflüsse zu beobachten, die sich in Form simplen Nahrungsketten widerspiegeln, beispielsweise Ameise – Spinne – Eidechse – Greifvogel (Lingen, Rheinwald (o. J.)).

Der Ausfall einer einzigen Art in dieser Kettung führt unweigerlich zu einer empfindlichen Störung des Gefüges, wenn nicht sogar zum Aussterben von in der Nahrungskette nachfolgenden Arten. In nährstoff-, wasserreichen und temperierten Lebensräumen sind dagegen oftmals komplexe Nahrungsnetze bestimmend.

Die Rolle der Vögel in den unterschiedlichen Nahrungsketten kann beachtlich sein. So trägt der tägliche (Fisch-)Nahrungsbedarf einer Lummenkolonie mit 1 Millionen Brutpaaren etwa 200 Tonnen.

Die in South Georgia in der Antarktis brütenden **Goldschopfpinguine** (*Eudyptes chrysolophus*) fressen jährlich etwa 4 Millionen Tonnen Nahrung, mit den übrigen Brutvögeln zusammen ergeben sich etwa 7,8 Millionen Tonnen Fischnahrung, wovon etwa 73 Prozent **Krill** (*Euphasia superba*) sind (Bairlein (1996)).

Dennoch darf der Einfluss nicht in jedem Beispiel überbewertet werden, auch wenn große Zahlenwerte dies suggerieren möchten. Wie schon im Kurz-Info Einfluss der Nahrungsressourcen auf Schnee-Eulen (Kapitel II.1.3.1) beschrieben, vermag eine **Schnee-Eulen-Familie** (*Nyctea scandiaca*) mit ihrem Lemming-Bedarf von 600-1600 Individuen (etwa 50 bis 130 kg) für das Aufziehen einer Brut eine Lemming-Population kaum nennenswert zu beeinflussen, da Schnee-Eulen nur dort leben können, wo Beutenahrung in genügend hoher Dichte zu finden ist, zumal bei niedriger Dichte die Auffundrate an erbeuteter Nahrung zu insgesamt vorhandenen Beutetieren entsprechend gering ist.

Ohne Eingriffe des Menschen sind Ökosysteme in der Regel stabil und ausgeglichen. Selbst auf saisonale Masseninvasionen von Nomaden, wie den **Wellensittichen** (*Melospittacus undulatus*), reagieren Ökosysteme nicht durch Verlust der natürlichen Balance. Ökosysteme sind fein abgestimmte Gleichgewichte, auch die Massenvorkommen an Brutvögeln in South Georgia sind schließlich nur eine Reaktion auf das vorhandene reichhaltige Nahrungspotential. Vögel spielen in jedem

Fall aber eine wichtige ökologische Rolle und sind fester Bestandteil der über Jahrtausende entwickelten Haushalte.

KURZ-INFO Biomagnifikation

Unter Biomagnifikation versteht man die Neigung bestimmter Substanzen, sich in Organismen höherer trophischer Ebenen zu kumulieren.

Die Ursache hierfür liegt in der Anlagerung dieser Substanzen in bestimmten Geweben von Organismen niedrigerer Ordnungen. Diese Gewebe werden von Organismen der nächsthöheren Stufe konsumiert und wiederum angelagert.

So führt dies zu hohen Substanz-Spitzenwerten im Organismus am Ende einer solchen Nahrungskette.

Biomagnifikation ist in besonderem Maße von chlorierten Kohlenwasserstoffen, wie Lindan, Dichlordiphenyldichlorethan (DDD) und Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT), bekannt. Aber auch Permethrin, ein Pyrethroid, das Juvenilhormon-Analogon Methopren, Ethylparathion, ein Organophosphat und der Chintinsynthese-Inhibitor Diflubenzuron haben mittlere bis hohe Persistenz bei unterschiedlicher Toxizität.

Für Vögel hat jedoch aus dieser Listung das Ethylparathion mit deutlichem Abstand auch vor den chlorierten Kohlenwasserstoffen die höchste Toxizität (Metcalf (1982), Horn (1988)).

Biomagnifikation bei Vögeln

Auch bei Vögeln ist eine Biomagnifikation feststellbar. Dabei sind neben der eigentlichen Toxizität (Giftigkeit) und der Konzentration der angelagerten Substanz im Organismus besonders auch die Persistenz (Haltbarkeit) der Substanz entscheidend.

Eine Substanz, die zwar für Vögel hoch toxisch wirkt, aber dank niedriger Persistenz in den darunter liegenden trophischen Ebenen schon nahezu abgebaut werden konnte, entfaltet eine geringere negative Wirkung wie weniger toxische, aber hoch persistente Stoffe.

Ein Beispiel soll eine typische Biomagnifikation einer toxischen Substanz aufzeigen (aus Begon, Harper, Townsend (1998); nach Flint, van den Bosch (1981)).

Weil die Bewohner um den Clear Lake in Kalifornien im Jahr 1949 die nicht stechenden **Büschelmücken** (*Chaoborus asticopus*) als lästig empfanden, wurde der See mit DDD (Dichlordiphenyldichlorethan, ein chlorierter Kohlenwasserstoff) in einer mit 0,002 ppm (parts per million) geringen Konzentration besprüht. Zunächst war dieser Plage auch Erfolg beschieden, bis 1951 die Mücken zurückkehrten und daher bis 1954 regelmäßig gesprüht wurde. In diesem Jahr verendete am Clear Lake eine große Zahl **Renntaucher** (*Aechmophorus occidentalis*).

Untersuchungen ergaben, dass sich DDD in ihrem Körperfett auf 1600 ppm angereichert hatte. Für die kommenden Jahre konnten Renntaucher am Clear Lake nicht überleben. Die Zurückverfolgung der Nahrungskette konnte die Biomagnifikation in der Nahrungskette der Renntaucher nachweisen.

Hatte das Wasser gerade eine DDD-Konzentration von 0,002, so waren es im Plankton bereits 5,3 ppm. Die kleineren Fische, die sich vom Plankton ernährten, wiesen eine DDD-Konzentration von bereits 10 auf. Raubfische hatten einen Wert von 1500 ppm. Das letzte Glied in dieser Nahrungskette ist der Renntaucher, der so auf den tödlichen DDD-Konzentrationswert von 1600 ppm kam. Die Konzentration toxischer Substanzen, wie DDT oder Blei, wird als Bioindikator für Belastungen in Lebensräumen und Nahrungsketten gesehen und erlaubt daher Rückschlüsse auch auf die Belastung des Menschen

Abbildung II.1.3.4a zeigt in der Darstellung der Biomagnifikation von DDT in einem Nahrungsnetz ein weiteres Beispiel. Bemerkenswert sind hier die sehr voneinander abweichenden ppm-Konzentrationswerte bei Seeschwalbe, Fischadler(-Ei) und Möwe.

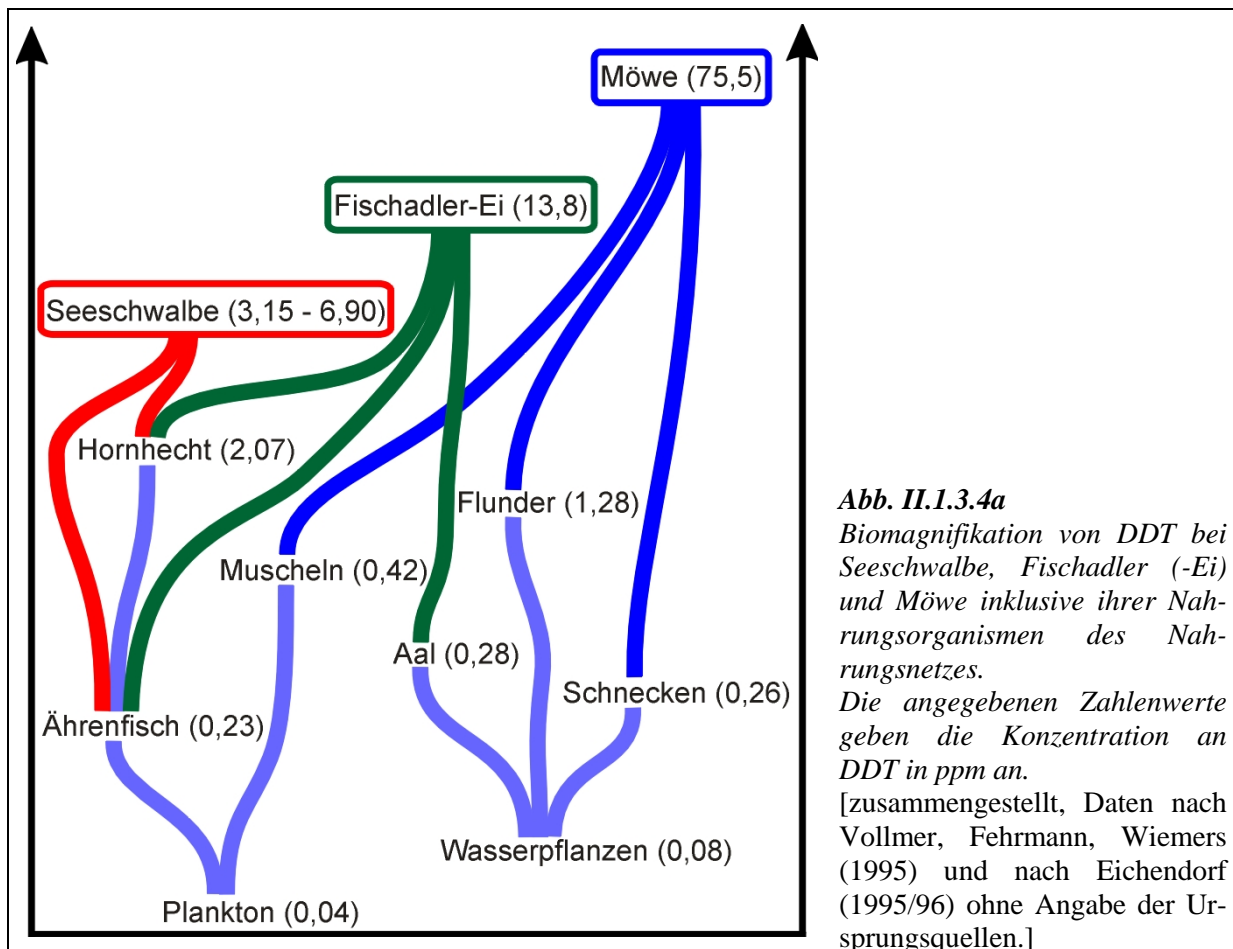


Abb. II.1.3.4a
Biomagnifikation von DDT bei Seeschwalbe, Fischadler (-Ei) und Möwe inklusive ihrer Nahrungsorganismen des Nahrungsnetzes. Die angegebenen Zahlenwerte geben die Konzentration an DDT in ppm an. [zusammengestellt, Daten nach Vollmer, Fehrmann, Wiemers (1995) und nach Eichendorf (1995/96) ohne Angabe der Ursprungsquellen.]

II.1.4 ATMUNGSSYSTEM / LUNGEN

Lungen

Die Lungen der Vögel sind als Hochleistungsorgane ganz auf die besonderen Anforderungen des Flugs angepasst. Sie reichern das Blut zuverlässig und in hohen Mengen mit benötigtem Sauerstoff an und sorgen so für die Sauerstoffversorgung der Muskeln. Die beiden Lungenflügel sind nahezu form- und volumenkonstant und werden über je einen Hauptbronchus mit Atemluft versorgt. Von diesem zweigen die sogenannten Ventro- und Dorsobronchien ab, die über ein Netzwerk von Parabronchien miteinander verbunden sind. Blut- und Luftkapillare sind hier eng ineinander verwoben. Die Luftkapillare dieses Bronchialsystem, das als Paläopulmo bezeichnet wird, werden bei Einatmung (Inspiration) und Ausatmung (Expiration) stets in gleicher Richtung von Atemluft durchströmt. Bei dem größten Teil aller Vogelgruppen sind so bezeichnete Laterobronchien vorhanden, die gegenüber der Dorsobronchien vom Hauptbronchus abzweigen. Bei den meisten Vogelarten existiert neben der Paläopulmo ein weiteres Parabronchialnetz, die Neopulmo, das von den Haupt- und Laterobronchien abzweigt und ebenfalls in die hinteren Luftsäcke einmündet.

Luftsäcke

Besondere Strukturen, wie die vorderen und hinteren Luftsäcke (siehe Abbildung II.1.4a), die teilweise durch den ganzen Körper reichen und bis in die Knochen, zwischen (Brust-) Muskulatur und Haut einstrahlen, gewährleisten durch ihre spezielle Funktionsweise einen bestmöglichen Sauerstofftransfer aus der Luft ins Blut und die Abgabe von Kohlendioxid in die Atemluft. Ein Vogel kann daher etwa dreimal mehr Sauerstoff einatmen als ein vergleichbar großes Säugetier.

Die dünnwandigen Luftsäcke stehen mit den Lungen in Verbindung.

Die Aufgabe der paarigen abdominalen und hinteren thorakalen Luftsäcke liegt darin, dass sie in der Funktionsweise von Blasebälgen die Luft durch die Lunge immer in die gleiche Richtung fließen lassen.

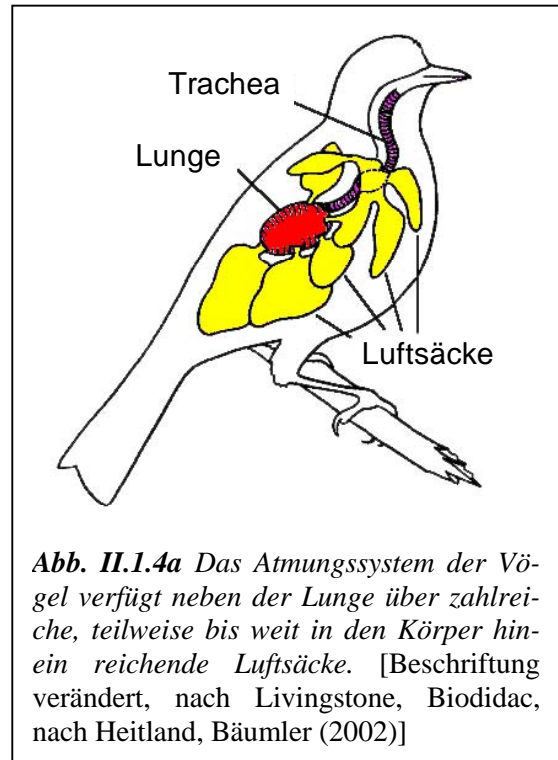
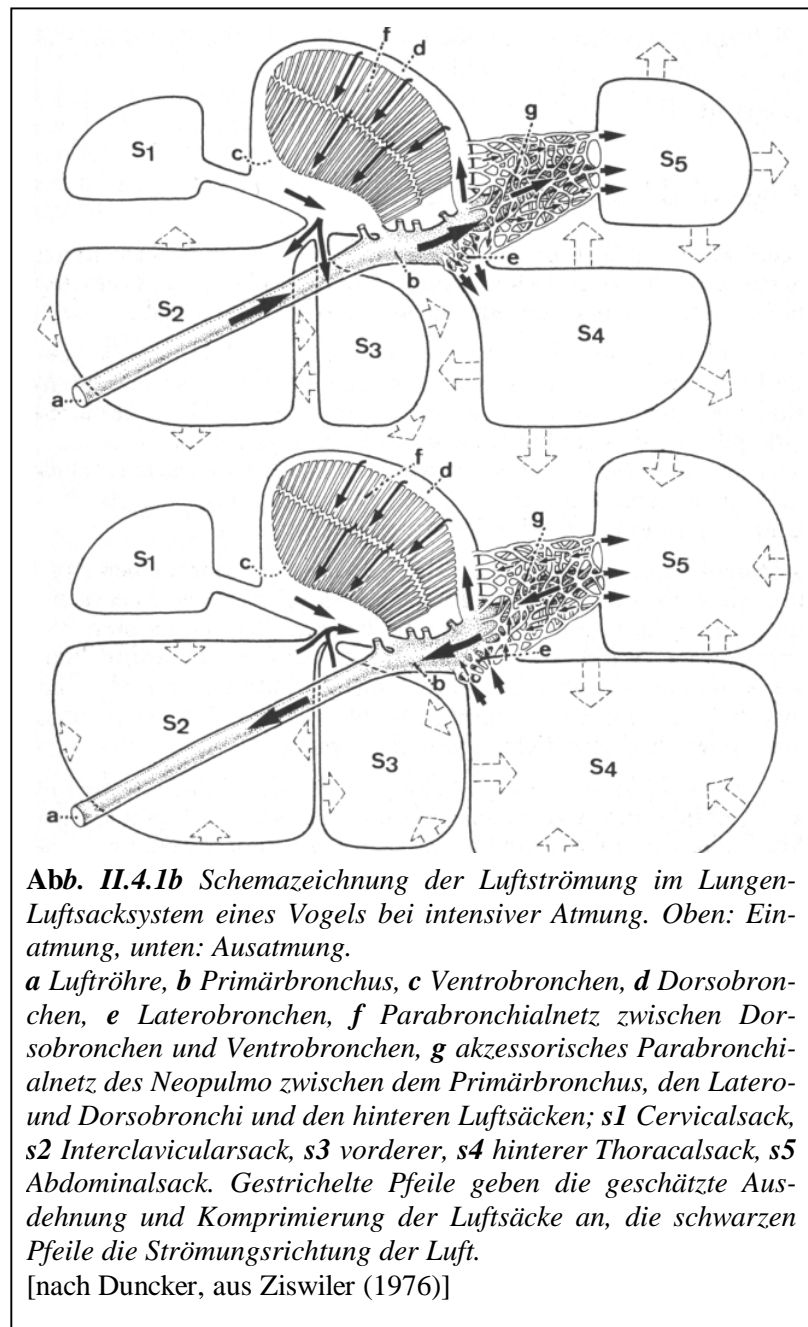


Abb. II.1.4a Das Atmungssystem der Vögel verfügt neben der Lunge über zahlreiche, teilweise bis weit in den Körper hinein reichende Luftsäcke. [Beschriftung verändert, nach Livingstone, Biodidac, nach Heitland, Bäumler (2002)]

Die Abbildung II.1.4b erläutert die Funktionsweise der Luftsäcke genauer. Dieser auf eine Richtung festgelegte Luftstrom optimiert wesentlich den Gasaustausch, da so die Luft innerhalb der Lungen mit den Ein- bzw. Ausatmungsvorgängen gänzlich ausgetauscht wird, anders als bei den Mammalia, bei denen immer nur ein Teil der Atemluft ersetzt wird. Die vorderen Luftsäcke sind für die Atmung nur wenig bedeutsam.

Funktionsprinzip der Atmung

Beim Einatmen strömt die Luft zunächst in die hinteren Luftsäcke. Ein Teil der Luft gelangt von dort unmittelbar durch die Lungen in die vorderen Luftsäcke. Beim Ausatmungsvorgang strömt die Luft der hinteren Luftsäcke in die Lungen ein, während die Luft in den vorderen Luftsäcken über die Luftröhre ausgeatmet wird.



Anstelle einer Zwerchfell-Atmung haben Vögel eine Atmung mit Hilfe der ineinander verhakten Rippen. Diese pumpen die Luft in die und aus den Luftsäcken. Auch eine Beteiligung des Gabelbeins ist nachgewiesen worden. Es wird angenommen, dass das Gabelbein die Kraft des Flügelchlags auf die Luftsäcke überträgt und so die Atmungsfrequenz während des Flugs erhöht.

Die bei den Vögeln realisierte Einrichtungs-Atmungsweise ermöglicht über die höhere

Gasaustauschrate pro Atemzug neben der Fähigkeit, selbst in großen Flughöhen in dünner Luft noch ausreichend Sauerstoff aufnehmen zu können, auch eine vergleichbar niedrigere Atmungshäufigkeit. Dadurch können Vögel Wasser sparen, das bei jedem Atemzug verdunstet. Tabelle II.1.4c und Tabelle II.1.4d listen weitere interessante Vergleichswerte zum Grundumsatz O_2 beziehungsweise zu Atemzügen pro Minute und Atemzugvolumina auf.

| Grundumsatz O ₂ (in cm ³ pro g Körpergewicht und h) | |
|--|-------------|
| <i>Ringelnatter</i> | 0,07 |
| <i>Elefant</i> | 0,07-0,11 |
| <i>Mensch</i> | 0,21-0,24 |
| <i>Ratte</i> | 0,88-0,95 |
| <i>Hausmaus</i> | 1,7 |
| Buchfink | 3,3 |
| Sperling | 3,53 |
| Kolibri | 4,0 |
| <i>Spitzmaus</i> | 7,0-10,6 |

Tab. II.1.4c Vergleich der Grundumsätze O₂ im Tierreich. [zusammengestellt, Daten nach Pacht (2002) und Flindt (1986 und 1995)]

| Atemzüge pro min. / Atemzugvolumina in cm ³ | |
|---|--------------|
| <i>Finnwal</i> | 0,5 - |
| <i>Schwertwal</i> | 1,1 46200 |
| Strauß | 3 - |
| Storch | 8 - |
| <i>Pferd</i> | 10 7500 |
| <i>Mensch</i> | 11 500 |
| Huhn | 27 31 |
| Ente | 42 30 |
| <i>Fledermaus</i> | 50 - |
| Mauersegler | 90 - |
| <i>Maus</i> | 163 0,15 |
| Kolibri | 250 - |

Tab. II.1.4d Vergleich der Atemzüge und Atemzugvolumina im Tierreich. [zusammengestellt, Daten nach Pacht (2002) und Flindt (1995)]

Luftröhre

Die Luftröhre (Trachea) (siehe Abbildung II.1.4a) besteht aus einer hohen Zahl knöcherner Ringen, die durch Haut miteinander verbunden sind. Der **Kranich** (*Grus grus*) beispielsweise hat 350 solcher Ringe. Die besondere Länge der Luftröhre, die oft sogar mehrfach gewunden ist, ermöglicht, dass die Atemluft die Lungen vorgewärmt erreicht und so der Gasaustausch in den Lungen-Alveolen wesentlich verbessert wird.

Lauterzeugung

Besondere Organe der Atemwege dienen typischerweise der Lauterzeugung. Diese Strukturen des untersten Luftröhrenabschnittes und meist auch der obersten Bronchienabschnitte bilden den nur bei Vögeln vorkommenden Syrinx, den unteren Kehlkopf. Auch wenn der Syrinx das für Vögel typische Stimmorgan ist, sind die morphologischen Unterschiede auch nahverwandter Vogelarten sehr groß. Auf die Lauterzeugung wird im Kapitel V.3.4 zur akustischen Kommunikation detaillierter eingegangen.

II.1.5 HERZ UND BLUTKREISLAUF

Leistungen des Vogelherzens

Wie bei allen anderen Organismen, die über ein Herz verfügen, dient auch bei Vögeln dieses Organ der Hinführung des Sauerstoffs von den Lungen zu den respiratorischen Zellen und des Abtransports von Kohlendioxid aus den respiratorischen Zellen zu den Lungen. Den Säugern gleich hat das Vogel-Herz vier Kammern, ist in Anpassung an den Flug jedoch wesentlich größer und kräftiger. Unter allen Wirbeltieren ist das Herz der Vögel das

relativ schwerste. Beim Kolibri macht es zwischen 2,0 und 2,8 Prozent des Körpergewichts aus (Bezzel, Prinzinger (1990)). Bei Steißhühnern sind es dagegen (nur) 0,19 bis 0,25 Prozent, bei Tauben zwischen 1,02 und 1,5 Prozent, bei Hühnervögeln zwischen 0,4 und 1,42 Prozent, **Stockenten** (*Anas platyrhynchos*) 1,1 Prozent (Bezzel, Prinzinger (1990), Ziswiler (1976), Sturkie (1986), Waibl, Sinowatz (1992), Viscor (1985)).

Besonders unter den Langstreckenziehern, wie Störchen oder der **Küstenseeschwalbe** (*Sterna paradisea*) sind die Herzen voluminös. So schließt Viscor, dass das relativ große Herz ein Merkmal von Vögeln ist, die die Fähigkeit zu Ausdauerflügen besitzen (Viscor (1985)).

Die durchschnittlichen Herzschlagfrequenzen liegen beispielsweise beim **Truthahn** (*Meleagris gallopavo*) bei 93 Schlägen (Ruhepuls), bei Sperlingsvögeln zwischen 400 und 800 und beim Kolibri bei bis zu 1000 Herzschlägen pro Minute. Zum Vergleich sei der Ruhepuls des Menschen angegeben. Er verfügt über einen Ruhepuls von nur etwa 70 Schlägen pro Minute. Aber auch der Blutdruck ist mit 150 bis 200 mm Quecksilbersäule bei Vögeln am höchsten.

Anatomie des Herzens im Brutkreislauf

Das Herz liegt im vorderen Drittel der Leibeshöhle ventral dem Sternum auf. Es ist eher links der Medianen und annähernd parallel zur Längsachse des Körpers lokalisiert. Die Herzspitze kann dagegen auch rechts der Medianen zu finden sein und wird vom rechten und linken Leberlappen umschlossen (Akester (1984)). Das Herz wird vom Herzbeutel umgeben und kommt mit den kranialen Brustluftsäcken sowie mit den Divertikeln des Klaviкулярluftsacks in Berührung.

Der Aufbau und die Eingliederung des Vogelherzens in den Kreislauf entsprechen prinzipiell dem der Säugetiere. Zwei Vorkammern und zwei Kammern erfüllen die Funktion der Druck- und Saugpumpe. Die linke Kammerwand ist zwei- bis dreimal so dick wie die rechte Kammerwand. Die linke Vorkammer ist kleiner als die rechte. Das venöse Blut des großen Körperkreislaufs gelangt zunächst in den rechten Vorhof. Über die rechte Atrioventrikular-Klappe, die bei Vögeln, anders als bei Säugetieren, aus ventrikulären Muskelfasern besteht und reich innerviert ist (Moore (1965)), erreicht das Blut den rechten Ventrikel und den kleinen Lungenkreislauf. Über die Lungenvenen gelangt das sauerstoffreiche Blut in den linken Vorhof und, die dreizipflige membranöse linke Atrioventrikular-Klappe passierend in den linken Ventrikel. Von hier

wird es schließlich in die Aorta und in den großen Körperkreislauf befördert. Das Grundschema des Blutkreislaufs ist in Abbildung II.1.5a ersichtlich.

Anders als bei Reptilien besitzen Vögel ein vollständiges Herzseptum. Die beiden Ventrikel sind somit vollständig voneinander getrennt und vermeiden so eine Vermischung von arteriellem und venösen Blut.

Zwei Koronararterien und vier Koronarvenen übernehmen die Blutversorgung des Herzens (Waibl, Sinowatz (1992)).

Die Herzmuskelzellen der Vögel sind ca. fünf- bis zehnmal kleiner als die der Säuger. Im Unterschied zum Säuger finden sich beim Vogel keine transversalen Tubuli (Akester (1984)).

Blut

Bestandteile des im roten Knochenmark, der Milz und der Leber der Vögel produzierten Blutes sind rote Blutkörperchen (Erythrocyten), die drei Gruppen weißer Blutkörperchen (Lymphocyten, (neutrophile, eosinophile und basophile) Granulocyten und Monocyten) und Thrombocyten. Die Hauptaufgabe der roten Blutkörperchen liegt im Transport der Atemgase Sauerstoff und Kohlendioxid und die pH-Wert-Pufferung des Blutes auf einen mittleren Wert von 7,4 (Bezzel, Prinzinger (1990)). Ähnlich wie bei den Reptilien sind sie zeitlebens kernhaltig. Hauptbestandteil der roten Blutkörperchen ist mit 60 bis 90 Prozent der Trockensubstanz das Hämoglobin als roter Blutfarbstoff.

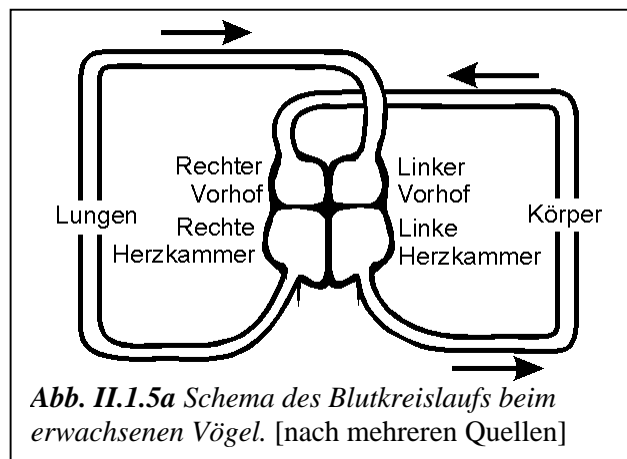


Abb. II.1.5a Schema des Blutkreislaufs beim erwachsenen Vogel. [nach mehreren Quellen]

II.1.6 EXKRETION

II.1.6.1 EINFÜHRUNG

Im Stoffwechsel aller lebenden Organismen kommen Substanzen vor, die der Organismus nicht brauchen kann, die nicht verdaulich oder gar giftig sind. Sie sind demnach aus dem Organismus auszuschleiden. Die Ausscheidung dieser Substanzen erfolgt auf unterschiedlichen Wegen. Gasförmige Stoffe, wie CO₂, N₂, Ketonkörper oder Wasserdampf, können in der Regel über die Lungen und die Atemluft, aber auch über die Haut abgegeben werden, unverdauliche feste Substanzen größtenteils über den Verdauungstrakt, die sogenannte Defäkation. Dagegen werden flüssige Stoffe über spezielle Exkretionsorgane an die Umwelt ausgeschieden.

Renale und extrarenale Exkretion

Die Exkretion erfolgt hierbei über zwei entscheidende Organgruppen. Dies sind renale und extraarenale Organe. Unter renalen Organen werden alle nierentypischen Organe, wie Nephridien, Malphigische Gefäße oder Nieren, zusammengefasst. Das renale Organ der Vögel ist die paarige Niere (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Zu den extrarenalen Organen werden neben der Haut und weiteren unspezifischen Organen insbesondere die speziellen Salzdrüsen gezählt, wie Unterzung-, Ohr-, Nasen-, Augen- oder Tränendrüsen. Bei Vögeln kommen lediglich Nasendrüsen vor.

II.1.6.2 NIERE

Struktur und Aufgabe

Wie oben schon erwähnt, besitzen Vögel paarige Nieren (Metanephros), die sich dank ihrer Dreiteiligkeit und der zusätzlichen Blutversorgung durch das Nierenfortadersystem deutlich von den Nieren der Säugetiere abgrenzen. Im caudalen Abschnitt der Körperhöhle liegen rechts und links der Wirbelsäule die drei Nierenlappen. Der Harnleiter (Ureter) jeder Niere leitet die Exkretstoffe in den mittleren Kloakenabschnitt. Eine Harnblase ist jedoch in der Regel nur noch embryonal nachweisbar. Nicht nur die Abscheidung von Harnsäure aus dem Blut, sondern auch die Regulierung des Flüssigkeits- und Salzgehalts des Körpers zählen zu den Aufgaben der 20 000 bis 300 000 Nephronen enthaltenden Niere (Ziswiler (1976)). Daneben produziert die Niere in den Nebennieren (Glandulae suprarenalis) auch Hormone (Bezzel, Prinzinger (1990)), auf die im Kapitel II.2 „Hormonale Steuerung“ gesondert eingegangen wird.

Exkretstoffe

Die wichtigsten Substanzen, die über die Exkretionsorgane ausgeschieden werden, sind Stickstoff in Form von Harnsäure, Natrium-Ionen, Kalium-Ionen und Chlorid-Ionen. Der unschädliche Stickstoff ist das Umbauprodukt aus dem bei der Oxidation, dem Umbau oder der Dissimilation von Proteinen entstehenden, giftigen Ammoniak. Der Stickstoff wird zunächst in der Leber zu Harnsäure gebunden und anschließend in den Glomeruli der Niere aus dem Blut entnommen. Als Trägersubstanz für alle Ausscheidungsprodukte tritt immer Wasser auf.

Wasserrückgewinnung

Da die Harnsäure schlecht wasserlöslich ist, muss sie im Blut und in den Nierentubuli mit sehr viel Wasser gelöst sein. Die maximale Gewichtskonzentration zur Erhaltung der vollen Löslichkeit der Harnsäure und ihrer wichtigsten Salze (Ureate) in Wasser liegt bei etwa zwei Prozent. Bei einer darüber liegenden Gewichtskonzentration könnten die engen Tubuli und Sammelgänge verstopfen.

So gelangt der zunächst klare, nicht wasserreduzierte Harn aus den Nierentubuli in den Harnleiter, wo eine Einschleimung des Harns erfolgt. Hierdurch wird er zäh und viskös und ermöglicht selbst den gefahrlosen Transport von ausgefallener Harnsäure (Bezzel, Prinzing (1990)). In der Kloake wird schließlich

der größte Teil des Wassers, teilweise auch Salze, rückresorbiert. Die Harnsäure und ihre Salze fallen als osmotisch nahezu unwirksame, ungiftige, breiige Feststoffe aus, die die bekannte charakteristische weiße Farbe tragen.

II.1.6.3 SALZDRÜSEN

Reptilien, einige Fische und Vögel haben außer der Niere ein extrarenales Exkretionsorgan, die Salz- beziehungsweise Nasendrüsen.

Diese supraorbitalen Drüsen münden in die Nasenhöhle ein und wurden daher schon vor 1650 als Nasendrüsen bezeichnet. Ihre Aufgabe und Funktionsweise waren jedoch lange Zeit unbekannt. Selbst die 1813 von Jacobson veröffentlichte erste Studie zu den Nasendrüsen, beschränkte sich auf grobmorphologische Darstellungen (Bezzel, Prinzing (1990)). Erst 1958 konnte die extrarenale Aufgabe der Nasendrüsen durch Schmidt-Nielsen und Fänge aufgeklärt werden.

Arten mit Salzdrüsen

Alle Vogelarten besitzen Salzdrüsen, aber nur bei 50 Arten aus 20 Ordnungen sind sie funktionell erhalten. So haben beispielsweise mit einer Ausnahme alle Sperlingsvögel keine funktionsfähigen Salzdrüsen. Innerhalb dieser großen Gruppe ist es die Wasseramsel, die zur Zugzeit an den Küsten viele marine Invertebraten frisst und deren Salzbelastung daher relativ hoch ist, die sie mittels ihrer Salzdrüsen abbauen kann. Besonders marine Arten, einige Greifvögel, viele Wüstenhühner und Bewohner trockener, wüstenhafter Gebiete (aride Gebiete), wie der **Strauß** (*Struthio camelus*), **Rennkuckuck** (*Geococcyx velox*), der als „Roadrunner“ vielen aus dem gleichnamigen Comic bekannt ist, verfügen über aktive Salzdrüsen.

Funktion der Salzdrüsen

Salze liegen in gelöster Form im Wasser oder auch in der Nahrung vor. Die Aufnahme von

Salz ist mit der Nahrungsaufnahme zwingend verbunden, zumal der Körper auf diese Salze auch angewiesen ist. Überschüssig aufgenommenes beziehungsweise nicht benötigtes Salz muss jedoch ausgeschieden werden. Der Grund für das Vorhandensein der Salzdrüsen bei Vögeln liegt nun darin, dass alle nicht der Gruppe der Säugetiere zugehörigen Wirbeltiere, wie die Vögel, über keine oder nur kurze Henlesche Schleifen in ihren Nieren-Tubuli verfügen. Daher können Vögel keinen stark hypertonen Endharn ausscheiden. Die Ausscheidung einer Salzlast, die in der Regel durch Salzaufnahme mit der Nahrung in ariden oder marinen Lebensräumen verursacht wird, würde zu einem Verlust einer hohen Wassermenge aus dem Körper führen.

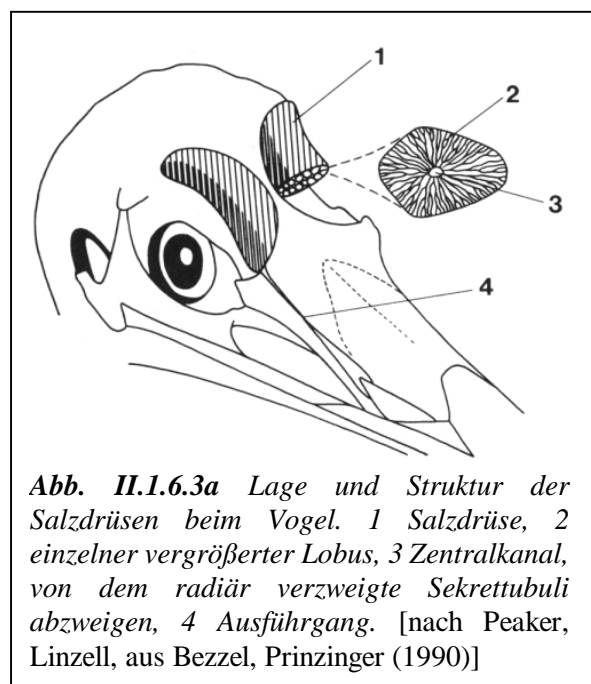


Abb. II.1.6.3a Lage und Struktur der Salzdrüsen beim Vogel. 1 Salzdrüse, 2 einzelner vergrößerter Lobus, 3 Zentralkanal, von dem radiär verzweigte Sekrettubuli abzweigen, 4 Ausführungsgang. [nach Peaker, Linzell, aus Bezzel, Prinzing (1990)]

Reptilien, einige Fische und auch Vögel, die von dieser Gefahr bedroht sind, besitzen daher extrarenale salzausscheidende Organe, die es ihnen erlauben, große Mengen eines hochkonzentrierten Salzsekretes (hauptsächlich Natriumchlorid) aus dem Körper auszuscheiden und dabei Wasser einzusparen (Hildebrandt (1997)).

Injiziert man intravenös eine Salzlösung, so beginnt die Salzsekretion schon wenige Minuten später. Bei Salzaufnahme über den Verdauungstrakt verzögert sich der Beginn der Salzausscheidung auf etwa 60 bis 90 Minuten.

Bau der Salzdrüsen

Die Strukturen der Salzdrüse sind sehr einfach und einheitlich gestaltet, selbst bei den Arten, bei denen das Organ nicht (mehr) funktionsfähig ist.

Die Salzdrüse liegt unterhalb der Haut (subkutan) und ist von länglicher Gestalt. Sie setzt sich aus einer artspezifischen Zahl paralleler und mit Bindegewebe eingehüllter tubulärer Lappen, den Lobi, zusammen. Die Zahl der Lobi variiert zwischen zwei, wie beim **Waldwasserläufer** (*Tringa ochropus*), und 25, wie bei Möwenarten. (Bezzel, Prinzinger (1990)). Vom Zentralkanal eines jeden Lobus zweigen radiär verzweigte Sekrettubuli ab (siehe Abbildung II.1.6.3a). Die Zentralkanäle vereinigen sich zu einem unpaaren Ausführungsgang, der nach einer Verzweigung zu zwei Ästen in die Nasenhöhle einmündet. Haben die meisten Vogelarten diese zwei Ausführungsgänge, so besitzen Hühnervögel, Reiher, Störche, Strauße und einige andere Arten dagegen lediglich einen (Bezzel, Prinzinger (1990)).

KURZ-INFO Regulation der Salzsekretion als Beispiel für Regulationsprozesse

Das parasympathische Nervensystem steuert die Salzsekretion in den Nasendrüsen der Vögel. Die Ausschüttung der Transmittersubstanz Acetylcholin aktiviert muscarinische Acetylcholin-Rezeptoren auf der Oberfläche der sekretorischen Nasendrüsenzellen. Das Signal dieser Rezeptoren wird über ein als molekularer Schalter fungierendes G-Protein vom Gq-Typ an die intrazelluläre Phospholipase C weitergeleitet. Dieses stellt aus bestimmten Membranlipiden (Phosphatidylinositide) zwei intrazelluläre Botenstoffe (second messenger) her, das wasserlösliche Inositol 1,4,5-Triphosphat (IP3) und das in der Zellmembran verbleibende Diacylglycerin. IP3 diffundiert in das Zellplasma und trifft dort auf der Oberfläche bestimmter zellulärer Organellen, die als Speicherorte für Kalzium-Ionen dienen, auf spezifische Rezeptoren. Nach der Bindung von IP3 an diese Rezeptoren öffnen sich membranöse Kalzium-Ionenkanäle, so dass Kalzium-Ionen aus den Speicherorganellen in das Cytoplasma der aktivierten Zelle übertreten. Dort steigt dadurch die unter Ruhebedingungen sehr niedrige Konzentration (etwa 100 nmol/l) des freien Kalziums an. Dieser Anstieg signalisiert nun, dass membranöse Kalium- beziehungsweise Chlorid-Kanäle geöffnet werden. So kommt ein gerichteter Transport von Ionen durch die Zellen zustande, den man auch als sekundär aktiven Chlorid-Transport bezeichnet (Hildebrandt (1997)).

II.2 HORMONALE KOORDINATION

II.2.1 HORMONE

Wirkungsweise

Das Hormonsystem und das Nervensystem stellen die Informations- und Regelsysteme des Vogelkörpers dar. Anders als das Nervensystem (Kapitel II.3) kommuniziert es über chemische Substanzen, die sogenannten Hormone. Spezielle Zellen oder Zellverbände (Hormondrüsen) produzieren die in kleinsten Dosen wirksamen Stoffe, die ihre Wirkung durch Abgabe in die Blutbahn entfalten. Vom Ort der Sekretion werden sie diffus über die Blutbahnen im ganzen Körper verteilt, wo sie an bestimmten Stellen eine Reaktion auslösen. Ihre Arbeitsweise bedingt somit eine längere Zeit, bis eine Reaktion eintreten kann und eine lange Antwortperiode, da Hormone erst enzymatisch abgebaut werden müssen, und damit ihre Wirkung erst später nachlässt und erlischt.

Das Hormonsystem der Vögel unterscheidet sich in seinen Strukturen und Substanzen nur unwesentlich von dem der anderen Wirbeltiere (Vertebrata).

Grundsätzlich haben Hormone die Aufgabe, besonders embryogenetische, ontogenetische und zyklische Entwicklungen der Morphologie, das Verhalten, die Leistungsanpassung des Körpers bei unterschiedlicher Belastung einzelner Organsysteme und die physiologische Konstanz (zum Beispiel Blutzucker) auszulösen, zu kontrollieren und/oder zu regulieren (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Hormone steuern also Reproduktionsvorgänge, wie die Bildung von Ei- und Samenzellen und die Befruchtung, Wachstum und Entwicklung, beispielsweise durch Regulierung des Stoffwechsels von Muskeln, Knochen und Geweben in der Wachstumsphase, die Mobilisierung von Abwehrkräften bei Belastungen, wie emotionalem Stress, Durst, Hunger, Hitze, Kälte, Verletzungen oder Infektionen. Auch regeln sie das Elektrolyt-Wasser- und Nährstoffgleichgewicht, den Zellstoffwechsel und das Energiegleichgewicht. Hormone zei-

gen sich verantwortlich für die optimale Nährstoff-Verwertung und für die Aufrechterhaltung aller Körperfunktionen und Zellen (Wehner (2002)).

Der den Hormonen zugrunde liegende biochemische Mechanismus bewirkt eine Änderung der katalytischen Umsatzgeschwindigkeit der Gesamtheit bestimmter Enzyme. Dies geschieht entweder über eine Modulation der Neosynthese der Hormone direkt am Chromosom oder über eine Aktivierung bereits vorhandener Enzyme.

Regulation des Hormonspiegels

Die Regulation des Hormonspiegels kann über mehrere Wege erfolgen. Im Folgenden sind drei Beispiele genannt.

1. Eine Erhöhung des Glukosespiegels im Blut erhöht so unmittelbar die Insulinkonzentration. Insulin steigert nun die Synthese von Glykogen aus Glukose, so dass sich die Glukose-Konzentration im Blut erniedrigt.
2. Insulin und Glukagon wirken als Antagonisten. Über solche Antagonisten kann der fördernde Einfluss vergrößert bzw. der hemmende Einfluss verringert werden.
3. Die Rückkopplung basiert auf dem regelnden Wirken eines Faktors auf einen in derselben Kette vorangegangenen Faktor.

Hormon-Hauptgruppen

Hormone können auf unterschiedliche Art und Weise in Gruppen aufgeteilt werden. Eine Möglichkeit ist die Einteilung nach dem chemischen Aufbau oder dem Bildungsort.

Haupt-Gruppen nach chemischem Aufbau *Steroidhormone*

Ihre Grundstruktur sind Sterane, die aus einem viergliedrigen Ringsystem bestehen. Zu ihnen lassen sich Sexualhormone oder Nebennierenrindenhormone (Kortikoide) zählen.

Proteo- und Peptidhormone

Sie sind aus Aminosäuren konstruiert und werden bei oraler Aufnahme ausnahmslos verdaut und verlieren somit ihre Wirkung. Insulin, Neurohormone, Glukagon und Gewebshormone sind Vertreter dieser Gruppe.

Aminoräurederivate

Zu ihnen gehören die wichtigen Substanzen Adrenalin, Noradrenalin, Thyroxin und Trijodthyronin.

Weitere Hormone

Hormone, die von den oben beschriebenen Bauprinzipien abweichen, werden als gesonderte Hormone dieser Gruppe zugeordnet. Zu ihnen gehören beispielsweise auf Fettsäuren basierende Strukturen.

Haupt-Gruppen nach dem Bildungsort

Neurohormone

Peptiderge Nervenzellen im Zentralen Nervensystem, beispielsweise in der Hypophyse, synthetisieren Neurohormone, die teilweise im Axon, dann im Blut transportiert werden.

Aglanduläre Hormone

Fast alle Körperzellen sind in der Lage, aglanduläre Hormone auszuschütten. Zu ihnen gehören beispielsweise Leukozyten, die Histamin, Serotonin und Prostaglandin aussenden können. Die Neurotransmitter Adrenalin oder Acetylcholin sind ebenfalls aglanduläre Hormone.

Glanduläre Hormone

Anders als bei Neurohormonen oder aglandulären Hormonen sind für die Produktion glandulärer Hormone spezielle Hormondrüsen zuständig.

II.2.2 HORMONDRÜSEN

Zahlreiche Drüsen des Vogelkörpers sekretieren Hormone. Diese werden hier nur kurz aufgeführt und ihre Funktion erläutert. Die Reihenfolge der Aufzählung ist hierbei vom Kopf abwärts.

Pinealorgan

Die für die Epiphyse verwendeten Bezeichnungen Pinealorgan oder Zirbeldrüse begründen sich darin, dass sie äußerliche Ähnlichkeiten mit einem Pinienzapfen hat. Die Struktur des Pinealorgans ist durch unterschiedliche, artspezifische Formen charakterisiert. Bei Singvögeln findet sich ein sackförmiger Typ, bei Haustaube, Hausente und Gans ein tubulifollikulärer Typ und bei Hühnervögeln ein kompakter, lobulärer Typ. Aber auch weitere Variationen kommen vor. Die Epiphyse ist zwischen Groß- und Kleinhirn lokalisiert und an die Hirnhäute und Hirnhautgefäße angeheftet (Bezzel, Prinzinger (1990)). Sie besteht aus Neuronen, Gliazellen, umgewandelten Photorezeptoren und neuroendokrinen Zellen. Das ausgeschüttete Hormon ist neben anderen biogenen Aminen Melatonin. Das Pinealorgan

kann Lichtreize direkt in hormonelle Signale übersetzen und beeinflusst bei Vögeln insbesondere circadiane Rhythmen. Weiterhin ist bekannt, dass die Melatonin-Sekretion bei Nacht (im Dunkeln) ansteigt und am Tage (unter Lichteinstrahlung) wieder abfällt. Insgesamt sind die Kenntnisse über das Pinealorgan und seine Funktionsweise bislang recht dürftig.

Hypophyse

Auch wenn der Hypophyse (Hirnanhangdrüse) des Vogels der mittlere Abschnitt (Pars intermedia) fehlt, gleicht sie in Aufbau und Gliederung der Reptilien- und Säugetier-Hypophyse. An der Unterseite des Zwischenhirns gelegen steht sie über einen Stiel (Infundibulum) mit dem Hypothalamus in Kontakt. Die Hypophyse setzt sich aus dem vorderen Drüsenteil, der Adenohypophyse, bestehend aus dem Vorderlappen (Pars distalis) und dem Trichterlappen (Pars tuberalis) und einem hinteren, kleineren Teil, der Neurohypophyse zusammen.

Der Vorderlappen der Adenohypophyse (Pars distalis) produziert zumeist glandatrophe Hormone, also Hormone, die auf andere endokrine Drüsen einwirken. Zwei gonadotrope Hormone (follikelstimulierendes Hormon Follitropin FSH, luteinisierendes Hormon Lutropin LH) werden im Hypophysenvorderlappen gebildet. FSH wirkt stimulierend auf die Samenbildung beziehungsweise Follikelentwicklung, LH auf die Androgenproduktion beziehungsweise die Ovulation. Weitere Hormone sind zum Beispiel das schilddrüsenstimulierende Thyreotropin TSH und das Wachstumshormon GH.

Schilddrüse

Die paarige und in ihrer Größe zwar sehr variable, aber sonst recht kleine Schilddrüse (Thyreoidea) befindet sich an der Basis des Halses. Einzelne Follikel bilden das sekretierende Parenchym. Hier wird als Ausgangssubstanz der Schilddrüsenhormone das jodhaltige Thyreoglobulin synthetisiert, das durch Spaltung zu den eigentlichen Schilddrüsenhormonen wird. Unter TSH-Einfluss wird Thyreoglobulin in die Blutbahn abgegeben. Die wichtigsten aus dem Thyreoglobulin gebildeten Hormone sind Trijodthyronin T_3 und Tetrajodthyronin T_4 . T_3 und T_4 haben die Aufgabe, das Wachstum des gesamten Körpers und besonders der Reproduktionsorgane zu regulieren. Sie wirken auf die Eiproduktion, Hodengröße, Samenproduktion, die ontogenetische Entwicklung des Organismus und die Steuerung

der Mauser ein, aber auch auf Atem- und Herzschlagfrequenz, Temperaturregulation und das Temperament.

Epithelkörperchen (Nebenschilddrüse)

Die Epithelkörperchen-Drüse (Glandulae parathyreoideae) besteht ursprünglich aus je einem Paar Körperchen auf jeder Körperseite, die aber miteinander verschmelzen und eine Verbindung zur Schilddrüse aufnehmen können. Das hier produzierte Hormon ist das wie bei den Mammalia aus 84 Aminosäuren zusammengesetzte Parathormon PTH (siehe Abbildung II.2.2a), das den Kalziumspiegel im Blut reguliert.

Ultimobranchialkörper

Diese paarig angelegte, rundliche Drüse zu beiden Seiten des Halsansatzes (Huhn) lässt sich in zwei Zelltypen einteilen, die C-Zellen und die Knötchen-Zellen.

C-Zellen sekretieren Kalzitronin CT, das auf eine bestimmte Weise antagonistisch zum PTH wirkt und eine Kalziumauswaschung aus den Knochen durch PTH verhindert (siehe Abbildung II.2.2a). Die genaue Wirkungsweise wie auch die Molekülstruktur von CT ist noch unbekannt.

Thymusdrüse und Bursadrüse

Sowohl Thymusdrüse als auch Bursadrüse (Bursa fabricii) gehören zum Lymphsystem des Vogels. Der Thymus setzt sich aus drei bis acht flachen Läppen zusammen, die wiederum aus vielen Läppchen bestehen, die durch Bindegewebe voneinander getrennt sind (Bezzel, Prinzing (1990)). Jedes Läppchen besteht aus einer Rinden- und einer Markzone. Besonders in der Rindenzone sind zahlreiche dort produzierte T-Lymphozyten gespeichert, die eine Reifungsphase durchlaufen müssen, ehe sie ihre volle Funktionsfähigkeit erlangen. In der Markzone hingegen finden sich Inseln epithelialer Zellen (Hassalsche Körperchen). Noch nicht endgültig geklärt ist die Funktionsweise der Hormonausschüttung der Thymusdrüse.

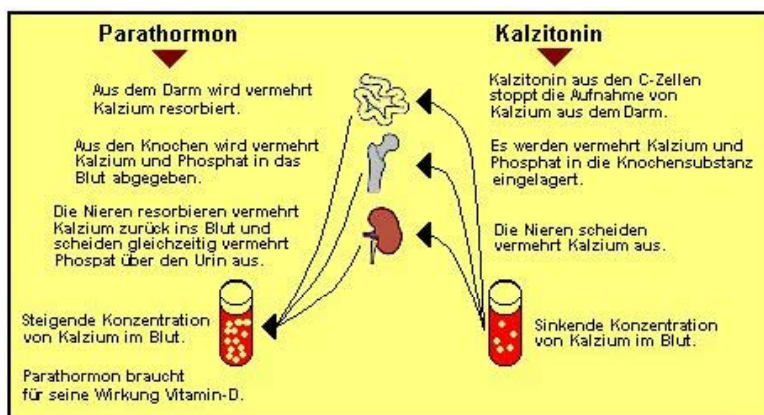


Abb. II.2.2a Parathormon und Kalzitronin als antagonistische Gegenspieler. [aus Wehner (2002)]

Angenommen wird ein Wachstumshormon, das das Wachstum bis zur Geschlechtsreife steuert (Bezzel, Prinzinger (1990)). Weitere abgesonderte Substanzen sind Lymphokine, Thymopoetin und ein löslicher Thymusfaktor. Auch bei diesen Stoffen besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Die Bursadrüse ist eine nur für Vögel charakteristische Drüse, die wie die Thymusdrüse auch mit der Geschlechtsreife stark reduziert wird. In der ebenfalls in Läppchen mit Rinde und Mark zu separierenden Drüse reifen B-Lymphozyten an. Die Hauptaufgabe liegt in der Produktion von Immunoglobulinen. Wahrscheinlich ist die Bursa fabricii Bildungsort für ein Bursapoetin genanntes Hormon, das Einfluss auf die Lymphozyten-Produktion des Knochenmarks zu haben scheint. Auch bei der Bursadrüse sind die eigentlichen Abläufe noch unbekannt.

Aglanduläre Hormone des Gastrointestinaltraktes

Die Zellen der Magen- und Darmschleimhaut sind der Bildungsort für Peptidhormone, wobei bisher nur das im Dünndarm abgesonderte Sekretin sicher nachgewiesen wurde. Es steigert die Bildung von Bikarbonat im exokrinen Pankreas-Teil und von Galle in der Leber. Weitere Hormone wie Glukagon, Insulin, Somatostatin und APP (avian pancreatic polypeptid) werden vermutet (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Inselzellen der Bauchspeicheldrüse

Der weitaus größte Teil der Bauchspeicheldrüse (Pancreas) dient der Synthese von Verdauungsenzymen. Nur in kleinen verstreuten Inseln befinden sich Zellen, die die Peptidhormone Insulin und Glukagon produzieren. Die Aminosäure Insulin führt zu einer Entnahme von Glukose aus dem Blut und deren Speicherung als Glykogen in der Leber. Glukagon, ebenfalls eine Aminosäure, erhöht die Spaltung von Fett, die Konzentration von freien Fettsäuren im Blut und den Blutzuckerspiegel. Sogenannte PP-Zellen, die APP (avian pancreatic polypeptid) produzieren, scheinen nicht nur in diesen Inseln, sondern auch außerhalb der Inseln frei in der Pancreas ver-

teilt vorzukommen. APP wird sowohl auf nervösem, als auch hormonalem Wege weitergegeben. Es hat unter anderem die Aufgabe die Abgabe von Verdauungsenzymen zu erhöhen. Von besonderen Zellen in den Inseln wird Somatostatin (SRIF, Somatotropin-Releasing-Inhibitierender-Faktor) gebildet, dass durch Nahrung, durch Acetylcholin, Glukose und bestimmte Aminosäuren im Darm sekretiert wird. SRIF hemmt die Freisetzung von Insulin und Glukagon (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Nebennieren

Die paarigen Nebennieren (Glandulae suprarenalis) sind in eine Bindegewebskapsel eingeschlossen. Bei einigen Arten verschmelzen sie auch miteinander. Die Zelltypen der Nebennieren haben ihren Ursprung in der Neuralleiste des Ektoderms oder im Mesoderm. Die chromaffinen Zellen sind ektodermal und können in die Adrenalin produzierenden P-Zellen und die Noradrenalin bildenden F-Zellen unterschieden werden. Adrenalin und Noradrenalin erhöhen die Leistung des Sympathicus und somit die Körpermobilisierung. Mesodermal sind dagegen die Zellen des Interrenalorgans (Nebennieren-Rinde). Abhängig von der Lage der Zellen in der Nebenniere werden entweder Aldosteron oder andere Kortikosteroide gebildet. Kortikosteroide gehören wie die Hormone Gonaden zu den Steroidhormonen (Bezzel, Prinzinger (1990)). Die Mineralkortikoide regeln hierbei den Mineralhaushalt, während Glukokortikoide den Kohlenhydrathaushalt steuern.

Sexualhormone der Gonaden

Bei Weibchen und bei Männchen werden die gleichen Geschlechtshormone produziert. Die Geschlechtschromosomen bestimmen dabei allerdings, welche Hormone überwiegend gebildet werden, wovon letztlich die Ausbildung des Geschlechts abhängt.

Hoden

Im Hoden werden in erster Linie Testosteron, Progesteron und in geringen Mengen Östradiol, ein Östrogen synthetisiert.

Testosteron induziert männliche Geschlechtsmerkmale, wie Auslösung der Balz, Aggressionstrieb, Gefiederfarbe, Hodenwachstum und Spermienproduktion, und anabolische, nicht geschlechtsspezifische Wirkungen, wie Muskelzunahme, Reduktion des Fettsäureabbaus, Erhöhung des Stoffwechsels und andere. Bei Jungvögeln und Weibchen können diese Wirkungen durch Testosteron-Injektionen künstlich erzeugt werden.

Am zweithäufigsten nach dem Testosteron kommt beim Männchen Progesteron (Gelbkörperhormon) vor. Es scheint das Brutverhalten auszulösen.

Östrogen ist beim Männchen nur in Spuren nachzuweisen und kann als Inhaltssubstanz des Ejakulats die Eileiterbewegung des Weibchens beeinflussen.

Ovar

Im Eierstock werden außer Prostaglandinen und Neurohormonen, wie Adrenalin und Noradrenalin, vor allem die Geschlechtshormone Östradiol (Follikelhormon), Progesteron und in einem geringen Anteil Testosteron produziert.

Progesteron blockiert die Ovulation, kann zur Mauserung führen und erhöht die Körpertemperatur. Allerdings hat es eine Halbwertszeit von nur elf Minuten und wird somit schon recht schnell wieder abgebaut.

Östrogene, wie das Östradiol oder Östron, haben bei Vögeln eine Halbwertszeit von 28 Minuten (Vergleich: Bei Säugern nur sechs Minuten). Das Follikelhormon zeigt sich für die juvenile Ausprägung der weiblichen Sexualorgane und anderen geschlechtsspezifischen Unterschiede aller Organe verantwortlich. Auch steuert es die besonderen Zyklus-

prozesse beim adulten Weibchen, wie eine verstärkte Eiweißbildung, Speicherung von Kalzium in und aus den Knochen und erhöhte Futtersaufnahme (Bezzel, Prinzing (1990)). Es würde nun jedoch zu weit führen, die komplizierten Vernetzungen und gegenseitigen Wechselwirkungen sämtlicher Hormone aufzulisten.

Renin-Angiotensin-System (Parahormone der Niere)

Im Nierenkörperchen lassen sich epitheliale Zellen nachweisen, die Parahormone produzieren. Im Falle einer Senkung der Durchblutung der Niere führt eine Ausschüttung des Parahormons Renin zu einer Blutdrucksteigerung, die für einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten wird. Daraus resultiert natürlich auch eine Erhöhung der Filtrationsleistung der Niere. Weiterhin fördert Renin eine Rückresorption von Natrium. In der Niere wird die Erythropoetin-Produktion durch ein weiteres Parahormon gesteigert. Erythropoetin regt die Blutbildung an (Bezzel, Prinzing (1990)).

Prostaglandine, Histamin, Serotonin

Als typische Zellohormone werden Prostaglandine, Histamin und Serotonin in allen Zellen produziert. Die aus Fettsäuren aufgebauten Prostaglandine schützen unter anderem die Fettreserven vor der Aktivierung durch Noradrenalin, sprechen die glatte Muskulatur an und erweitern die Blutgefäße.

Das Aminosäurederivat Histamin regt beispielsweise die exokrinen Drüsen an und beeinflusst die glatte Muskulatur.

Serotonin führt zur Kontraktion der Darm-, Bronchial- und Blutgefäßmuskulatur und hat Einfluss auf psychische Prozesse im Gehirn.

II.3 NEURONALE KOORDINATION

II.3.1 PERIPHERES NERVENSYSTEM

Das Nervensystem sammelt Informationen aus der Außen- und Innenwelt des Organismus, verrechnet sie über bestimmte Prozesse und gibt Befehle an die Organe des Körpers. Diese sensorischen, integrativen und effektorischen Abläufe erfolgen über elektrische Impulse der Nerven. Im Gegensatz zum Hormonsystem (Kapitel II.2) arbeitet das Nervensystem jedoch sehr schnell und präzise. So ist beispielsweise das Ziel einer Nervenregung immer eindeutig und nicht diffus wie bei Hormonausschüttungen.

Funktionell wird das Nervensystem in ein autonomes (vegetatives) und ein willkürliches (somatisches) System eingeteilt. Das somatische System besteht aus dem peripheren Nervensystem sowie dem zentralen Nervensystem mit Gehirn und Rückenmark.

Spinalnerven

Die Spinalnerven (Nervi spinales) haben ihren Startpunkt im Rückenmark. Entsprechend den Säugern bestehen sie aus einer afferenten (sensiblen) und einer efferenten (motorischen) Faser. Beide vereinigen sich im Spinalgangli-

on, in dem die Zellkörper lokalisiert sind, und trennen sich anschließend wieder in zwei Äste. Der Rückenmarksnerv innerviert in jedem Segment das jeweilige Grenzstrangganglion des sympathischen Systems (siehe Abbildung II.3.1c) (Bezzel, Prinzing (1990)). Die Nummerierung der Spinalnerven entspricht der Zahl des zugehörigen Wirbels. Die Zahl der Spinalnerven variiert erheblich und ist bis heute nur unzureichend erforscht worden.

Gehirnnerven

Im Unterschied zu den Spinalnerven, sind die Gehirnnerven (Nervi craniales) wesentlich stärker gegenseitig vernetzt und weniger regulär angeordnet. So bestehen Probleme bei einer eindeutigen Funktionszuweisung. Dennoch lassen sich die zwölf Paare Gehirnnerven gliedern, wie dies in den Tabellen II.3.1a und II.3.1b) dargestellt ist. Weitgehend entspricht die Struktur der Reptilien. Der Riechlappen ist jedoch stark reduziert. Der vorderste Gehirnnerv (Nervus terminalis) fehlt allen Vögeln (Ziswiler (1976)).

| HIRN-NERV | NAME | AUFGABENGEBIET |
|-----------|----------------------|--|
| I | Nervus olfactorius | Sensorisch: Zum Riechepithel |
| II | Nervus opticus | Sensorisch: Neurite der Retina-Ganglienzellen (Auge) bilden den Sehnerv, der kein echter peripher Nerv ist, da der hintere Teil des Augapfels, die Retina und das Pigmentepithel eine Ausstülpung des Zwischenhirns (Diencephalon) sind. Motorisch: Kaum. |
| III | Nervus oculomotorius | Motorisch: Vorwiegend. Gemeinsam mit IV und VI zu den Augenmuskelnerven. |
| IV | Nervus trochlearis | Motorisch: Vorwiegend. Gemeinsam mit IV und VI zu den Augenmuskelnerven. |

Tab. II.3.1a I. bis IV. Gehirnnerv im Überblick.

[zusammengestellt, Daten nach Bezzel, Prinzing (1990) und nach Ziswiler (1976)]

| HIRN-NERV | NAME | AUFGABENGEBIET |
|-----------|----------------------------|--|
| V | Nervus trigeminus | Sensorisch: Zusammen mit Gehirnnerven VII, IX, X und XI ist er einer der Nerven, die (in der Embryogenese) die Kiemenbogenmuskulatur versorgt haben, die sich zum Schlund, der Mundhöhle und zum Gesicht ausdifferenziert haben. Der Nerv versorgt daher die Stirn, Vorderkopf, Ober- und Unterkiefer, Nasen- und Gaumenhöhle, Tränendrüse, Auge usw. |
| VI | Nervus abducens | Sensorisch: Rein somatosensorischer Nerv, der den Augenmuskel innerviert. |
| VII | Nervus facialis | Sensorisch: Kaum. Motorisch: Ergänzt den Nervus trigeminus. |
| VIII | Nervus vestibulocochlearis | Sensorisch: Rein afferenter (sensorischer) Nerv, innerviert Ampullen der Bogengänge, Utriculus, Sacculus, Macula neglecta, Papilla lagena und Membrana basilaris der Cochlea. |
| IX | Nervus glossopharyngeus | Sensorisch: Zunge, Pharynx, Larynx, Oesophagus und Karotidenrezeptoren (Druck, CO ₂ -Konzentration). Motorisch: Kiefermuskeln, Mund-Speicheldrüsen, oberer Oesophagus. Parasympathisch: Gesichert sind Oesophagus, Larynx, Syrinx. |
| X | Nervus vagus | Sensorisch / Motorisch / Parasympathisch: Gemischt. Eng mit Gehirnnerv IX verbunden. Innerviert nahezu alle wichtigen Organe. Bildet den Hauptanteil des parasympathischen Systems. |
| XI | Nervus accessorius | Motorisch: Nerv innerviert nur wenige oberflächliche Halsmuskeln. |
| XII | Nervus hypoglossus | Motorisch: Vor allem. Innerviert die Zungen-, Syrinx- und Trachealmuskulatur. |

Tab. II.3.1b V. bis XII. Gehirnnerv im Überblick.

[zusammengestellt, Daten nach Bezzel, Prinzinger (1990) und nach Ziswiler (1976)]

Autonomes Nervensystem

Das autonome (vegetative) Nervensystem setzt sich aus afferenten (sensorischen) und efferenten (motorischen) Nervenfasern zusammen. Es ist in zahlreiche Reflexbögen gegliedert. Efferent werden die glatte und die Herzmuskulatur und Drüsen innerviert. Auch wenn der Name „autonom“ nicht darauf schließen lässt, hat das ZNS dennoch Einfluss auf etliche Funktionen des autonomen Systems. Die Grundeinteilung des vegetativen Nervensystems erfolgt in ein parasympathisches, ein sympathisches und unter Umständen in autonome Nervenetze, die im Ver-

dauungstrakt lokalisiert sind und unabhängig vom parasympathischen und sympathischen Nervensystem sind. Die Aufgabenbereiche des vegetativen Nervensystems liegt in der Regulierung zahlreicher Organe, beispielsweise des Pulsschlags (Blutdruck), der Blutgaskonzentration, des Blutzuckers, der Herzschlagfrequenz, der Atemwege oder mechanischer und chemischer Prozesse in der Lunge (siehe Abbildung II.3.1c auf der nächsten Seite). Spezielle Innenrezeptoren, die sogenannten Enterorezeptoren, liefern hierbei die benötigten Informationen.

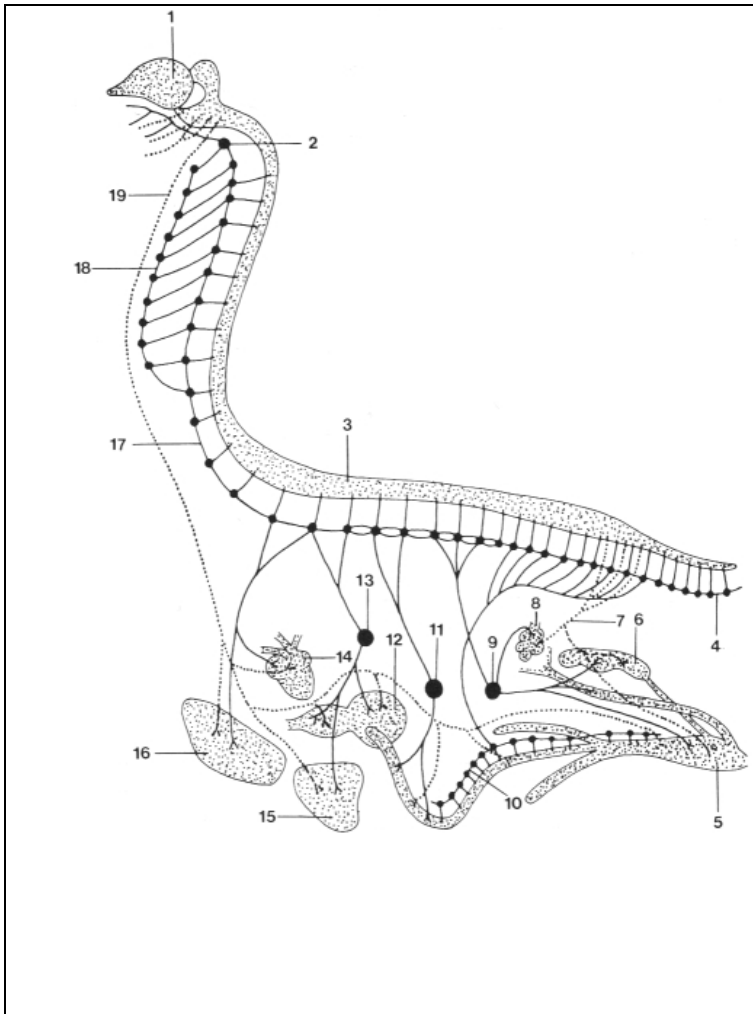


Abb. II.3.1c Das vegetative Nervensystem eines Haushuhns (*Gallus domesticus*). **Punktiert** parasymphathisches, **durchgezogen** sympathisches System.

- 1 Gehirn,
 - 2 Ganglion cervicale craniale,
 - 3 Rückenmark,
 - 4 Grenzstrang (*Truncus sympathicus*),
 - 5 Kloake,
 - 6 Niere,
 - 7 Nervus pudendus,
 - 8 Eierstock,
 - 9 Ganglion adrenale,
 - 10 Remakscher Nerv (*Nervus intestinalis*),
 - 11 Ganglion mesentericum,
 - 12 Magen,
 - 13 Ganglion coeliacum,
 - 14 Herz,
 - 15 Leber,
 - 16 Lunge,
 - 17 Grenzstrang (*Truncus sympathicus*), wie 4,
 - 18 Nervus caroticus,
 - 19 Vagusnerv (*Nervus vagus*).
- [nach King & McLelland, aus Bezzel, Prinzinger (1990)]

II.3.2 ZENTRALES NERVENSYSTEM

Das zentrale Nervensystem entsteht embryonal aus dem Ektoderm und gliedert sich in das Rückenmark und das Gehirn.

Rückenmark

Geschützt im Kanal der Wirbelsäule (*Canalis spinalis*) und umgeben von *Liquor cerebrospinalis* liegt das Rückenmark (*Medulla spinalis*). Unterschiede zum Rückenmark der Säugetiere sind die nahezu gleiche Länge des Rückenmarks und des Wirbelkanals, das Fehlen eines Pferdeschwanzes (*Cauda equina*) und eines dünnen Endstranges (*Filum terminale*) (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Die Hauptnerven für die Flugmuskulatur setzen in der cervicalen Anschwellung am Übergang vom Hals- und Brustmark an. Eine zweite Anschwellung ist gerade bei Laufvögeln im Beckenbereich als Ansatzpunkt der motorischen Neurone des hinteren Gliedmaßengürtels zu finden (Ziswiler (1976)). Nur bei Vögeln findet sich auch der *Sinus rhomboidalis*, der sich in der Lendenanschwellung befindet. Hier laufen die Dorsalfasern des weißen Marks auseinander. Glykogenhaltige Zellen füllen den so entstandenen Zwischenraum über sechs bis acht Wirbel zu einem gelatinösen Lumbalwulst. Die Aufgabe dieser Zellen ist bislang noch unbekannt.

Gehirn

Vorderhirn (Großhirn, Telencephalon), Zwischenhirn (Diencephalon), Mittelhirn (Mesencephalon), Hinterhirn (Metencephalon) und Nachhirn (Myelencephalon) bilden, wie auch bei Säugetieren, die fünf Abschnitte des Gehirns der Vögel. Das Kleinhirn (Cerebellum) und der Pons sind Bestandteile des Hinterhirns. Das verlängerte Mark (Medulla oblongata) stellt das Nachhirn dar. Mesencephalon, Pons und Medulla werden dem Stammhirn zu gerechnet. Kleinhirn und das verlängerte Mark schließlich werden als Rautenhirn (Rhombencephalon) bezeichnet. Sind Rauten- und Mittelhirn bei Vögeln und Säugetieren als ähnliche Entwicklungen aus dem Reptilien-Gehirn anzusehen, so unterscheiden sich Mittel- und Großhirn bei Vögeln und Säugetieren wesentlich (Bezzel, Prinzinger (1990)). Bei den Mammalia zeigt sich die Volumenzunahme der Hirnrinde in einer Faltung der Hemisphärenoberfläche. Bei Vögeln dagegen haben sich neue Schichten im Bereich des Basalganglions (Hyperstriatum ventrale) und des Palliums (Neopallium im Sagittalwulst) gebildet, die zu einer „inneren“ Volumenzunahme des Vorderhirns geführt haben. Die Hemisphärenoberfläche ist daher glatt und nicht gefurcht wie bei den Mammalia. Selbst die höchst entwickelten Reptilien haben so ein um bis zu zwanzigfach kleineres Großhemisphärenvolumen. Die grundsätzlichen Strukturen von Reptilien und Vögeln zeigt die Abbildung II.3.2a am Beispiel eines Alligators und einer Gans.

Im Unterschied zu den sechs Schichten der Säugetier-Großhirnrinde, hat die der Vögel nur eine Drei-Schichtung (Assoziative Lamina zonalis, rezeptorische Lamina granulosa, effektorische Lamina pyramidalis).

Beim Kleinhirn jedoch wurde die Oberflächenvergrößerung ähnlich zu den Säugetieren ebenfalls durch eine Faltung erreicht. Generell ist festzustellen, dass sich die Gehirne einzelner Vogelordnungen erheblich unterscheiden können.

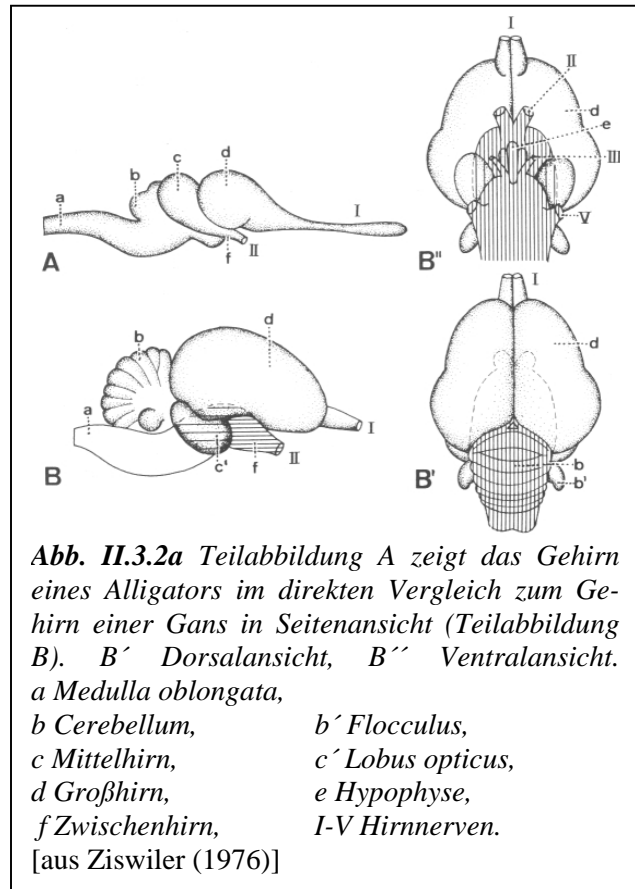


Abb. II.3.2a Teilabbildung A zeigt das Gehirn eines Alligators im direkten Vergleich zum Gehirn einer Gans in Seitenansicht (Teilabbildung B). B' Dorsalansicht, B'' Ventralansicht. a Medulla oblongata, b Cerebellum, c Mittelhirn, d Großhirn, f Zwischenhirn, b' Flocculus, c' Lobus opticus, e Hypophyse, I-V Hirnnerven. [aus Ziswiler (1976)]

So sind die Großhirnhemisphären bei Straußen und Tauben relativ klein ausgebildet. Ihr vergleichsweise primitives Gehirn hat allerdings zahlreiche nervöse Eingänge aus dem mächtig entwickelten Riechkolben. Der Kiwi hat unter den Vögeln den größten Riechkolben. Rabenvögel, Eulen und natürlich Papageien haben dagegen bei einem kleinen Riechkolben und ausgeprägten Großhirnhemisphären die zu ihrem Körpergewicht höchsten Gehirnmassen. Das den Schwirrflyg koordinierende Kleinhirn ist besonders bei Kolibris gut entwickelt.

Das Mittelhirn besteht zu einem großen Teil aus dem Tectum. Dies ist vereinfacht ausgedrückt das Sehzentrum des Mittelhirns (Tectum opticum). Seine besondere Größe verdeutlicht die herausragende Stellung der visuellen Sinneswahrnehmung bei Vögeln.

II.4 SINNESSYSTEME

II.4.1 EINFÜHRUNG

Die Sinnesorgane stellen die Kontaktstellen des Vogels zu seiner Außenwelt dar. Ohne sie könnte der Vogel weder Informationen über die Außenwelt sammeln, noch Nahrung finden oder mit anderen Organismen in Kommunikation treten. Dies trifft naturgemäß für alle Organismen zu. Bei Vögeln sind meist besonders Seh- und Hörsinn gut entwickelt, während die chemischen Sinne (Geruchs- und Geschmackssinn) und der Tastsinn eine untergeordnete Rolle spielen. Gerade beim Flug ist der Gleichgewichtssinn bedeutsam, koordiniert er doch die für einen sicheren Flug wichtige Orientierung im Raum. Alle Sinnes-

systeme stehen als Informationsrezeptoren über die Außenwelt mit dem Zentralen Nervensystem über afferente Nervenfasern in Kontakt. Teilweise ziehen auch efferente Nervenstränge zu den Sinnesorganen, so dass eine selektive und modulierte Sinneswahrnehmung bereits auf Ebene der Informationsaufnahme stattfindet. So wird eine kaum mehr zu filternde Informationsflut auf das Gehirn vermieden und in gewissen Grenzen gelangen nur die vom Zentralen Nervensystem angeforderten beziehungsweise erwarteten, entscheidenden Sinneseindrücke ins Gehirn.

II.4.2 VISUELLES SYSTEM

Allgemeine Kennzeichen

Das Sehvermögen der meisten Vogelarten ist überaus hoch entwickelt. Ohne ein gutes Sehsystem, das auch in der Lage ist, je nach Lebensstyp dreidimensional zu erkennen, Veränderungen schnell wahrzunehmen und Geschwindigkeiten richtig einzuordnen, wäre das Leben eines typischen (Flug-)Vogels undenkbar. Ein Vogel auf Beutejagd (beziehungsweise

sonstiger Nahrungssuche) muss die teilweise sehr kleinen Beutetiere auch auf weite Distanzen hin selbst bei guter Tarnung entdecken können. Ein gejagter Vogel muss potentielle Angreifer, die von allen Seiten kommen können, frühzeitig erkennen und ihnen ausweichen.

Aber auch zur inter- und intraartlichen Kommunikation, beispielsweise zur Feindabwehr, Revierverteidigung, Brutverteidigung und Balz, müssen optisch gegebene Signale anderer Individuen eindeutig und diffizil erkannt werden können.

Die Sehschärfe bei Vögeln ist im Bereich des schärfsten Sehen, der Fovea centralis, bei den meisten Arten mit der des Menschen vergleichbar. Deutliche Unterschiede liegen jedoch in der Verteilung der Zapfen über die Retina. Diese ist bei Vögeln gleichmäßiger, was zu einem im gesamten Gesichtsfeld liegenden scharfen und farbigen Bild führt.

Bei Greifvögeln resultiert die bis zu sechsmal höhere Bildauflösung in der zusätzlich dichteren Anordnung der Zäpfchen.



Abb. II.4.2a Schädel einer Eule. Deutlich sind die großen Augen zu erkennen, die die Bedeutung des visuellen System gerade auch für Eulen erkennen lassen. [aus Kirk (2002)]

| VERSCHMELZUNGSFREQENZ (IN BILDERN/S) | |
|---|------------|
| <i>Mensch</i> | 20 |
| <i>Gecko</i> | 20 |
| <i>Käfer</i> | 20-30 |
| <i>Katze</i> | 27-30 |
| <i>Frosch</i> | 48 |
| Taube | 148 |
| <i>Libellen</i> | 300 |

Tab. II.4.2b Vergleich der Verschmelzungsfrequenz. [zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (2002)]

Weitere herausragende Fähigkeiten des visuellen Systems der Vögel sind, dass nicht nur langsame Bewegungen von nur 15° pro Stunde, sondern auch sehr schnelle Bildabfolgen von 150 Bildern pro Sekunde wahrgenommen werden können (siehe Tabelle II.4.2b Vergleich der Verschmelzungsfrequenz am Ende dieses Kapitels). Erst genannte spielt bei der Himmelsrichtungen-Orientierung am Stand der Sonne eine Rolle, die zweite beim Flug.

Anatomie des Auges

Der Augapfel (Bulbus oculi) besteht aus einer von Hornhaut bedeckten vorderen Region, einer von skleralen Knochenplättchen, dem Sklerotalring, umgebenen Mittelregion und einer von Sklera bedeckten, nahezu halbkugligen hinteren Region (Bezzel, Prinzinger (1990)). Die typische Dreischichtung des Augapfels wird durch eine äußere Augenhaut (Tunica fibrosa bulbi), eine mittlere Augenhaut (Tunica vasculosa bulbi) und durch die Retina (Netzhaut, Tunica interna bulbi) als innere Augenhaut gebildet.

Äußere Augenhaut

Die äußere Augenhaut besteht aus Hornhaut (Cornea), die einen hohen Lichtbrechungsindex aufweist, und einer formgebenden, schützenden, harten Augenhaut (Sclera). Zwischen Cornea und eigentlicher Sclera ist die Sclera zu einem aus kleinen Knochenplättchen aufgebauten Sklerotalring strukturiert, die dem Akkomodationsapparat des Auges als Ansatzstelle dient. Abbildung II.4.2c zeigt die im folgenden näher beschriebenen Strukturen des Auges.

Mittlere Augenhaut

Die mittlere Augenhaut setzt sich aus drei Elementen zusammen. Das erste ist die das Augengewebe ernährende und Streulicht abblockende Aderhaut (Choroidea). Der zweite Bestandteil ist der sogenannte Strahlenkörper (Corpus ciliare), der mit seinen Fortsätzen die Linse in ihrer Lage hält. Als letztes Element der mittleren Augenhaut ist die als Blende des visuellen Systems fungierende Regenbogenhaut vorhanden, die sogenannte Iris - benannt nach der griechischen Göttin des Regenbogens und der Botin der Götter.

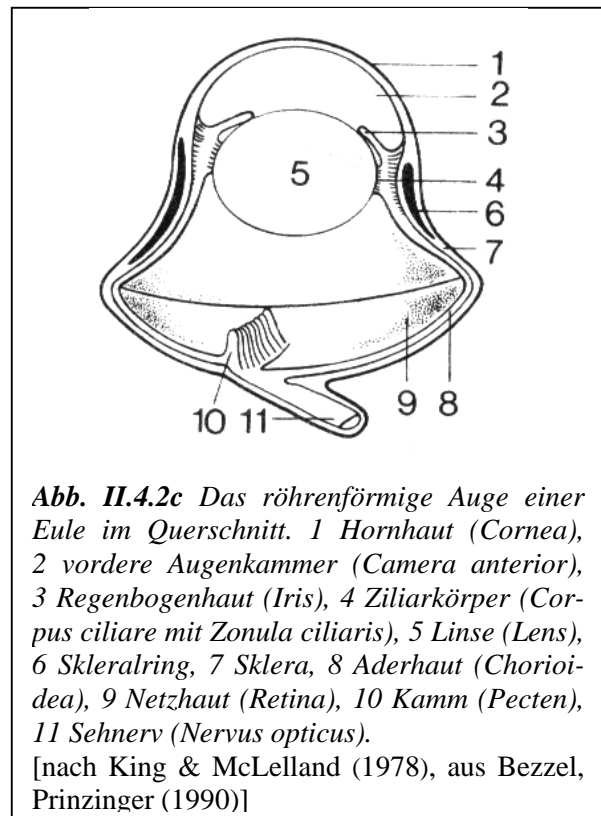


Abb. II.4.2c Das röhrenförmige Auge einer Eule im Querschnitt. 1 Hornhaut (Cornea), 2 vordere Augenkammer (Camera anterior), 3 Regenbogenhaut (Iris), 4 Ziliarkörper (Corpus ciliare mit Zonula ciliaris), 5 Linse (Lens), 6 Sklerotalring, 7 Sklera, 8 Aderhaut (Chorioidea), 9 Netzhaut (Retina), 10 Kamm (Pecten), 11 Sehnerv (Nervus opticus). [nach King & McLelland (1978), aus Bezzel, Prinzinger (1990)]

Innere Augenhaut

Auch wenn der Retina der Vögel Gefäße fehlen und sie relativ dick ist, ist sie dennoch strukturell mit der Retina der Mammalia identisch. Sie gliedert sich in eine aus Stäbchen, Zapfen, bipolaren Schalt- und Ganglienzellen bestehende innere Rezeptorzellschicht und eine äußere Pigmentepithelschicht. Die Zapfen dienen dem Farben- und Helligkeitssehen, die Stäbchen dem nichtfarbigen Dämmerungssehen. Entsprechend dieser Aufgabenteilung sind bei tagaktiven Vogelarten

wesentlich mehr Zapfen als Stäbchen in die Retina eingebettet. Bei nachaktiven Arten sind die Verhältnisse umgekehrt. Schon innerhalb der Retina finden zahlreiche nervöse Assoziationen und Verrechnungen statt, woraus ihre im Vergleich zu den Mammalia hohe Dicke resultiert. Auch bei Vögeln existiert als Zentrum des schärfsten Sehens eine Fovea centralis. Dieses trägt besonders viele Zapfen, bei Eulen als nachaktiven Vögeln auch eine Vielzahl von Stäbchen.

Augen-Fächer

Der Augenfächer (Pecten oculi) ist eine artspezifisch unterschiedlich strukturierte, meist längliche Struktur, die von zahlreichen Blutgefäßen durchzogen ist. Die Struktur entspricht dem Conus papillaris der Reptilien. Der Augenfächer reicht von der Austrittsstelle des Augennervs (Nervus opticus) bis teilweise weit in den Glaskörper hinein und dient höchstwahrscheinlich der Ernährung der Augenzellen, da der Netzhaut der Vögel im Gegensatz zu den Mammalia Blutgefäße völlig fehlen. Weitere Aufgaben scheinen in der

Sekretion bestimmter Substanzen, der Regulation des Augendrucks und der Abbildung einer Gitterstruktur liegen. Diese Gitterstruktur könnte gerade im Himmel gesehene kleine Objekte besonders gut darstellen. Eine Funktion als magnetischer Sensor wird diskutiert (siehe Kapitel II.4.6 Magnetsinn).

Linse

Die Linse (Lens) hat vielfältige Anpassungen an die Lebensbedingungen der jeweiligen Art erfahren.

So ist sie bei Tauchvögeln besonders weich, um eine Akkomodation sowohl im Luft-, als auch im Wasser-Medium zu ermöglichen. Dagegen ist sie bei Eulen kaum bewegungsflexibel. Bei nachtaktiven Vögeln und Enten ist die Linse auf beiden Seiten gleichermaßen konvex, bei Tagvögeln, wie den Papageien, hingegen außen eben oder nach innen stark konvex.

Augenlider

Das Auge wird von außen im Wesentlichen durch drei Augenlider geschützt. Dies sind das untere Augenlid (Palpebra inferior), das obere Augenlid (Palpebra superior) und die außer bei Eulen und **Wasseramseln** (*Cinclus cinclus*), dem einzigen echten Wasservogel unter den Passeriformes (Singvögel), durchsichtige Nickhaut (Palpebra tertiana). Tauchvögel haben ein durchsichtiges linsenartiges Fenster, das mit einer starken Lichtbrechung die fehlende Cornea-Lichtbrechung im Wasser ausgleicht (Bezel, Prinzinger (1990)).

Gesichtsfeld

Da die Augen meist seitlich am Kopf liegen, ist ein großer Teil des Gesichtsfeldes in der Regel monokular, so dass das binokulare Sehfeld lediglich weniger als 25 Grad beträgt, beispielsweise 6 bis 10 Grad bei Papageien (siehe Abbildung II.4.2d). Bei Eulen liegt der Wert dagegen bei 60 bis 70 Grad. Die Augen sind nahezu parallel nach vorne gerichtet (siehe Abbildung II.4.2e auf der nächsten Seite). Der große binokulare Sehbereich ermöglicht den Eulen, besonders gut Entfernungen abzuschätzen. Dies aber ist für die von ihnen praktizierte Jagdweise nach Beute essentiell (siehe Kapitel II.1.3.2).



Abb. II.4.2d Bei der Kleinen Weißstirnamazone (*Amazona albifrons nana*) sind die Augen in entgegengesetzte Richtungen gestellt. Das binokulare Gesichtsfeld ist daher sehr klein und beträgt generell bei Papageien maximal 10 Grad..

[Foto Jime Clare / Partridge Films, Oxford Scientific Film, aus del Hoyo 4 (1997)]



Abb. II.4.2e Die Augen der Schleiereulen (*Tyto alba alba*) blicken beide in gleiche Richtung nach vorne. Das binokulare Sehfeld ist daher mit 60 bis 70 Grad bei Eulen sehr groß.

[Foto William Paton / NHPA, aus del Hoyo 5 (1999)]

Auch bei anderen Greifvögeln ist das binokulare Sichtfeld vergleichsweise groß. Davon unterschieden werden muss das Gesichtsfeld. Hier kommen Extremwerte bis zur maximal möglichen Gradzahl von 360° vor. Die **Waldschnepfe** (*Scolopax rusticola*) verfügt über diesen Rundumblick, um in alle Richtungen gleichzeitig erfassen zu können, ohne den Kopf bewegen zu müssen.

Eine Kopfbewegung würde ihre gute Tarnung zunichte machen (Bezzel, Prinzing (1990)). Das Sehfeld jedes der beiden Augen ist sogar etwas größer als 180 Grad, weshalb in einem schmalen Bereich sogar ein binokulares Gesichtsfeld sowohl nach vorne, als auch nach hinten existiert.

Selbst das Gesichtsfeld der **Ringeltaube** (*Columba palumbus*) beträgt noch 340 Grad (siehe Tabelle II.4.2f). Besonders sich viel auf dem Boden aufhaltende Körnerfresser müssen einen guten Rundumblick haben, um einen Feind rechtzeitig ausmachen zu können (Lingen, Rheinwald (o. J.)).

Höhlenvögel

Wer an höhlenbewohnende Tiere denkt, erinnert sich zumeist an Fledermäuse, die mit ihrem einzigartig präzisen Echoortungssystem selbst bei völliger Finsternis sicher selbst durch weitverzweigte Höhlenlabyrinth fin-

den. Sie besiedeln nicht nur natürliche Höhlen, sondern auch Eisenbahntunnel und alte Stollenanlagen des Bergbaus, wie die ehemaligen Tuffsteinstollen im Ofenkaulenberg im Siebengebirge bei Bonn, die nach der Aufgabe des Bergbaus nicht nur eine Flugzeugteile-Fabrik im zweiten Weltkrieg und die Zuflucht suchende Ortsbevölkerung beherbergte, sondern heute einer große Zahl von Großen Hufeisennasen, Bartfledermäusen, Wasserfledermäusen und anderen Arten Schutz bieten.

Seltener wird im Zusammenhang mit Höhlen an den Grottenolm gedacht, der als 20 bis 30 Zentimeter langes, aalförmig, langgestrecktes Tier mit einem Ruderschwanz und der nackten, weißlichen Haut Zoologen lange Zeit Kopfzerbrechen bereitete. Dem nur in dinarischen Karsthöhlen des Balkans vorkommenden Olm bleiben die Kiemen zeitlebens erhalten, seine nächsten Verwandten scheinen Furchenmolche aus dem Osten der USA und Höhlensalamander in Nordamerika zu sein. Versuche mit den blinden und bleichen Grottenolmen haben gezeigt, dass die zunächst gebildeten Augenanlagen bei Aufzucht unter Licht zu einem leistungsfähigen Sinnesorgan mit großer Linse heranwachsen und nur im Dunkeln eine vollständige Rückbildung des Sehpigments einsetzt. Zahlreiche andere Arten bevölkern verborgene Höhlensysteme, wie der Höhlenlaufkäfer, Höhlenaaskäfer, die überwinternde Zackeneule und der Wegdornspanner.

GESICHTSFELD BEIDER AUGEN (HORIZONTAL, IN GRAD °)

| | |
|---------------------|-------------|
| Schleiereule | 160 |
| Primaten | () 180 |
| Hund | 250 |
| Eidechsen | () 280-300 |
| Turmfalke | 300 |
| Ringeltaube | 340 |
| Frösche | () 334-360 |
| Scholle | 360 |
| Waldschnepfe | 360 |

Tab. II.4.2f Vergleich der Gesichtsfelder im Tierreich.

[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

Dagegen gibt es nur wenige Vogelarten, die zumindest zeitweise in Höhlen leben beziehungsweise dort nisten. Oft sind es Greifvögel oder Eulen, die im Eingangsbereich von Kleinhöhlen oder Felsvertiefungen nisten. Bekannt sind daneben eine Schwalbe, die in Texas und Mexiko ihr Verbreitungsgebiet hat, und ein Eulen-Verwandter, der **Fettschwalm** (*Steatornis caripensis*), von den Einwohnern Guacharo genannt. Er lebt in Venezuela, Trinidad und Kolumbien. Wegen seines Vorkommens ist eine Höhle im Osten Venezuelas sogar nach ihm Cueva del Guacharo genannt worden. Beide Vogelarten dringen bis in die dunklen Teile der Höhlen vor. Außergewöhnlich ist ihre den Fledermäusen ähnliche Orien-

tierung mittels Echopeilung (Bauer (1971)). Die auf Borneo heimischen **Salangane** (*Collocalia francica*), Verwandte der **Mauersegler** (*Apus apus*), kleben ihre Speichelnester an Höhlenwände im Eingangsbereich. Von den Einwohnern Borneos werden diese Nester oft von den Wänden geschnitten und besonders nach China als Delikatesse geliefert. Dort werden sie, als Schwalbennestersuppe zubereitet, besonders geschätzt.

Auch wenn es mit diesen Vogelarten einige gibt, die regelmäßig Höhlen aufsuchen oder sogar in ihnen brüten, sind es dennoch keine echten Höhlentiere, da sie die Höhlen mehr zum Schutz aufsuchen und sie zur Nahrungssuche immer wieder verlassen müssen.

II.4.3 AKUSTISCHES SYSTEM UND GLEICHGEWICHTSSINN

Die bekannte Einteilung des Ohres in ein Außen-, Mittel- und Innenohr bei den Mammalia kann auch für die Vögel übernommen werden.

Außenohr

Das Außenohr (*Auris externa*) besteht aus einem Gang von der äußeren Ohröffnung, bis zum Trommelfell (*Membrana tympani*). Allen Vögeln fehlt eine Ohrmuschel. Einige Vogelarten, wie die Eulen, können jedoch eine Hautfalte (*Operculum*) muskulös aufrichten und so Geräusche besser lokalisieren.

Mittelohr

Die Paukenhöhle (*Cavum tympani*) ist der Ort des luftgefüllten Mittelohres (*Auris media*). Dieses reicht vom Trommelfell bis zum Innenohr. Mit dem Trommelfell verwachsen ist der knorpelige Teil des Gehörknöchelchens (*Columella*). Die beiden zusätzlichen bei den Mammalia vorhandenen Gehörknöchelchen (Hammer und Amboss) sind bei Vögeln noch ursprüngliche Knochen (*Quadratum*, *Articulare*). Der andere Gehörknöchelchen-Teil, die Fußplatte, wird durch einen Membranring (*Ligamentum annulare*) beweglich fixiert. Luftschwingungen, die das Trommelfell erreichen, werden mittels der Gehörknöchelchen-Konstruktion zu Schwingungen mit großer

Kraft und kleiner Amplitude übersetzt. Das Übersetzungsverhältnis liegt bei 20:1 bis 30:1 (Singvögel, *Passeriformes*) und bei zu 30:1 bis 40:1 (Eulen). Ein besonders hohes Verhältnis kann auch als Kennzeichen für die Bedeutung des Gehörs für die jeweilige Art gewertet werden. Ist dieser Wert bei einem jungen **Haushuhn** (Zuchtform vom **Bankiva-huhn** (*Gallus gallus*)) gerade 11:1, so beträgt er bei einer **Waldohreule** (*Asio flammeus*) 40:1.

Innenohr

Das Innenohr (*Auris interna*) ist an bindegewebigen Fasersträngen im knöchernen Labyrinth aufgehängt, das sich aus dem Vorhof (*Vestibulum*), den Bogengängen (*Canales semicirculares*) und der Schnecke (*Cochlea*) zusammensetzt. Das Innenohr selbst ist ein häutiges Labyrinth mit akustisch-sensorischer Funktion, das durch Nervenfasern des VII. Gehirnnervens (*Nervus statoacusticus*) innerviert ist. Dessen Hohlräume sind mit Endo- und Perilymphe gefüllt. Zugehörig sind der Bogengangsapparat aus *Utriculus*, *Sacculus* und den halbkreisförmigen Bogengangkanälen (*Ductus semicirculares*), die Organe des Gleichgewichtssinnes und der Drehbeschleunigung. Ebenfalls ein Bestandteil ist der

| HÖRSCHÄRFE (IN ° / 1°=10M ENTFERNUNG, SCHALLQUELLE 17,5 CM ENTFERNT) | |
|---|--------------|
| <i>Katze</i> | 1,5 |
| <i>Hund</i> | 2,5 |
| Huhn | 4 |
| <i>Mensch</i> | 8,4 |
| Dompfaff | 20-25 |

Tab. II.4.3a Vergleich der Hörschärfen im Tierreich. [zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

Schneckengang (Ductus cochlearis), der der Schallwahrnehmung dient. Die Schnecke ist nicht spiralig wie bei den Mammalia verlängert, sondern nur leicht gebogen, woraus eine wesentlich geringere Länge resultiert. Allerdings ist sie relativ breit.

Funktionsprinzip

Eine Schallwelle erreicht durch den äußeren Gehörgang das Trommelfell. Die Columella lässt die Lymphe im Innenohr schwingen. Die Druckwellen stimulieren frequenzabhängige Haarrezeptorzellen, die in lange, mittlere und kurze Rezeptortypen unterschieden werden können. Diese drei Rezeptortypen befinden sich zusammen mit Stützzellen auf der Basilarmembran. Eine gallertige Deckmembran (Membrana tectoria) verbindet deren Fortsätze miteinander. Vögel haben bis zu zehnmal mehr Haarsinneszellen als Mammalia. Wie auch beim Sehen, findet auch beim Hören bereits auf der Innenohr-Ebene eine nervöse Filterung und Modulation der eingehenden Informationen statt.

Hörfähigkeiten

Die absolute Hörempfindlichkeit ist geringer als bei den Mammalia, auch der Hörbereich ist enger als beim Menschen (Bezzel, Prinzinger (1990)). Das zeitliche Auflösungsvermö-

gen wie auch die Unterscheidung von Frequenzen ist dagegen bei Vögeln mit Ausnahme im tiefen Frequenzbereich deutlich besser. Durch das Vorhandensein von zwei Ohren ist prinzipiell ein Richtungshören möglich, da der Schall zu differierenden Zeiten das jeweilige Trommelfell erreicht.

Diese Fähigkeit ist besonders bei Eulen sehr gut entwickelt, können sie doch Schallquellen mit nur 1,6 Grad Unterschied voneinander trennen. Damit übertreffen sie sämtliche Landwirbeltiere. Nur Delphine zeigen bei der Echolotung höhere Auflösungen.

Gleichgewichtssinn

Die drei schon erwähnten halbkreisförmigen Bogengänge bilden das Gleichgewichtsorgan. Jeder Gang steht in einer der drei Hauptebenen des Raumes. Jeder dieser Kanäle ist in seinem Mündungsbereich zum Utriculus hin zu einer Ampulle erweitert. Oberer und unterer Labyrinthabschnitt sind durch den Sacculus, der als ovales Bläschen unter dem Utriculus liegt, miteinander verbunden. In den Ampullen, im Utriculus und im Sacculus sind die Sinneszellen des Gleichgewichtsorgans lokalisiert. Die Sinneshaarrezeptoren im Utriculus und im Sacculus ragen in eine Gallertmasse hinein, die Statolithen aus Kalzit (CaCO_3) enthält. Die übrigen Rezeptoren werden durch die Cupula, eine Membran ohne Statolithen, bedeckt. Bei Beschleunigungen und Bremsungen reagiert die Lymphe träger als die Wandung. Dies bewirkt eine Scherung der Neuroepithelzellen (Bezzel, Prinzinger (1990)). Aus der Stärke der Verformung wird die Richtung sowie Stärke des Reizes abgeleitet. Wahrgenommen werden können daher Drehbeschleunigungen und Lageänderungen, die Aufschluss über die Orientierung im Raum und den Muskulatur-Ruhetonus geben.

II.4.4 CHEMOPERZEPTION

Einführung

Geruchssinn (olfaktorische Perzeption) und Geschmackssinn (Kontaktchemoperzeption) sind die phylogenetisch ältesten Sinne über-

haupt. Beiden gemeinsam sind Kontaktrezeptoren für in der Luft schwebende beziehungsweise im Wasser gelöste Substanzen.

Daher werden sie als chemische Sinne (Chemoperzeption) zusammengefasst.

Schon Einzeller verfügen über solche Chemokontaktrezeptoren und kommunizieren über chemische Substanzen.

Olfaktorische Perzeption

Ziswiler vertrat noch 1976 die Ansicht, dass lediglich Kiwis über einen ausgeprägten Geruchssinn verfügen würden. Er übersah damit jedoch beispielsweise die unter Jägern bekannte Jagdtaktik, sich Gänsen stets gegen die Windrichtung zu nähern. Nähert sich der Jäger dagegen selbst lautlos mit der Windrichtung, so nehmen sie ihn schon wahr, wenn sie den Jäger noch nicht sehen können. Sie müssen ihn demnach „gewittert“ haben. Gänse verschmähen auch mit Beifuß- oder Wermut-Duft versehene Poa-Rispengräser, die sie sonst sehr gerne verspeisen.

Physiologie des Geruchssinnes

Das Geruchsorgan liegt in der paarigen Nasenhöhle, die durch das Nasenseptum in zwei Hälften getrennt ist. Das Geruchsorgan hat durch die Nasenöffnung Verbindung nach außen. Borsten übernehmen hierbei die Filtrierung der Luft. Bei einigen Arten wird die Öffnung durch eine Schuppe verdeckt, bei **Fischadlern** (*Pandion haliaetus*), Reihern und Möwen ist sie sogar verschließbar, beim **Baßtölpel** (*Sula bassana* oder *Morus bassanus*) gar völlig zugewachsen, so dass er durch den Schnabel atmen muss.

Durch zwei Choanen mündet die Nasenhöhle in den Rachen. Diese Choanen sind in drei Nasenmuscheln gegliedert, wobei zwei Abschnitte, die rostrale und mittlere Muschel, vor allem der Luftfiltrierung und -befeuchtung der Atemluft dienen und den Wärmeaustausch des Körpers regulieren. Der dritte Abschnitt, die sogenannte kaudale Nasenmuschel, liegt sackartig an die zweite Muschel an und ist der Ort des Geruchsorgans mit dem rezeptorischen Riechepithel aus primären Riech-, Stütz-, Basal- und Drüsenzellen. Das eigentliche Riechepithel ist auf einer Vorwölbung lokalisiert und zeigt eine artspezifische Größe (Bergmann (1987)).

Der Nervus olfactorius (I. Hirnnerv) leitet die affektorischen Reize zum Riechhirn (Bulbus olfactorius) weiter, das bei Vögeln meist klein ist, mit Ausnahme einiger Arten wie beispielsweise **Truthahngeiern** (*Cathartes aura*), Tauben, Enten, Greifvögel und Kiwis, die den größten Riechkolben unter den Vögeln besitzen.

Geruchsvermögen

Das Riechvermögen scheint bei Vögeln generell weit verbreitet zu sein, wie Untersuchungen über die Veränderung der Herzschlagrate bei Geruchswahrnehmungen und geruchabhängige Orientierungsleistungen nachweisen konnten (Papi (1976)).

Zumindest für **Straßentauben** (*Columba livia f. domestica*) scheint es sogar eine Orientierung in der Landschaft anhand von landschaftstypischen Duftfeldern zu geben (Berthold (1992)).

Vögel besitzen keine Hautdrüsen. Daher besitzen sie nahezu keinen Eigengeruch. Ausnahmen stellen hier beispielsweise Lappentaucher (Podicipediformes) und Röhrennasen (Procellariiformes), zu denen unter anderem Albatrosse, Sturmvogel und Sturmschwalben gehören, dar.

Wellenläufer (*Oceanodroma leucorhoa* oder *leucorrhoea*) finden anhand ihres Eigengeruchs auch im Dunkeln die nach ihnen riechende Bruthöhle wieder. Grubb konnte dies in Experimenten an Wellenläufern, einer Röhrennase, mit durchtrenntem Nervus olfactorius oder verstopften Nasenlöchern 1974 nachweisen (Grubb (1974)).

Erpel und Ente der **Stockenten** (*Anas platyrhynchos*) weisen zur Balz- und Brutzeit völlig unterschiedliche Eigengerüche auf, die durch ein Sekret der Bürzeldrüse entstehen. Ein im Jungstadium der Erpel durchtrennter Nervus olfactorius führte zum nahezu völligen Ausbleiben des Balzverhalten und zur Unterlassung der Kopulation (Balthazart, Schoffeniels (1979)). Dagegen ließen sich Jungerpel sogar auf künstliche Gerüche prägen. Eine später künstlich mit diesem Duft versehene Ente wurde daraufhin von diesen Erpeln bevorzugt umworben.

Kontaktchemoperzeption

In den Gaumen-Schleimhäuten (Pharynxanfang), auf dem Hinterteil der Zunge und vereinzelt im Mundraum liegen die Geschmacksknospen, die spindel- bis birnenförmig aus mehreren langgestreckten Sinneszellen bestehen, die mit kleinen Stiften in einer Mundschleimhautgrube münden (Bezzel, Prinzinger (1990)). Die Geschmackszellen sind im Gegensatz zu den primären Geruchssinneszellen sekundäre Rezeptorzellen, die mit zuerst mit Stützzellen und dann mit Hüll- und Follikeln umringt sind. Die geringe Bedeutung des Geschmackssinns bei Vögeln spiegelt sich in der Anzahl der Geschmacksknospen wieder. Haben Ratten beispielsweise bis zu 17000 Geschmacksknospen, besitzen Vögel nur sehr wenige. Sittiche haben 300 bis 400, **Gimpel** (=Dompfaff, *Pyrrhula pyrrhula*) 46 und **Blaumeisen** (*Parus caeruleus*) sogar nur 24 Geschmacksknospen (Zum Vergleich mit anderen Tierarten siehe Tabelle II.4.4.2a). Die nervöse Reizweiterleitung erfolgt hauptsächlich durch den Nervus glossopharyngeus (IX. Hirnnerv). In geringerem Umfang scheint jedoch auch der Nervus facialis (VII. Hirnnerv) Eingänge von den Geschmacksknospen zu erhalten.

| ANZAHL DER GESCHMACKSKNOSPEN | |
|------------------------------|------------|
| <i>Schlangen</i> | 0 |
| Blaumeise | 24 |
| Huhn | 24 |
| Taube | 37 |
| Dompfaff | 46 |
| Ente | 200 |
| Star | 200 |
| Papagei | 350 |
| <i>Katze</i> | 473 |
| <i>Fledermaus</i> | 800 |
| <i>Mensch</i> | 9.000 |
| <i>Schwein</i> | 15.000 |
| <i>Ratten</i> | 17.000 |
| <i>Rind</i> | 25.000 |
| <i>Katzenhai</i> | 100.000 |

Tab. II.4.4.2a Vergleich der Anzahl der Geschmacksknospen im Tierreich.
[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

Wichtiger als der Geschmack der aufgenommenen Nahrung ist die Härte, Oberflächenbeschaffenheit und Form der Nahrung, die Tastkörperchen an den Schnabelrändern bestimmen.

II.4.5 MAGNETSINN

Einführung

In einigen Tiergruppen wird das Magnetfeld der Erde aktiv als Referenzsystem zur Ermittlung der Himmelsrichtungen genutzt oder zumindest zur passiven Ausrichtung des Körpers genutzt. Die Orientierung von Bakterien, Pantoffeltierchen, Termiten, Käfern, Fliegen, Heuschrecken, Grillen, Schaben sowie Wespen im Raum ist deutlich auf den Einfluss magnetischer Felder zurückzuführen. Volvox-Kolonien, Dugesia-Planarien, die Gezeitenschnecke *Nassarius* sowie *Drosophila*-Mücken zeigen eine Beeinflussung ihrer Fortbewegung durch das Erdmagnetfeld.

Am auffälligsten zeigt sich jedoch der magnetotaktische Orientierungsmechanismus bei

Zugvögeln, der sie in die Lage versetzt, selbst viele tausend Kilometer entfernte Destinationen ziel- und zeitgenau aufzusuchen. Ihr Magnetsinn ist so feinfühlig, dass sie die Wahrnehmung des Erdmagnetfeldes einem Kompass gleich in eine gradgenaue Flugrichtung umsetzen können.

Allen angeführten Zweifeln zum Trotz, ob die irdischen natürlichen Feldstärken für eine Reizung eines Sinnessystems genügen würden, ließen Beobachtungen und Versuchsergebnisse schon sehr früh auf eine Magnetfeldorientierung auch bei vielen Vogelarten schließen. So desorientiert einen Vogel beispielsweise ein am Kopf befestigter Magnet (siehe Abbildung II.4.6a).



Abb. II.4.6a Mit einem Dauermagneten versehenes Versuchstier.

[Foto von Rüppell, Lagesbüttel]

Magnetkompass

Erstmals konnte der Magnetkompass in Versuchen am **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*) nachgewiesen werden, indem gezeigt wurde, dass eine künstliche Änderung der Magnetfeldrichtung eine voraussagbare Änderung der bevorzugten Richtungswahl bewirkt.

Zur Heimzugzeit ziehen Rotkehlchen bevorzugt in eine Nord-Nordost-Sollflugrichtung. Bei einem unveränderten, natürlichen lokalen Erdmagnetfeld fliegen sie auch in diese Richtung. Wird nun das Magnetfeld durch eine technische Apparatur im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn gedreht, so verändert sich auch die (mittlere) Vorzugsrichtung voraussagbar.

Die Magnetrezeptionsmechanismus scheint angeboren zu sein, ist demnach genetisch determiniert. Junge **Gartengrasmücken** (*Sylvia borin*), die ohne Himmelslicht aufgezogen worden waren, bevorzugten während der Zugruhe im Herbst dennoch Abflugversuche in die artspezifische Richtung.

Zwischen einem technischen Kompass und dem der Vögel besteht trotz der scheinbaren Ähnlichkeiten ein grundsätzlicher Unterschied. So weist ein technischer Kompass immer auf den (magnetischen) Nordpol der Erde, unabhängig vom Aufenthaltsort auf der Süd- oder Nordhalbkugel. Die Magnetfeldrezeption des Vogels nutzt diese Polarität des Erdmagnetfeldes jedoch nicht. So zeigten Versuche, dass Vögel lediglich zwischen pol- und äquatorwärts unterscheiden können. Ein

Zugvogel Mitteleuropas, der sich auf dem Wegzug ins südlichere Afrika befindet, wird nach einer Versetzung auf die Südhalbkugel nicht nach Süden weiterziehen, sondern in Richtung Norden. Vögel orientieren sich an der Neigung der Feldlinien im Raum zur Erdoberfläche, der sogenannten Inklinatation. Die Inklinatation ist am Äquator gleich Null, da die Feldlinien waagrecht verlaufen, und an den Polen 90 Grad, da die Feldlinien dort senkrecht zur Erdoberfläche stehen.

Kompassorientierung in Äquatorregionen

Die angesprochene Wirkungsweise des Magnetkompasses bedingt in äquatorialen Gebieten verbunden mit nahezu oder völlig horizontal liegenden Feldlinien, dass eine eindeutige Richtungsinformation nicht mehr gegeben sein kann. Besonders Transäquatorialzieher müssen beim Überfliegen des Äquators unter Beibehaltung ihrer vorgegebenen Zugrichtung sogar einen Wechsel von „äquatorwärts“ nach „polwärts“ vollziehen. Versuche an Gartengrasmücken, einem solchen Fernzieher, zeigten tatsächlich eine solche Umkehrung.

Eine sichere Orientierung am magnetischen Äquator bedarf weiterer Orientierungshilfen, wie beispielsweise Himmelsmarken, wie dem Sonnenuntergangspunkt oder den Sternen.

Physiologische Aspekte der Magnetfeldrezeption

Elektrophysiologische Messungen zeigen eindeutig, dass bestimmte Zellen (Neurone) auf magnetische Reizung voraussagbar reagieren. So können durch Magnetreizung Aktivitätsänderungen der Pinealzellen bei Nagern und Tauben induziert werden. Diese Zellen sind im Pinealorgan (Epiphysis cerebri) lokalisiert, das als neuroendokrine Drüse photoperiodische Informationen mit Hilfe des Hormons Melatonin überträgt.

Da die Physiologie des Rezeptionsmechanismus des Erdmagnetfeldes derzeit jedoch noch nicht endgültig geklärt ist, werden mehrere hypothetische Mechanismen diskutiert. Für jede dieser Hypothesen sind Belege gefunden worden. Möglicherweise muss daher davon ausgegangen werden, dass mehrere Mechanismen parallel existieren, teilweise, wie bei Tauben vermutet, sogar gleichzeitig in einem Organismus.

Magnetit-Hypothese

Die Hypothese von Kirschvink, Jones und MacFadden (1985) beruht auf den magnetischen Eigenschaften des Magnetits, eine schon in magnetotaktischen Bakterien gefundene Substanz. Solche eisenhaltige Einlagerungen konnten bislang nicht nur aus Bakterien, sondern auch aus Algen isoliert werden. Ebenso haben zahlreiche Wirbellose und Wirbeltiere Magnetit-haltige Zellen, wobei sie bei Fischen und Vögeln vorwiegend im Ethmoidbereich lokalisiert sind. Die Reiztransduktion vom Magnetit auf freie Nervenendigungen ansitzender Neurone könnte, so die Theorie von Kirschvink und Gould (1981), über eine An- oder Einlagerung in Membranen geschehen. Die Möglichkeit, dass frei bewegliche Magnetitpartikel eine richtungsabhängige Reizung von Mikrovilli an Haarzellen auslösen könnten, wird aber ebenso diskutiert. Wesentlich und beiden Ansätzen gemein ist, dass die Raumlage des Magnetits zum Erdmagnetfeld wahrscheinlich zu biochemischen Interaktionen über Ionenkanäle führt. Im Schnabelbereich unterhalb der Augen und um die Nasenlöcher von Vögeln, bei Brieftauben aber auch in der Hirnschale und in den Nackenmuskeln, konnten solche Magnetit-Partikel nachgewiesen werden. Elektrophysiologische Ableitungen der in diesem Kopfbereich beteiligten Neurone, Stränge des Ramus ophthalmicus des Nervus trigeminus, zeigten eine deutliche Abhängigkeit auf magnetische Reizung. Bei Tauben steigern oder hemmen zwischen 15 und 20 Prozent der Neuronenfaser ihre Spontanaktivität bei einer Änderung der Totalintensität bei konstanter Feldrichtung.

Lichtabhängige Reaktionshypothese

Makromoleküle werden, so die Hypothese von Leask (1977), durch Lichtabsorption in einen angeregten Zustand mit ungepaarten Elektronen versetzt. Diese Moleküle bilden unter besonderen Bedingungen Biradikale, die nicht in den Grundzustand zurückfallen, sondern stattdessen in einen sogenannten Triplet-Zustand übergehen. Dieser Zustand soll nun bei einer bestimmten Molekülausrichtung zum Erdmagnetfeld begünstigt auftreten. Die im Triplet-Zustand veränderten Moleküleigen-

schaften könnten die Membranen von Rezeptorzellen beeinflussen.

Der Rezeptionsort sind der Theorie zufolge die Sehzellen des Auges. Durch Licht angeregte Rhodopsinmoleküle gehen bei passender Lage zum Erdmagnetfeld in einen Resonanzzustand über. Untermauert wird die Leask'sche Theorie durch Untersuchungen an jungen Brieftauben, die bei einem Transport in völliger Dunkelheit ebenso desorientiert waren wie in einem gestörten Magnetfeld. Beason und Semm (1991) zeigten in ihren Experimenten, dass bei Durchtrennung des Sehnervs die magnetische Reizungsfähigkeit ebenfalls zum Erliegen kommt.

In einem weiterführenden Experiment ließ sich durch Bestrahlung von Zugvögeln mit monochromatischem Licht eine Korrelation zur Orientierungsfähigkeit nachweisen. Konnten sich Zugvögel in blauem (Wellenlänge 443 nm) und grünem (Wellenlänge 571 nm) Licht normal orientieren, so waren sie im roten Licht (Wellenlänge 633 nm) völlig desorientiert. Nicht nur bei Vögeln, auch beim Molch *Notophthalmus* konnte eine Abhängigkeit des Orientierungsvermögens von einer Lichtbestrahlung mit bestimmten Wellenlängen nachgewiesen werden. Meeresschildkröten und Mehlkäfer sind jedoch selbst bei völliger Dunkelheit nicht in ihrer Orientierungsfähigkeit mit dem Magnetkompass beeinträchtigt. Auf Grund der Heterogenität aller bisherigen Versuchsergebnisse zur Magnetfeldrezeption ist es heute daher fast gesichert, dass unterschiedliche Grundtypen von Magnetrezeptoren existieren, die sich parallel entwickelt haben und wahrscheinlich auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien beruhen.

Neurone der Gehirnkerngebiete nBOR und Tectum opticum reagieren auf intensitätskonstante magnetische Richtungsänderungen mit Aktivitätsänderungen. Dass diese Kerngebiete ursprünglich als rein optisch-sensitive Kerngebiete betrachtet wurden, wird als weiteres Indiz für eine Interaktion des Magnetsinnes mit dem visuellen System gesehen. Bei Tages- oder Dämmerlicht lassen sich diese Neurone durch Magnetfelder reizen, bei völliger Dunkelheit dagegen nicht. Eine Reaktion ist erst bei erneuter Belichtung zu beobachten.

II.5 FORTBEWEGUNG

II.5.1 KOMPAKT- UND LEICHTBAUWEISE DES STÜTZSYSTEMS, GEWICHTSREDUKTION

Skelett

Die Knochen der Vögel sind in der Regel hohle, flache Platten, die an den Gelenken miteinander verwachsen sind. So bilden beispielsweise Becken und Teile des Rückgrats eine miteinander verwachsene starre Struktur, was die Stabilität des Skeletts deutlich erhöht. Im Folgenden sind einzelne Skelett-Partien beschrieben. Den besonderen Merkmalen des Armskeletts ist jedoch im nächsten Kapitel ein gesonderter Abschnitt gewidmet. Abbildung II.5.1a zeigt exemplarisch das Skelett eines **Schmutzgeiers** (*Neophron percnopterus*).

Schädel

Typisch für den Vogelschädel sind die größtenteils miteinander verschmolzenen Schädelknochenplatten. Einige Merkmale des Schädels entsprechen denen bei Reptilien, wie beispielsweise der unpaare Hinterhauptshöcker (Ansatz des ersten Wirbels, Condylus occipitalis), bewegliche Quadrat- und Flügelbeine (Pterygoid), eine gelenkige Verbindung des Quadratbeines (Quadratum) mit dem Os articulare des Unterkiefers und ein in der Regel aus fünf kleinen Knochen zusammengesetzter Unterkiefer (Bezzel, Prinzinger (1990)). Sind die Augenhöhlen und die Gehirnschädel (Neurocranium) bei Reptilien eher klein, sind sie bei Vögeln dagegen charakteristisch groß.

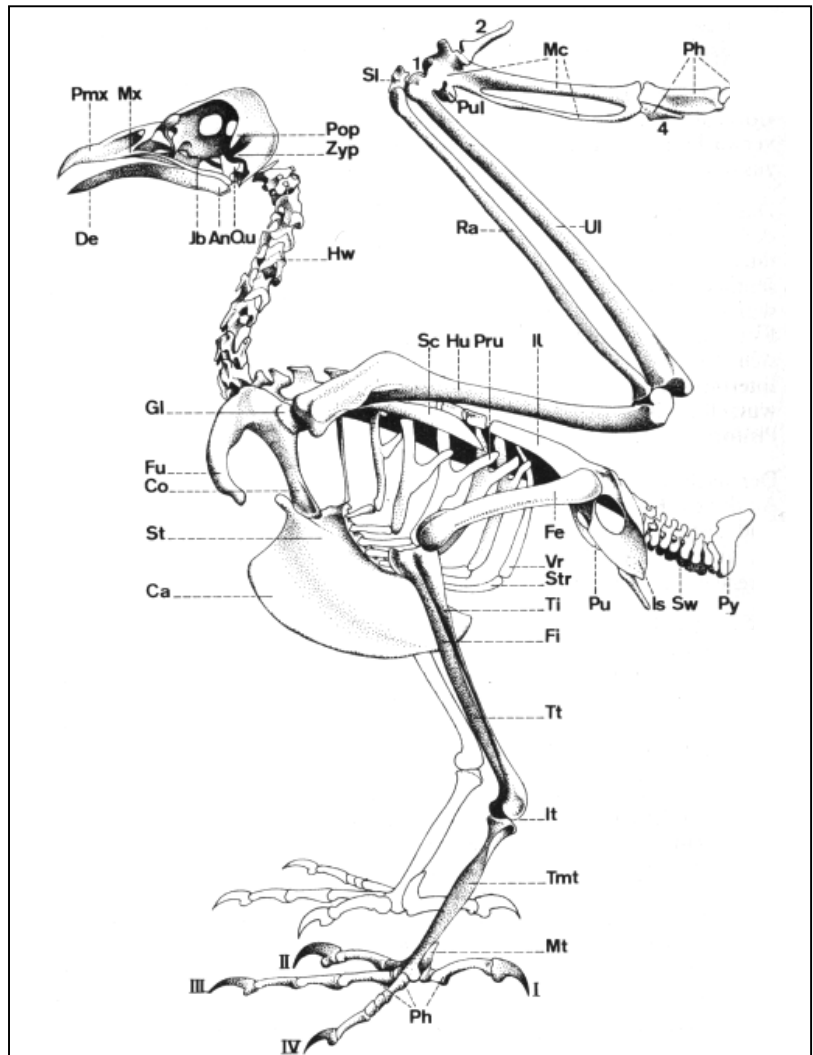


Abb. II.5.1a Skelett eines Schmutzgeiers (*Neophron percnopterus*). AN Angulare, Ca Carina sterni, Co Coracoid, De Dentale, Fe Femur, Fi Fibula, Fu Furcula, Gl Fossa glenoidalis, Hu Humerus, Hw Halswirbel, Il Ilium, Is Ischium, It Intertarsalgelenk, Jb Jugale, Mc Metacarpale, Mt Metatarsale, Mx Maxillare, Ph Phalangen, Pmx Praemaxillare, Pop Postorbitalfortsatz, Pru Processus uncinatus, Pu Pubis, Pul Pisoulnare, Py Pygostyl, Qu Quadratum, Ra Radius, Sc Scapula, Sl Scapholunare, St Sternum, Str Sternalrippe, Sw Schwanzwirbel, Ti Tibia, Tmt Tarsometatarsus, Tt Tibiotarsus, Ul Ulna, Vr Vertebralrippe, Zyp zygomatischer Fortsatz, 1-4 Fingerphalangen, I-IV Zehenphalangen. [aus Ziswiler (1976)]

Schultergürtel

Drei Knochenpaare, die am Schultergelenk aneinanderstoßen, bilden den Schultergürtel. Diese sind die massiven Rabenbeine (Os coracoides), die schmalen Schulterblätter (Scapula) und die zum Gabelbein (Furcula) verwachsenen Schlüsselbeine (Clavicula).

Das Gabelbein kann mit dem Brustbein (Sternum) verwachsen sein. Das Rabenbein stellt eine Strebe dar, das die Flügel beim Fliegen auf Abstand vom Brustbein hält und so verhindert, dass die Brusthöhle durch das Kontrahieren der Flugmuskeln beim Abschlag zusammengedrückt werden.

Wirbel, Rippen und Becken

Das Stammskelett gliedert sich in einen beweglichen Halsabschnitt und einen steifen Rumpfabschnitt. Die Versteifung des Rumpfabschnitts ist als festes Widerlager gegenüber den schlagenden Flügeln wichtig. Bei einigen Vogelarten sind die Brustwirbel (Rumpfabschnitt) sogar zu einem einzigen Knochen (Os dorsale) verwachsen. Die Wirbel sind bei modernen Vögeln ansonsten normalerweise über Sattelgelenke miteinander verbunden. Meist haben Vögel etwa 14 bis 15 Halswirbel, wobei 10 als Ausnahme bei der **Rabenkrähe** (*Corvus corone*) und 26 beim **Höckerschwan** (*Cygnus olor*) als extreme Grenzen gelten. Die teilweise voll ausgebildeten, drei bis neun Rippenpaare sitzen an den drei bis zehn Brustwirbeln und sind mit dem Brustbein verbunden. Sie können aber auch schon im untersten Abschnitt der Halswirbel ansitzen. Die Rippen tragen typischerweise nach hinten abstehende Hakenfortsätze (Processus uncinati), die als Ansatzstelle der Zwischenrippenmuskeln oft sogar über die nachfolgende Rippe ragen. Die über die Hakenfortsätze miteinander verbundenen platten Rippen sind so zusätzlich stabilisiert. Die hintersten Brustwirbel, die sogenannten Lumbal- und Sacralwirbel, und die vordersten Schwanzwirbel sind zu einem festen Knochen, dem Synsacrum, verschmolzen. Dies ist mit dem Becken zu der schon erwähnten festen Struktur verwachsen. Das Becken hat eine ausgesprochene Schalenstruktur und stellt somit gute Ansatzstellen für die Beinmuskeln

zur Verfügung. Das Becken hat eine tiefe Gelenkpfanne (Acetabulum) für den Oberschenkel. Dieser wird durch ein nur bei Vögeln bekanntes zweites Gelenk (Antitrochanter) zusätzlich gehalten, das ein seitliches oder ein Abrutschen des Oberschenkels nach oben verhindert.

Dem Synsacrum schließen sich die fünf bis acht beweglichen Schwanzwirbel an, gefolgt vom Pygostyl, das eine Rückbildung aus den hintersten Schwanzwirbeln zu einem kurzen Schwanz darstellt. Der Archaeopteryx hatte diese Rückbildung noch nicht und statt dessen einen langen Balancierstab-Schwanz.

Gewichtsreduktion

Das Fliegen ist die wohl energieaufwändigste Bewegungsform, die es gibt. Das zu befördernde Gewicht muss daher so gering wie möglich gehalten werden. Jedes zusätzlich zu tragende Gramm bedeutet auch zusätzlich benötigte Energie.

Durch Anpassungen auf vielen Ebenen wird eine deutliche Gewichtsreduktion erreicht.

Es besteht und bestand daher schon beim Archaeopteryx ein starker evolutiver Selektionsdruck hin zu einer Leichtbauweise sämtlicher Organe, besonders der Knochen. Tabelle II.5.1b vergleicht die Skelettgewichte verschiedener Organismen miteinander.

| SKELETTGEWICHT (in % des Gesamtgewichts) | |
|---|-------------|
| Zaunkönig | 7,1 |
| <i>Spitzmaus</i> | 7,9 |
| Sperling | 8,4 |
| <i>Hausmaus</i> | 8,4 |
| <i>Katze</i> | 11,5 |
| Huhn | 11,7 |
| Gans | 13,3 |
| <i>Mensch</i> | 17,5 |
| <i>Rind</i> | 20,0 |
| <i>Flußpferd</i> | 20,0 |
| <i>Elefant</i> | 25,0 |

Tab. II.5.1b Skelettgewichte verschiedener Organismen im Vergleich.
[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

Knochen

Ein Vergleich der Skelette von *Archaeopteryx* und heutigen Vögeln zeigt die deutliche Gewichtsreduktion über die Zeit.

Der **Fregattvogel** (*Fregata aquila*) ist das Paradebeispiel der erreichten Gewichtsreduktion. Bei einer Flügelspannweite von etwa 2,30 m und 1,5 kg Körpergewicht entfallen nur 0,1 kg auf das körpertragende und -stabilisierende Skelett (Burton (1991)).

Die Leichtigkeit der Knochen wird im Wesentlichen durch die Pneumatizität, die Reduktion entbehrlicher Elemente, wie beispielsweise der Schwanzwirbelsäule, und die morphologische Umgestaltung schwerer Säulenknochen in dünne, schwer deformierbare Schalenknochen, wie beispielsweise das Becken, erreicht (Ziswiler (1976)).

Die Pneumatizität zeigt sich darin, die Knochen in der Regel hohl sind und eine schwammähnliche Struktur aufweisen (siehe Abbildung II.5.1c), anstelle mit Mark gefüllt zu sein, wie bei den Mammalia. Eine Ausnahme stellen hierbei einige Laufvögel und tauchende Vogelarten dar.

Nahrung

Als Nahrung bevorzugen Vögel meist energiereiche, aber gewichtsreduzierte Kost, wie Fleisch, Insekten, Samen und Früchte. Gras- und Blätterfresser unter den Vögeln sind selten, so Gänse, die tagsüber viele kleinere Mahlzeiten einnehmen und so ihr Körpergewicht konstant halten können.

Eine Besonderheit stellt das **Schopfhuhn** oder **Hoatzin** (*Opisthocomus hoazin*) dar. Es ernährt sich von Blättern, die es in seinem großen Kropf speichert. Dies führt jedoch nach einer Mahlzeit zu einer eingeschränkten Flugfähigkeit.

Andere Vögel, die sich vorwiegend pflanzlich ernähren, wie Trappen, Wachteln und Fasane, fliegen nur wenig (Burton (1991)).

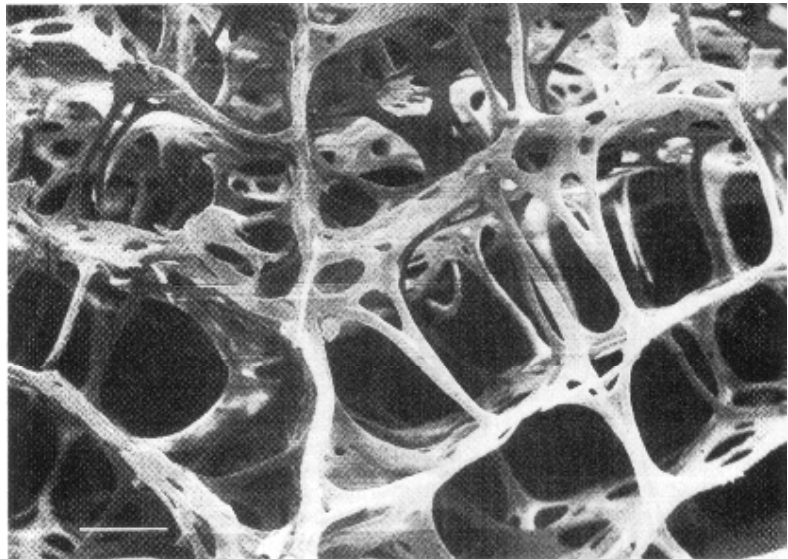


Abb. II.5.1c Der Ausschnitt aus der pneumatisierten Gehirnkapselwand des Waldkauzes (*Strix aluco*) zeigt das dreidimensionale Knochenbalkenfachwerk. Maßstabmarke: 1 mm. [REM-Aufnahme: Bühler, aus Wehner, Gehring (1995)]

Die schweren Kiefer, Kaumuskulatur und Zähne, die *Archaeopteryx* noch hatte, sind bei heutigen Vögeln nicht zu finden. Stattdessen verfügen sie über einen leichten Kiefer, der von einem Hornschnabel verdeckt wird. Die Zerkleinerung der Nahrung findet daher bei vielen Vögeln in einem schweren Kaumagen statt, der zwar ein hohes Gewicht aufweist, durch seine Lage in der Nähe des Körperschwerpunkts den Vogel jedoch lagenstabil hält.

Ausscheidungen

Der Selektionsdruck hin zum Leichtgewicht führte dazu, dass Vögel Ausscheidungen nicht als schwergewichtiges Urin in der Blase sammeln, sondern als Harnsäure hochkonzentriert abgeben.

Geschlechtsorgane

Außerhalb der Brutsaison sind die Geschlechtsorgane von Männchen wie auch Weibchen stark rückgebildet. Zur Brutsaison wächst der Eierstock des Weibchens um das 1500fache an, so dass das Gewicht deutlich zunimmt, und die Flugfähigkeit bis zur Eiablage immer mehr beeinträchtigt wird.

II.5.2 MORPHOLOGIE DES VOGELFLÜGELS

Armskelett des Flügels

Der Vogelflügel ist unter evolutiven Gesichtspunkten eine Modifizierung der Vorderextremität. Die Tragflächen eines Flugzeugs und die Flügel eines Vogels sind auf zunächst identische physikalischen Grundprinzipien des Flugs hin ausgerichtet. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch darin, dass beim Vogel Antrieb wie auch Auftrieb durch das gleiche morphologische Bauteil „Flügel“ erzeugt werden. Dies spiegelt sich auch in dem zur Flugzeugtragfläche wesentlich komplexeren Aufbau wider.

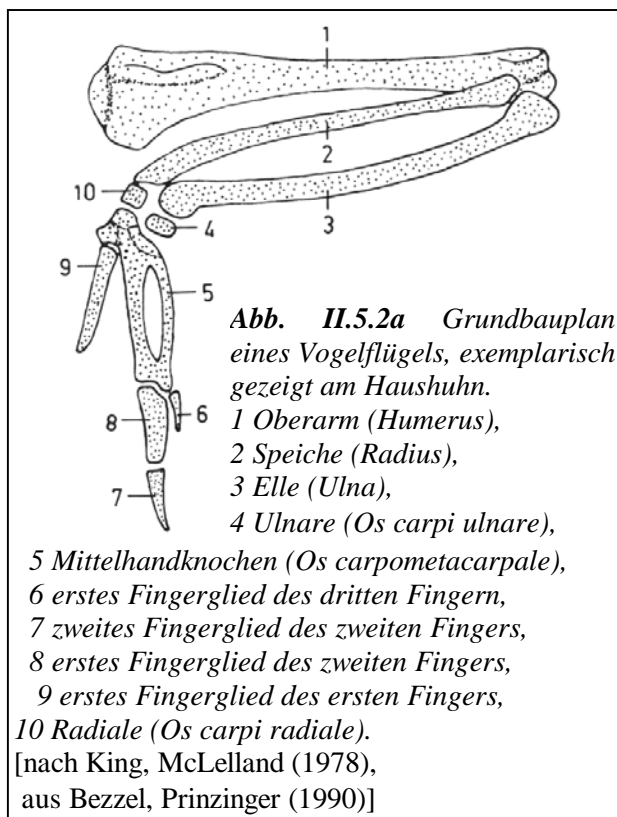
Die Schultern sind so hoch angeordnet, dass der Schwerpunkt zum Gleichgewichtsausgleich zwischen den Flügeln liegt. Da die Bewegung des Flügels beim Schlagflug komplex ist, ist das Schultergelenk universell ausgelegt.

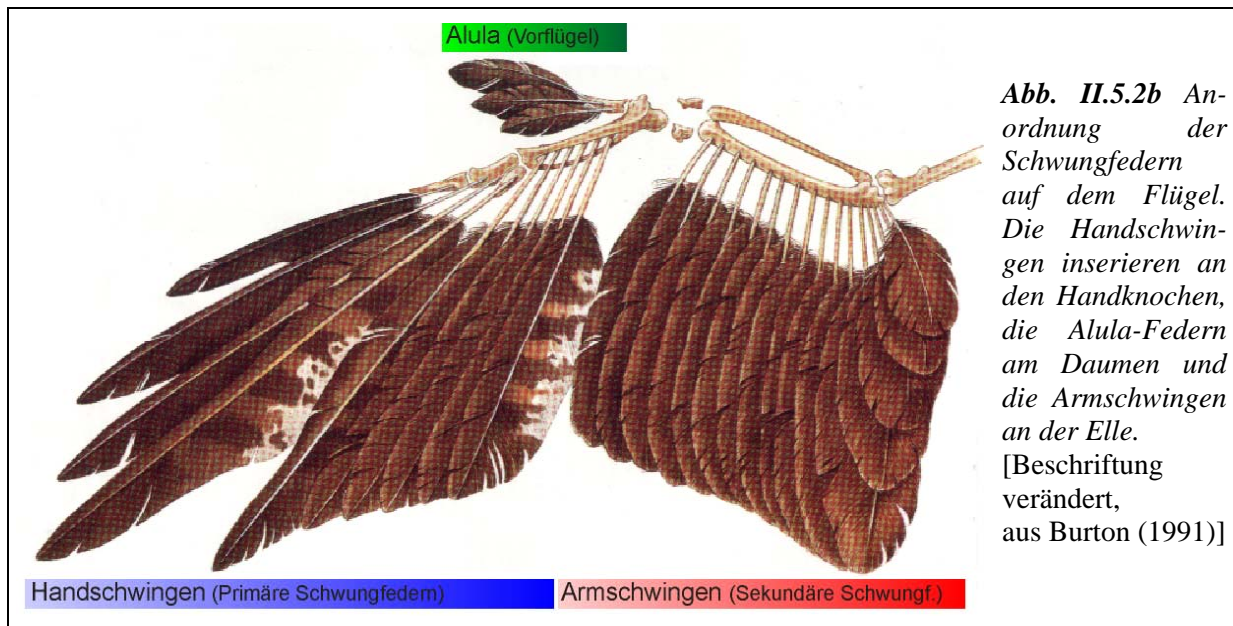
Der Oberarmknochen (Humerus) ist relativ kurz. Ihm schließen sich die beiden Unterarmknochen Elle (Ulna) und Speiche (Radius) an. Dieser proximale Abschnitt ist gegenüber Reptilien nur wenig verändert. Dagegen sind im Handgelenk und in der Hand die meisten Knochen miteinander verwachsen oder rückgebildet. So sind von den fünf Fingern nur noch der Daumen (Alula), zweiter und dritter Finger erhalten geblieben. Auch an diesen sind die meisten Knochen nicht mehr vorhanden. Deutlich zu erkennen sind daneben lediglich noch der Handwurzelknochen (Radiale) und der Mittelhandknochen (Carpometacarpus) (siehe Abbildung II.5.2a).

Federn

Die Schwungfedern (Flugfedern) sind an Arm und Hand befestigt (siehe Abbildung II.5.2b). Am Mittelhandknochen, zweiten und dritten Finger inserieren die meist elf primären Schwungfedern (Handschwinger), an der Elle die sekundären Schwungfedern (Armschwinger). Die Anzahl der Armschwinger hängt von der Flügelform ab und liegt zwischen 6 bei Kolibris und 40 bei Albatrossen. Am Oberarmknochen liegen die tertiären Schwungfedern. Der Vorflügel, der sogenannte Daumenfittich, wird durch drei oder vier Federn am Daumen gebildet (siehe Kapitel II.6.3.5 Vorflügel).

Die im Kapitel II.6.3.2 (Flugprinzipien) beschriebene, den Flugzeugtragflächen vergleichbare äußere Form wird erst durch eine Vielzahl von dachziegelartig übereinander liegenden Federn gebildet.





II.5.3 HINTEREXTREMITÄTEN

Morphologie

Der Zoohändler empfiehlt einem Kunden, der einen Papageien kaufen möchte, einen ganz besonderen: „Wenn sie ihn am linken Bein ziehen, sagt er „Guten Morgen“ und wenn sie ihn am rechten Bein ziehen, sagt er „Gute Nacht“ Sagt der Kunde: „Klasse, aber was passiert, wenn ich ihn an beiden Beinen ziehe?“ Antwortet der Papagei sauer: „Dann falle ich auf den Schnabel, Du Trottel!“

Die Vorderextremitäten stehen bei den meisten Vogelarten ganz im Zeichen des Flugs. Die Hinterextremitäten dagegen dienen dem Festhalten am Boden oder auf Ästen und natürlich der Fortbewegung am Boden oder im Wasser.

Wie Abbildung II.5.1a bereits zeigte, lassen sich die Hinterextremitäten in vier Abschnitte, den Oberschenkel, Unterschenkel, Laufknochen und die meist vier Zehengliedern.

Der oft kurze, aber kräftige Oberschenkel (Femur) ist über das Kniegelenk mit dem Unterschenkel (Tibiotarsus) verbunden, der aus der Verschmelzung des Schienbeins (Tibia) und der zwei Hinterfußwurzelknochen (Ossa tarsi) gebildet wird. Im Intertarsalgelenk, das

unter den rezenten Wirbeltieren allein bei Vögeln vorkommt, schließt sich an den Unterschenkel der Laufknochen (Tarsometatarsus) an. Dieser röhrenförmige Knochen ist eine ontogenetische Verschmelzung der distalen Tarsalia mit dem zweiten, dritten und vierten Mittelfußknochen (Metatarsalia). Als Rudiment ist der erste Mittelfußknochen erhalten geblieben. Die erste Zehe sitzt am ersten Mittelfußknochen an, während die übrigen drei Zehen am Laufknochen artikulieren. Nur bei Laufvögeln ist die Zahl der Zehen von vier auf drei bzw. zwei reduziert (siehe Kapitel VI.3.2.3 Flugunfähigkeit als energie-sparende Alternative).

Die erste Zehe steht meist nach hinten und besteht aus zwei Gliedern, sogenannten Phalangen. Die übrigen Zehen stehen in der Regel nach vorne. Bei Papageien, aber auch bei Kuckucksvögeln und Spechten zeigt hingegen die vierte Zehe ebenfalls nach hinten (siehe Abbildung II.6.2.5a, die ein **Schönlori**-Pärchen (*Charmosyna placentis*) in typischer Sitzhaltung zeigt). Dabei setzen sich die zweite Zehe aus drei, die dritte aus vier und die vierte aus fünf Gliedern zusammen. Das letzte Glied ist immer ein Krallenglied.

Anpassungen

Die Lebensweise jeder Art hat eine Formenvielfalt von artspezifischen Anpassungen der Hinterextremitäten hervorgebracht. Diese Mannigfaltigkeit für das Landen, Sitzen, Laufen, Waten, Rennen, Klettern, Schwimmen oder auch Festhalten von Gegenständen ist nur schwer zu kategorisieren und soll daher nur anhand einiger weniger prägnanter Beispiele dargestellt werden.

So verfügen Schwimmvögel über Schwimmhäute zwischen drei oder vier Zehen, wie **Prachtaucher** (*Gavia arctica*), **Stockenten** (*Anas platyrhynchos*) oder Pinguine. Diese Schwimmhäute erhöhen den Rückstoß im Wasser und erleichtern damit das Schwimmen wesentlich. So können **Eselspinguine** (*Pygoscelis papua*) beispielsweise etwa 36 km/h schwimmen und sind damit sogar knapp schneller als eine Forelle (35 km/h) oder eine Ringelrobbe (32 km/h). Der Mensch erreicht gerade 7 km/h, ein Gelbrandkäfer gar nur 1,8 km/h. Delphine (46 km/h) und Schwertfische (90 km/h) können dagegen schneller schwimmen. Lappen an den Zehen der Bläshühner erfüllen eine zu den Schwimmhäuten identische Schwimmfunktion. Die Beine der Schwimmvögel sind stets nahe am Körperende eingelenkt (Lingen, Rheinwald (o. J.)), woraus ihr charakteristischer Watschelgang resultiert.

Dank extrem langer Zehen können Blatthühnen mit Leichtigkeit über treibende Wasserpflanzen laufen, ohne ins Wasser einzusinken (siehe Abbildung II.5.3a).

Strauße (*Struthio camelus*) zeigen eine Reduzierung der Zehenzahl auf nur zwei Zehen mit hohen Sohlenpolstern als Anpassung an das schnelle Rennen (Kapitel VI.6.2.3).

Bodenvögel, wie die **Amsel** (*Turdus merula*) haben kräftige Zehen, um nach Futter auf dem Boden zu scharren. Amseln nutzen ihre Füße zusätzlich, um durch Trippeln auf dem Boden Regen-Geräusche zu imitieren. Regenwürmern kriechen dann, um dem vermeintlichen Ertrinkenstod zu entrinnen, aus dem Boden und sind dann eine leichte Beute.

Klettervögel, wie beispielsweise Papageien (Amazonen, **Wellensittiche** (*Melopsittacus undulatus*)), aber auch der **Grünspecht** (*Picus viridis*), haben zwei Zehen nach vorne, zwei nach hinten gerichtet. So haben sie einen festen und sicheren Halt an Ästen. Segler, wie der **Mauersegler** (*Apus apus*), hängen sich nur an Steilhänge, Felsnischen und andere Steilstellen an. Sie haben alle vier Zehen nach vorne gerichtet.

Greifvögel und Eulen, zum Beispiel **Fischadler** (*Pandion haliaetos*), **Wanderfalke** (*Falco peregrinus*) und **Steinkauz** (*Athene noctua*) besitzen dank ihrer für sie typischen, kräftigen Krallen die Fähigkeit, ihre Beute schnell und fest halten können.

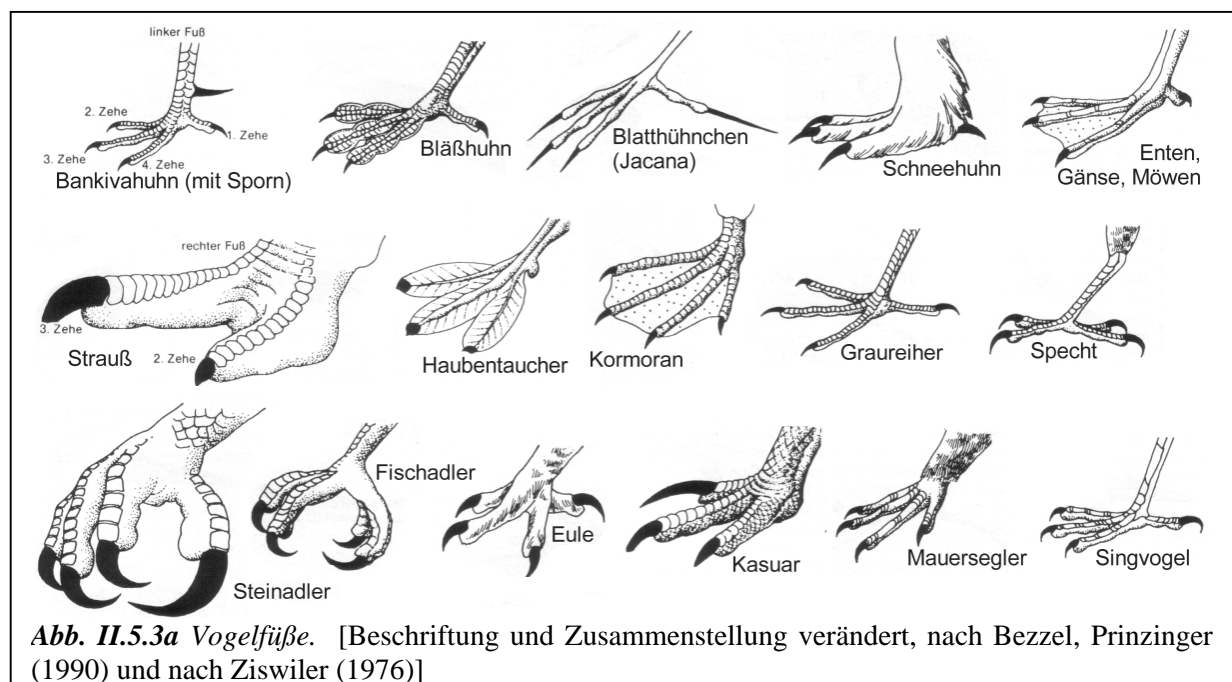


Abb. II.5.3a Vogelfüße. [Beschriftung und Zusammenstellung verändert, nach Bezzel, Prinzing (1990) und nach Ziswiler (1976)]

II.5.4 MUSKULATUR

Muskelzellen

Die Muskulatur ist ein Konstrukt mesoderma- len Ursprungs und besteht aus vielen längli- chen Muskelzellen oder Zellaggregaten, in denen Myofibrillen angeordnet sind, die die Basis für die Kontraktionsfähigkeit der Mus- kelzellen sind. Die Muskelzellen sind in drei unterscheidbaren Formen organisiert. Dies sind die sogenannten quergestreiften Muskeln, die glatten Muskeln und die Herzmuskeln. Embryonal entstehen sie aus Myoblasten, die entsprechend dem Muskeltyp angeordnet werden und teilweise miteinander verschmel- zen.

Quergestreifte Muskulatur

Die Verschmelzung vieler einzelner Muskel- zellen lässt die sogenannte quergestreifte Muskulatur entstehen. Dabei bleiben die Zell- kerne jedoch erhalten und liegen oft an der Oberfläche der Muskeln, bei weißen Muskeln (siehe weiter unten) zentral.

Quergestreifte Muskulatur ist tetanisierbar (siehe das Kurz-Info zur Tetanisierbarkeit), zu schnellen Kontraktionen befähigt und durch kurze Erholungsphasen gekennzeichnet. Daher sind sie besonders im Bewegungssys- tem (Skelettmuskulatur) lokalisiert. Von Ge- burt an bleibt zeitlebens die Anzahl der quer- gestreiften Muskelfasern etwa konstant.

Glatte Muskulatur

KURZ-INFO Tetanisierbarkeit

Herzmuskeln und glatte Muskeln sind nicht tetanisierbar, dies heißt, es kommt zu keiner Superposition von Einzelkontraktionen zur Steigerung der Kraft, da das Ende des Akti- onspotentials mit der Erschlaffungsphase des Muskels zusammenfällt.

Hingegen können bei quergestreifter Musku- latur, beispielsweise bei Skelettmuskeln, bis zu dieser Phase mehrere Aktionspotentiale ablaufen, da die Dauer der Aktionspotentiale viel kürzer ist. Daher können sie auch ihre Kräfte durch Superpositionen steigern (Ars- landemir (1997-2000)).

Glatte Muskeln setzen sich aus Einzelzellen zusammen, die eine langgezogene Spindel- form besitzen und in der Zellmitte einen Kern aufweisen. Beim Vogel kommen sie in der Haut, der Iris, den Blutgefäßen, in der Tra- chea, den Bronchien, im Harnleiter, der Harn- blase und im Magen-Darm-Kanal vor (Bezzel, Prinzinger (1990)). Ihre Hauptaufgabe liegt in langsamen, ausdauernden Kontraktionen. Wie die Herzmuskulatur auch (siehe weiter unten), ist die glatte Muskulatur nicht tetanisierbar.

Herzmuskulatur

Herzmuskeln stellen gewissermaßen eine Sonderform der quergestreiften Muskeln dar. Sie kombinieren Eigenschaften der querge- streiften und der glatten Muskulatur. So haben sie die Ausdauerfähigkeit beziehungsweise die fehlende Tetanisierbarkeit glatter Mus- keln. Die Konstanz der Anzahl der Muskelfa- sern hingegen entspricht dagegen der der quergestreiften Muskeln. Die Zellen können synzytial verschmolzen sein (Bezzel, Prinzinger (1990)). Auch beinhalten Herzmuskeln zahlreiche Kerne, die alle zentral angeordnet sind, sowie viele Mitochondrien. Die Herz- muskulatur wird über ein eigenes Erregungs- und Reizleitungssystem nervös angesteuert und agiert nach dem „Alles-oder-Nichts- Gesetz“.

Muskelfibrillen

Generell lassen sich mit den roten und den weißen Muskeln zwei verschiedene Muskel- fibrillen-Grundtypen unterscheiden. Bei den meisten Muskeln der Vögel lassen sich beide Fasertypen in verschiedenen Zusammenset- zungen finden. Bei Kurzzeit-Fliegern über- wiegen besonders in den Flugmuskeln weiße Muskeln, Kolibris als typische Langzeit- Flieger hingegen haben nahezu nur rote Mus- keln. Mit bis zu 3 Kilo-Joule pro Gramm und Stunde ist die Flugmuskulatur der Kolibris das wahrscheinlich stoffwechselaktivste und effi- zienteste Skelettmuskelsystem aller Wirbeltie- re (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Rote Muskeln

Die roten Muskelfasern, auch tonische Fasern genannt, dienen dem dauerhaften Flug in normalen Reisegeschwindigkeiten. Sie nutzen eher Fett als Glykogen aerob als Energielieferant. Daher können sie effizienter als weiße Muskeln arbeiten, da die gleiche Menge Fett mit etwa 38 bis 39 Kilo-Joule pro Gramm mehr Energie enthält als Glykogen mit lediglich 19 bis 20 Kilo-Joule pro Gramm. Im Gegenzug kontrahieren sie aber auch etwa fünf- bis zehnmal langsamer als weiße Muskelfasern. Sie sind mit vielen kapillaren Blutgefäßen durchzogen und dank der erhöhten Konzentration des Myoglobins, das rote sauerstofftransportierende Pigment, tiefrot eingefärbt.

Weißer Muskeln

Weißer Muskelfasern ermöglichen kurzfristige Sprints und Starts. Sie beziehen ihre Energie anaerob aus Glykogen. Sie enthalten weniger Mitochondrien als rote Muskelfasern.

So haben Hühner und Truthähne, die starten, um nur kurze Distanzen zu fliegen, zum größten Teil weiße Fasern. Die Brustmuskeln der Tauben, die sehr schnell starten, dann aber auch mit hoher Geschwindigkeit für lange Zeit in der Luft bleiben können, bestehen aus beiden Muskelfibrillen-Typen.

Brustmuskulatur

Die mächtig entwickelte Brustmuskulatur besteht aus zwei übereinander liegenden Muskeln, dem großen Brustmuskel (Pectoralis) und dem kleinen Brustmuskel (Supracoracoideus). Beide Muskeln sind auf einer Seite am Oberarmknochen (Humerus), auf der anderen Seite am Brustbein (Sternum) mit seinem Kiel (Carina), teilweise auch am Gabelbein oder Rabenbein (Coracoid) befestigt (siehe Abbildung II.5.4a). Der große Brustmuskel zieht bei Kontraktion den Flügel nach unten (Abschlag). Ein sich zusammenziehender kleiner Brustmuskel zieht einem Flaschenzug gleich den Flügel nach oben (Aufschlag).

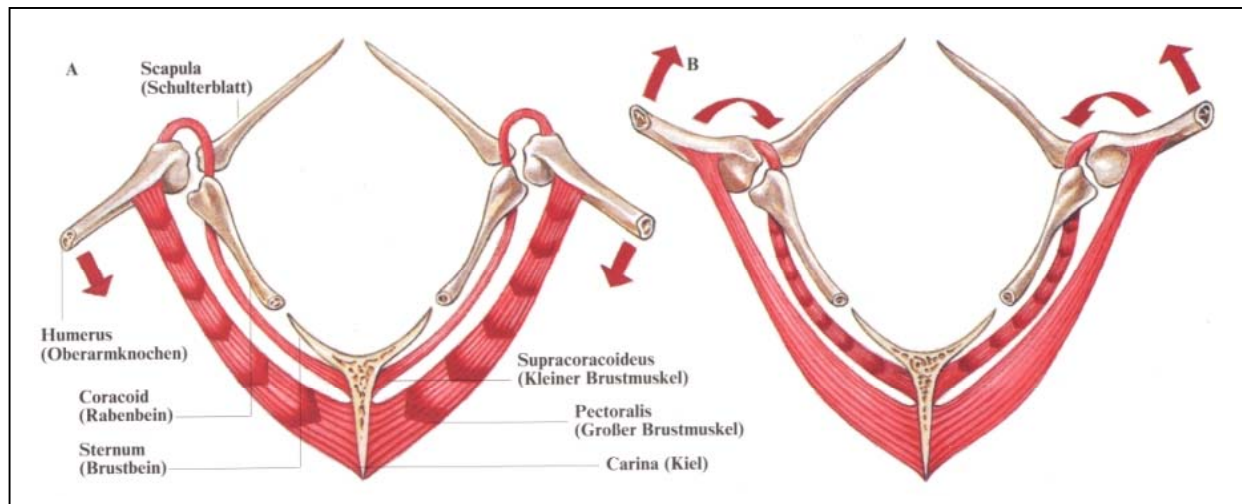


Abb. II.5.4a Schemazeichnung eines Querschnitts durch einen Vogelkörper, der die Lage und den Mechanismus der Flugmuskulatur darstellt. Die Muskeln sitzen am Brustbein an und ziehen am Humerus (Oberarmknochen) der Flügel. Die linke Grafik (A) zeigt den Abschlag, bei dem die Kontraktion des großen Brustmuskels zum Ziehen des Flügels nach unten führt. Die rechte Grafik (B) zeigt dagegen den Aufschlag, bei dem die Kontraktion des kleinen Brustmuskels über einen „Flaschenzug“ zum Anheben des Flügels führt. [aus Burton (1991)]

II.6 VOGELFLUG

II.6.1 FORSCHUNGSHISTORIE

Sagen und Erzählungen

Die Geschichte der Vogelflug-Forschung ist eng mit dem Wunsch des Menschen verknüpft, selbst fliegen zu können. Voller Bewunderung um die Flugkünste des Vogels galt sein erstes Streben weniger der Erforschung des Vogelflugs als vielmehr dessen Nachahmung. Aus der Historie sind Sagen und Erzählungen überliefert, die das Verlangen des Menschen widerspiegeln, sich „frei wie ein Vogel“ bewegen zu können. Oftmals wird dabei aber auch die moralische Belehrung gemäß der Volksweisheit „Wer hoch hinaus will, kann tief fallen“ deutlich. Eine Mythe erzählt von Dädalus und Ikarus, die nach jahrelanger Beobachtung von Vögeln, aus Vogelflügeln und Pech flügelartige Konstruktionen erstellten und mit ihnen in den Himmel stiegen. Es wird aber berichtet, dass Ikarus beim Flug über das Meer der Sonne zu nah kam, die das Pech schmelzen ließ. Dädalus flog zu niedrig, so dass seine Flügelfedern nass wurden und die Flügel ihn nicht mehr tragen konnten. Beide starben, so die Geschichte.

Ein grausames Kapitel stellen die chinesischen Gleitflugzeug-Konstruktionen im 6. Jahrhundert dar, die eher die Vergnügungssucht des chinesischen Eroberers Gao Yang befriedigen sollten, als grundlegende Prinzipien zu erforschen. Gao Yang ließ zu seiner großen Freude zum Tode verurteilte Gefangene mit einem Gleitflugzeug von einem Turm gleiten. „Abstürzen“ ist treffender, denn die Flugversuche endeten sämtlich erfolglos.

Berblinger

Auch im Mittelalter hat es Versuche gegeben, den Flug der Vögel nachzuahmen. Der „Schneider von Ulm“ Berblinger, ließ sich von der Ulmer Borstei mit einer Flügelkonstruktion gleiten. Dieser zunächst erfolgreiche Gleitversuch endete jedoch nach Bruch einer Strebe, begleitet mit Hohngelächter der Ulmer Bevölkerung, in der Donau.

Leonardo da Vinci (1452-1519)

Auch der universell forschende Leonardo da Vinci nahm sich der Problematik des Flugs an. In zahlreichen Untersuchungen und Protokollen beschreibt er seine Kenntnisse über den Flug von Vögeln, Insekten und Fischen. Sind von ihm viele richtige Erkenntnisse überliefert, besonders auch durch seine 1505 erschienene Schrift „Sul volo degli uccelli“ (Über den Flug der Vögel), so erkennt da Vinci doch noch nicht den Unterschied zwischen einem Schwimmer und einem Vogel. Er vergleicht beide und sieht im Schwimmen und im Flug des Vogels als Gemeinsamkeit das Rudern nach dem Rückstoßprinzip entweder durch das Wasser oder durch die Luft.

Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679)

Der Physiologe Giovanni Alfonso Borelli war als Professor in Florenz und Pisa, später als Lehrer an der Klosterschule St. Pantaleon in Rom tätig. Als erster erkannte er - ein Jahrhundert nach da Vinci - den bestehenden Unterschied zwischen Schwimmen und Fliegen und schrieb, dass der Vogel eine abwärts gerichtete Kraft erzeugen muss, um in der Luft verbleiben zu können. Genau zeichnet er unter anderem das Bild eines schlagfliegenden Vogels mit seinen Worten: „Stattdessen werden die Flügel stets abwärts geschlagen, wobei sie senkrecht zum Horizont gerichtete Kreisbewegungen beschreiben. (...) Aber im Falle der Vögel wäre es dumm, eine solche horizontale Bewegung zu machen, da diese den Flug stark behindern würde, und der schwere Vogel würde letztendlich rapide zu Boden fallen.“

Sein 1680/81 veröffentlichtes Werk „De motu animalium“ (Über die Fortbewegung der Tiere) kann als Meilenstein der Naturwissenschaften angesehen werden, da mit ihm erstmals die strenge mathematisch-naturwissenschaftliche Beweisführung, die Lehre der Mechanik und induktive Untersuchungsmethoden eingeführt und konsequent umgesetzt wurden. Er wurde damit zum Begründer der Iatromathematischen Schule.

Die Gebrüder Montgolfier

In einem interessanten Experiment wollten die Brüder die Auswirkungen dünner Höhenluft auf den Organismus testen. Beim zweiten Heißluftballon-Flug am 19.09.1783 stiegen ein Hammel, eine Ente und ein Hahn mit in die Höhe. Bereits nach acht Minuten war der Flug beendet. Hammel und Ente waren unverehrt. Der Hahn jedoch lag benommen auf dem Boden, weil ihm der erregte Hammel bei der Landung einen heftigen Tritt gegeben hatte. Schon am 21.11. desselben Jahres begann die personengeführte Heißluftschiffahrt (Brockhaus (1996)).

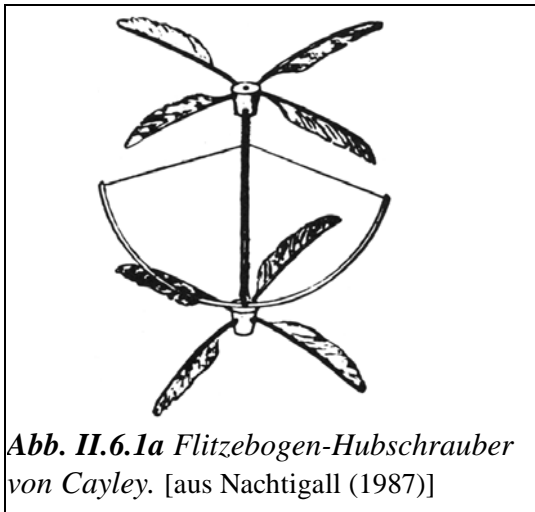


Abb. II.6.1a Flitzebogen-Hubschrauber von Cayley. [aus Nachtigall (1987)]

Sir George Cayley (1773-1857)

In einem einfachen Experiment gelang es Cayley als Erstem, die Hubkraft am Flügel als Grundlage des Vogelflugs zu beweisen. Dabei zog er eine leicht nach oben geneigte Feder durch die Luft und demonstrierte so, dass hebende Kräfte an der Feder wirkten. Er konstruierte etliche Flugapparate, die alle jedoch nur auf dem Papier zu fliegen vermochten. Erst die Erkenntnis, dass Hub und Schub nach getrennten Prinzipien agieren und trennbar voneinander theoretisiert werden können, ließen ihn in der Entwicklung nach vorne kommen. Cayley erkannte die Bedeutung der Flügelstreckung (siehe Kapitel II.6.3) und der aerodynamisch günstigen Körpergestalt, die er nicht nur an Vögeln, sondern auch an Forellen und Delphinen beobachtete. Die Rotationsbewegung der Ahornfrucht beim Fall vom Baum deutete er als Mechanismus zur Fallverzögerung. Etwa 1826 entwarf er „einen kleinen zweischraubigen Helikopter, dessen Schrau-

ben aus je vier Vogelfedern bestanden und die über einen Flitzebogen in gegenläufige Umdrehung versetzt werden konnten.“ (Nachtigall (1987)) (siehe Abbildung II.6.1a). Schließlich baute er 1853 einen lenkbaren Fallschirm, der mit Paddeln ausgestattet war, die dem Vortrieb dienen sollten. Leider ist nichts über die Gleitflug-Tauglichkeit der Apparatur überliefert. Der Testpilot war Cayleys Kutscher, der diesen Experimenten etwas kritisch gegenüber stand, wie er mit seinen Worten „Bitte, Sir George, ich möchte bemerken, dass ich zum Fahren und nicht zum Fliegen angestellt wurde“ bekundete.



Abb. II.6.1b Von Marey konstruiertes Tachyskop zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Schlagflugs von Vögeln. [aus Nachtigall (1987)]

Jules Étienne Marey (1830-1904)

Marey beschäftigte sich als Bewegungsphysiologe im Wesentlichen mit dem Laufen, Fliegen und Schwimmen von Tieren. Epochal sind die von ihm erstellten, mehrfach belichteten fotografischen Darstellungen von Tauben, Habichten, Enten, Möwen und Pelikanen während des Flugs. Mit diesen Abbildungen ließ sich (mit 11 Belichtungen pro Sekunde) der zeitliche Ablauf des Schlagflugs relativ deutlich nachvollziehen. Mit einer besonderen Konstruktion konnte er gleichzeitig aus drei Perspektiven (von vorne, von der Seite und von oben), einen fliegenden Vogel fotografieren und das Fotopapier mehrmals belichten. So konnte sich Marey eine räumliche Vorstellung vom Vogelflug machen und insbesondere Details wie die Bewegung der Flügelspitze, der Arm- und Handfittiche zueinander oder die mittlere Bahnrichtung untersuchen (Nachtigall (1987)).

Eine von ihm gebaute Apparatur mit einer drehbaren Zylinderscheibe mit Schlitzen, dem sogenannten Tachyskop, ermöglichte dem Betrachter bei schneller Drehung der Scheibe und Blick durch die Schlitze eine Veranschaulichung eines scheinbar fliegenden Vogels (siehe Abbildung II.6.1b, vorige Seite).



Abb. II.6.1c
Portrait von Otto Lilienthal, im Original und in einer zeitgenössischen Retusche bekannt, A. Regis (vermutlich 1896). [aus Otto-Lilienthal-Museum (2002)]

Otto Lilienthal (1848-1896)

Otto Lilienthal gilt als einer der Grundlagenforscher der Flugphysik. Am 23.5.1848 in Anklam an der Ostsee geboren, schuf er nicht nur die theoretischen Hintergründe, sondern konstruierte auch selbst Flugapparate. Sein besonderes Interesse galt den Störchen und der Erfindung tauglicher Flugapparate für den Menschen, deren Vorbilder er im Flug der Vögel fand. Dies konnte den ersten Flugkonstruktionen (siehe Abbildung II.6.1d) auch deutlich angesehen werden.

Diese ersten Flugversuche des Menschen endeten nicht immer glimpflich und so erlag auch er schließlich am 10.08.1896 in Berlin



Abb. II.6.1d Derwitz 1891. [Fotograf Carl Kassner, Bild-Nr.: OLM F0066LF, aus Otto-Lilienthal-Museum (2002)]

selbst den schweren Verletzungen nach einem missglückten Flugexperiment. Ihm zu Ehren befindet sich heute in seinem Geburtsort Anklam das Otto-Lilienthal-Museum.

Otto Lilienthals 1889 veröffentlichtes Buch „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ schildert auf 187 Seiten in 42 Kapiteln wesentliche Erkenntnisse, die auch heute noch als Basis der Flugtechnik gelten (siehe Abbildung II.6.1e). Typisch für Lilienthal war das späte Publizieren seiner Erkenntnisse. Erste Messungen und Beobachtungen, die in seinem Buch Verwendung fanden, stellte er schon 1861 an. Er wollte durch mehrmalige Untersuchungen seine Ergebnisse zuerst sichern, ehe er an die Öffentlichkeit ging.

Aus dem 38. Kapitel „Der Vogel als Vorbild“ ist das folgende Gedicht entnommen.

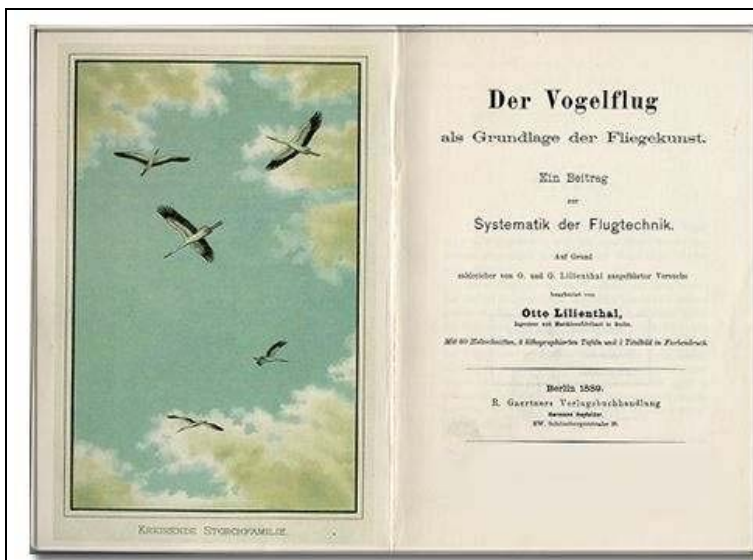


Abb. II.6.1e Auszug aus „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst“ von Otto Lilienthal, 1889. [aus Otto-Lilienthal-Museum (2002)]

(Auszug Kapitel 38) **Der Vogelflug als Vorbild**

O, sieh', welche Wonne hier oben uns blüht,
Wenn kreisend wir schweben im blauen Zenith,
Und unter uns dehnt sich gebreitet
Die herrliche, sonnenbeschienene Welt,
Umspannt vom erhabenen Himmelsgezelt,
An dem nur dein Blick uns begleitet!

Uns trägt das Gefieder; gehoben vom Wind
Die breiten, gewölbten Fittiche sind;
Der Flug macht uns keine Beschwerde;
Kein Flügelschlag stört die erhabene Ruh'.
O, Mensch, dort im Staube, wann fliegst auch du?
Wann löst sich dein Fuß von der Erde?

Und senkt sich der Abend, und ruhet die Luft,
Dann steigen wir nieder im goldigen Duft,
Verlassen die einsame Höhe.
Dann trägt uns der Flügelschlag ruhig und leicht
Dem Dorfe zu, ehe die Sonne entweicht;
Dann suchen wir auf deine Nähe.

So siehst du im niedrigen Fluge uns zieh'n
Im Abendrot über die Gärten dahin.

Zum Neste kehren wir wieder.
Auf heimischem Dache dann schlummern wir ein,
Und träumen von Wind und von Sonnenschein,
Und ruh'n die befiederten Glieder.

Doch treibt dich die Sehnsucht, im Fluge uns gleich
Dahinzuschweben, im Lüftbereich
Die Wonnen des Flug's zu genießen,
So sieh unsern Flügelbau, miß unsre Kraft,
Und such aus dem Luftdruck, der Hebung uns schafft,
Auf Wirkung der Flügel zu schließen.

Dann forsche, was uns zu tragen vermag
Bei unserer Fittige mäßigem Schlag,
Bei Ausdauer unseres Zuges!
Was uns eine gütige Schöpfung verlieh'n,
Draus mögest Du richtige Schlüsse dann zieh'n,
Und lösen die Rätsel des Fluges.

Die Macht des Verstandes, o, wend sie nur an,
Es darf dich nicht hindern ein ewiger Bann,
Sie wird auch im Fluge Dich tragen!
Es kann deines Schöpfers Wille nicht sein,
Dich, Ersten der Schöpfung, dem Staube zu weih'n,
Dir ewig den Flug zu versagen!

Otto Lilienthal, 1889 [aus Lilienthal (1889)]

II.6.2 FEDERN UND GEFIEDER

II.6.2.1 EINFÜHRUNG UND FUNKTION

Einführung

Federn sind das charakteristische Merkmal aller Vögel. Kein heute lebender Organismus verfügt über Federn, der nicht zur Klasse Aves (Vögel) gehören würde. Betont wird dabei „heute“, da in jüngster Zeit um die Theorie der Evolution der Federn und der Vögel überhaupt eine heftige Diskussion entbrannt ist (siehe Kapitel IV).

Federn lassen sich aus Reptilienschuppen homologisieren. Sie sind sehr leichte Gebilde aus toten, verhornten Zellen und bedecken große Teile des Vogelkörpers, nicht jedoch die Hinterbeine.

Die durchschnittliche Zahl der Federn, die ein Vogel besitzt, variiert zwischen etwa 1000 und 30000. Kolibris besitzen nur um 1.000,

Rauchschwalben etwa 1500, Möwen etwa 6000, Enten circa 12000 und Schwäne etwa 20.000-30.000 Federn. Sie bestehen aus dem wasserunlöslichen, enzymresistenten Proteinkomplex β -Keratin (Horn), dem selben Protein wie die Hornschuppen der Reptilien. Auch das Säugetierfell besteht aus Keratin.

Funktion des Gefieders

Wurde bis vor kurzem das Ermöglichen des Flugs als primäre, ursprüngliche Funktion der Federn gesehen, so ist der Schutz vor thermischen und meteorologischen Einflüssen, wie Hitze und Kälte, Wind und Regen, an dessen Stelle getreten. Auch schützt das Gefieder die empfindliche Haut vor Verletzungen.

Bei flugfähigen Vögeln ist die durch die Federn auf gewichtsarme Weise erreichte Oberflächenvergrößerung bei Schwanz und Flügeln für den Flug essentiell. Die Federn geben dem Vogelkörper die wichtige stromlinienförmige Gestalt. Auch die eigentliche Tragflächenform der Flügel wird erst durch die Federn gebildet (siehe Abbildung II.6.3.2b).

Abhängig vom Funktionsschwerpunkt ist das Federkleid unterschiedlich ausgebildet: Fal-

ken haben beispielsweise ein sehr hartes, die flugunfähigen Strauße dagegen ein sehr weiches, aufgefaseretes Gefieder. Bei Straußen kann die festgehaltene Luftmenge durch Sträuben und Anlegen der Federn über die Federmuskeln reguliert werden.

Auf die Bedeutung des Gefieders für die Balz und Tarnung durch Färbungen und Zeichnungen wird an anderer Stelle gesondert eingegangen (siehe Kapitel V).

II.6.2.2 STRUKTUREN

Struktur der Konturfedern

Der Vogelkörper bekommt erst durch die Konturfedern (Pennae conturae), wie die äußerlich sichtbaren Federn genannt werden, Form und eine eigentliche Gestalt (Kontur). Die Konturfedern bestehen aus dem Federkiel (Scapus), der wiederum aus einer äußeren Hornwand (Cortex) und einem inneren Mark (Medulla) besteht, und den Federfahnen (Vexilla). Die Federfahnen sind meist asymmetrisch strukturiert (siehe Abbildung II.6.2.2a und b).

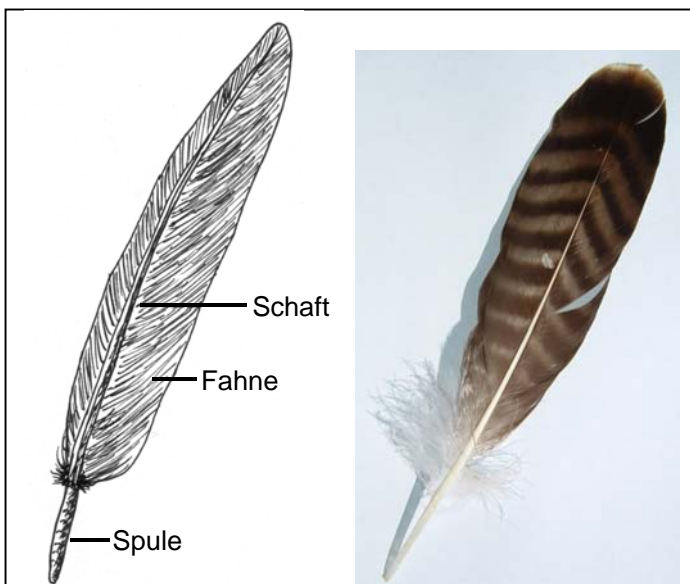


Abb. II.6.2.2a und b Feder im Überblick (links). Die Fahne (Vexilla) besteht aus vielen Ästen, die seitlich vom Schaft abzweigen. Rechts zum Vergleich: Feder eines Mäusebussards (*Buteo buteo*).

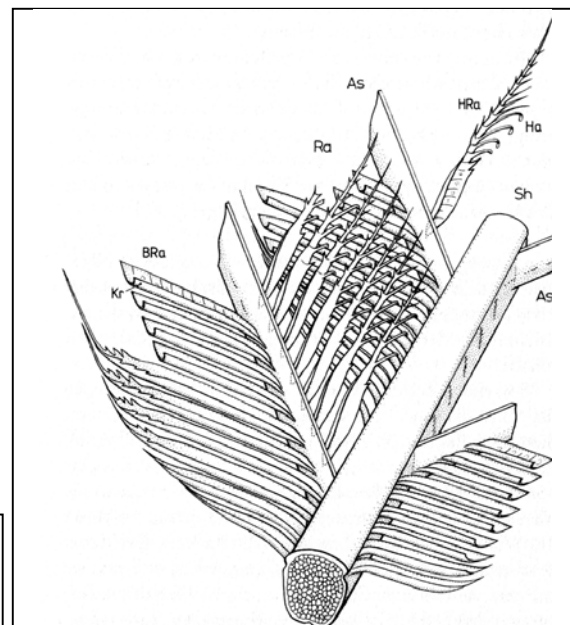


Abb. II.6.2.2c Feder-Aufbau (Ausschnitt) Der Federschaft (Sh) trägt seitlich abgehend Äste (Rami, As), an denen wiederum Reihen von Federstrahlen (Radien, Ra) entspringen: die Hakenstrahlen (Hakenradien, Hra) an der oberen, zur Federspitze weisenden Astseite und die Bogenstrahlen (Bogenradien, Bra) an der unteren, die der Federbasis zugewandt ist. Die Haken (Ha) der Hakenradien hängen sich in die Krempe (Kr) der Bogenradien ein und koppeln so die sich überkreuzenden Federelemente zu einer geschlossenen Fläche. Dieses Kopplungssystem ist so flexibel, dass sich die Verhakung beim Überdehnen der Fahne schadlos löst und leicht wieder einrastet. [aus Portmann (1984)]

Eine festere Außenfahne (Vexillum externum) verdeckt dann eine weichere Innenfahne (Vexillum internum). Am distalen Teil des Kieles liegt der sichtbare Federschaft (Rachis), der zwei Reihen von Federästen (Rami) im 45° Winkel zum Federschaft trägt.

Jeder Federast (Ramus) wiederum besitzt zwei Reihen Federstrahlen (Radii) im 45° Winkel zum Federast. Die Federstrahlen benachbarter Federäste kreuzen sich jeweils rechtwinklig. Die proximalen Federstrahlen (Radii proximalis) sind gleichmäßig gebogen und laufen spitz aus, während die distalen Federstrahlen als Hakenstrahlen (Radii distales) die Bogenstrahlen mittels Häkchen (Radioli) fixieren. Das Einhaken erfolgt so nach dem „Klettverschlussprinzip“. Diese Häkchen-Fixierung verleiht der Federfahne einerseits Stabilität, andererseits bleibt sie flexibel, da die Bogenstrahlen übereinander gleiten können.

Diese Feinstruktur macht die Fahne nicht nur nahezu windfest, sondern auch wasserundurchlässig. Eine Anordnung sich überlappender Federn stellt somit eine sehr stabile und dennoch leichte Flügelfläche dar.

Struktur der Federfollikel

Das Federfollikel ist eine zylindrische Hautvertiefung, die die Spule der Feder umschließt. Die Epidermis verankert die Feder. Die äußere Follikelscheide wird von der Lederhaut (Corium) gebildet und ist die Ansatzstelle für die Federmuskeln (Musculi pennarum). Die innere Follikelscheide ist von der Epidermis ausgekleidet und besteht aus lebenden und toten verhornten Zellen. An der Spitze der Spule befindet sich eine kreisrunde Öffnung, der sogenannte untere Nabel (Umbilicus proximalis / inferior). Dort dringt die Lederhaut (Corium) in die Spule ein und bildet den Markhügel (Lederhaut- oder Coriumpapille).

Die Coriumpapille ist von epidermalen Zellen bedeckt. Die Epidermis setzt sich fort und bildet ab dort als Übergang von den lebenden Epidermiszellen des Follikels zu den toten Epidermiszellen der Spule (Calamus) die Spulenwand.

II.6.2.3 ENTWICKLUNG EINER FEDER

Als erstes Anzeichen einer entstehenden Feder zeigt sich eine scheibenartige Verdickung der Epidermis. Darunter verdichtet sich die Lederhaut, das Corium. Es bildet sich eine Erhebung aus Lederhautpapille und Epidermis. Der epidermale Anteil der Federanlage entsteht aus dem Epidermalkragen. So entsteht der sogenannte Blutkiel (siehe Abbildung II.6.2.3a).

Verhornte Schichten des epidermalen Gewebes bilden die Feder- oder Hornscheide. Anschließend entwickelt sich ein in die Haut eingesenkter Federfollikel (Federbalg), an dessen Basis sich teilungsaktive Federkeimzellen befinden. Diese formen eine Hornröhre, in der die Pulpa liegt, die mit Mark aus lockerem Bindegewebe, Nerv, Arterie und Vene gefüllt ist. Diese wird während der Federreifung degeneriert und später resorbiert.

Die Epidermiszellen bilden zwei Reihen von spiraligen Leisten, aus denen am Ventralen Dreieck durch Umwandlung in Keratin die Federäste (Rami) entstehen.

Die Leisten laufen zu einem parallelen Strang zusammen, der zum Federschaft (Rachis) wird. Mit dem Aufspringen der Federscheide werden die Federäste frei und jede Leiste wird zu einem Federast (Ramus).

Die Feder entfaltet sich nun vollständig, während sich die Pulpa zurückzieht und die Verhornung weiter fortschreitet.

An der Basis des Federschaftes entsteht durch die Verhornung die hohle Spule (Calamus). Die Federseele, ein gekammerter Raum in der Spule, mit epidermalen Scheidewänden (Markkappen) wird angelegt.

Der nachfolgende Schritt ist die Ausbildung einer Abschlusskappe am Spulende, dem unteren Nabel (Umbilicus inferior). Der Federschaft (Rhachis) trägt auf der Unterseite eine Längsrille, die am Übergang der Spule mit dem oberen Nabel (Umbilicus distalis / superior) endet. Hier setzt häufig eine Nebenfeder, das sogenannte Hypopenna, an. Dies führt zur Ausbildung eines flaumigen Fahnenanteils. Anstelle der Nebenfeder können auch daunige Federäste entstehen.

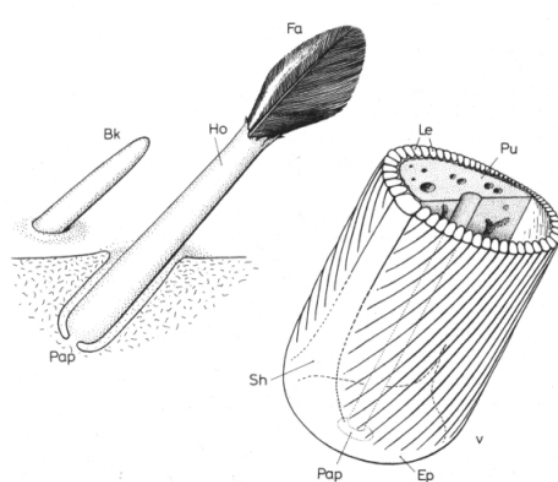


Abb. II.6.2.3a Entwicklung einer Vogelfeder. Abkürzungen: Blutkiel (Bk), Papille (Pap), Hornscheide (Ho), Fahne (Fa), Leisten (Le), Schaftlage (Sh), Pulpa (Pu), Epidermisring (Ep), Ventrales Dreieck (v). Das Ventrale Dreieck ist ein wichtiges Entwicklungszentrum, von dem aus auf beiden Seiten schräggestellte Leisten gebildet werden. [aus Portmann (1984)]

II.6.2.4 FEDERBEDECKUNG UND FEDERTYPEN

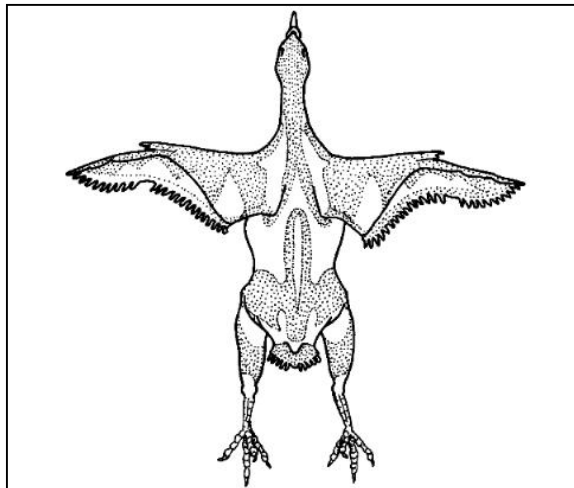


Abb. II.6.2.4a Dorsal liegende Ansatzstellen der Federn [Livingstone, Biodidac, aus Heitland, Bäumler (2002)]

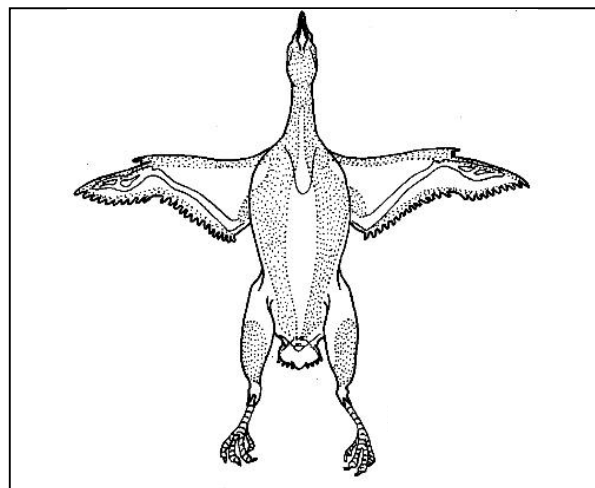


Abb. II.6.2.4b Ventral liegende Ansatzstellen der Federn [Livingstone, Biodidac, aus Heitland, Bäumler (2002)]

Die Konturfedern sind in streifenförmigen Federfluren (Pterylae) angeordnet. Dazwischen liegen federfreie Areale, die sogenannten Federraine (Apteria) (siehe Abbildungen II.6.2.4a und b). Landvögel haben schmale Federfluren. Sie bedecken etwa die Hälfte der Hautoberfläche. Dagegen haben Wasservögel größere Federfluren.

Die schmalen Federraine sind mit Dunen besetzt. Die Zahl der Federfluren ist artspezifisch. Dank der Fluren und dazwischenliegenden Raine bleibt trotz der dachziegelartigen, lückenlosen Bedeckung des Körpers mit Federn die Beweglichkeit voll erhalten, zumal so auch die zu tragende Federmasse stark reduziert wird.

Grundsätzliche Federtypen im Überblick **Konturfedern (*Pennae conturae*)**

Konturfedern stellen das sichtbare Gefieder dar. Sie haben einen gut entwickelten Schaft. Sie überlagern sich dachziegelartig. Die Federäste (Rami) sind miteinander verbunden. Sie haben die stärkste Verbindung der Federäste überhaupt, schützen die darunter liegenden Dunenfedern und können in Flugfedern und Körperfedern unterschieden werden. Flugfedern leisten beim Antrieb und der Steuerung des Flugs einen wesentlichen Beitrag. Sie sind ungleichmäßig auf Rain (Apteria) und Flur (Pteryla) verteilt.

Alle anderen Federn werden von den Konturfedern überdeckt. Diese sind im Einzelnen:

Dunenfedern oder Daunen (Plumae)

Sie haben nur eine kleine Spule (Calamus), einen unscheinbaren Schaft (Rachis), lange Federäste (Rami) mit Federstrahlen ohne Häkchen (Hamuli). Dabei ist der Schaft stets kürzer als der längste Ast. Da sie durch Reibung negativ aufgeladen sind, stoßen sie sich elektrostatisch ab. In ihrer Eigenschaft als leichte und flauschige Federn dienen sie auf optimale Art und Weise der Wärmeisolierung des Vogels gegen die Außenwelt.

Halbdunen (Semiplumae)

Diese nehmen eine Mittelstellung zwischen Dunen und Konturfedern ein. Bei einem gut entwickelten Schaft tragen sie eine weiche, flaumige Fahne. Der Schaft ist länger als der längste Ast. Sie stehen entlang der Rainrän-

der. Mit ihrer Lage unter den Konturfedern dienen auch sie der Wärmeisolation.

Fadenfedern (Filoplumae)

Fadenfedern sind haarförmig, mit langem, dünnen Schaft und lockerer Fahne (Büschel kurzer Äste am Ende). Sie sitzen an der Basis von Konturfedern und sind mit keinem Muskel verbunden. Ihre Aufgabe liegt vielmehr in der Regulierung und Stellungsüberprüfung der Konturfedern. Daher ist das Follikel mit vielen Nervenendigungen innerviert (propriozeptive Federstellung);.

Borstenfedern (Setae)

Borstenfedern haben einen steifen Schaft. Am basalen / proximalen Ende befinden sich nur wenige Federäste (Rami), oder sie fehlen ganz. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf den Bereich um die Augen und Schnabelwinkel. Mit den zahlreichen Tastkörperchen dienen sie analog zu den Tastaaren der Säuger (Mammalia) der Tastsinneswahrnehmung.

Puderdunen (Pulviplumae)

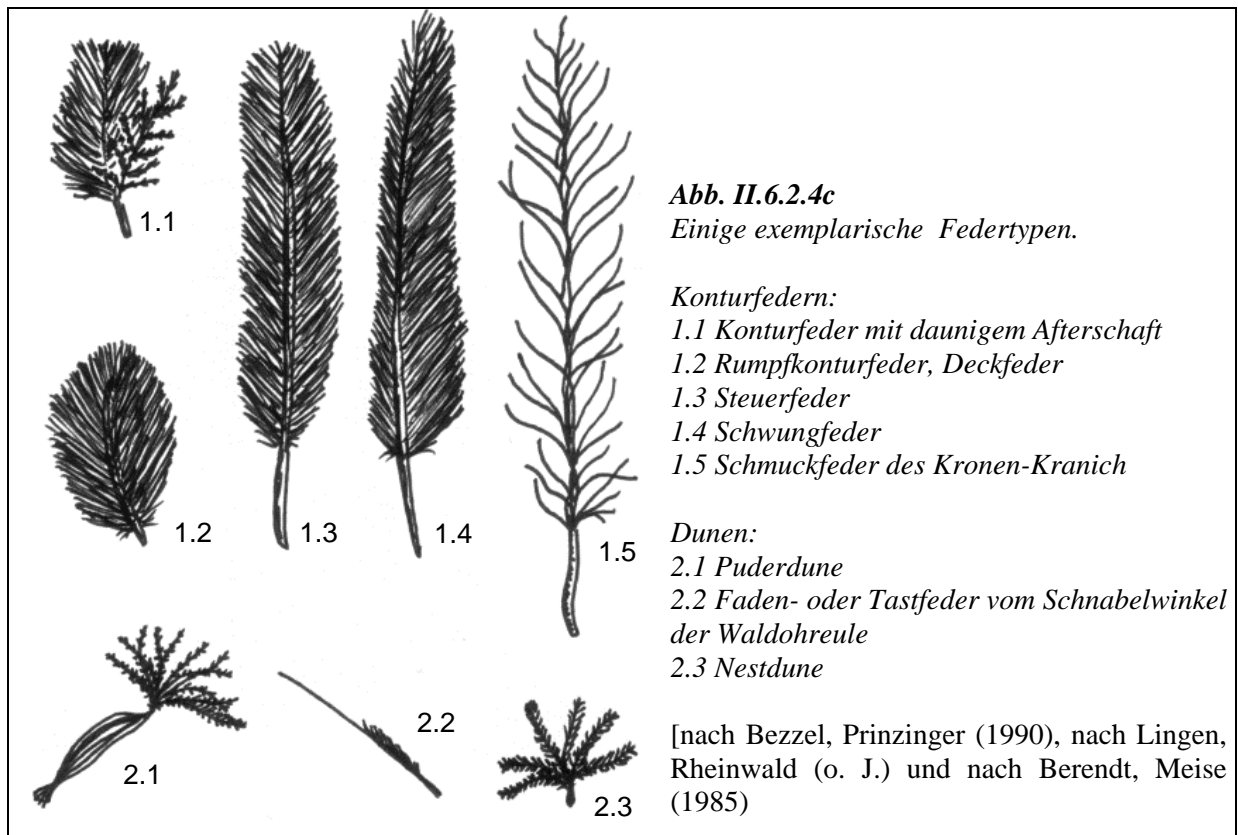
Puderdunen wachsen vermutlich stetig und permanent. Das gebildete, talkumartige Puder besteht aus 1 µm großem, wasserabweisendem Keratingranula und dient dem Einstäuben des Gefieders bei Vögeln, die keine Bürzeldrüse haben, wie beispielsweise einige Tauben, Reiher, Tukane, Laubenvögel, Papageien (siehe das Kurz-Info hierzu), Strauß und Emu. Die Bürzeldrüse dient bei den übrigen Vogelarten der Einfettung des Gefieders. Das Fett hält das Gefieder wasserfest und geschmeidig.

KURZ-INFO Puderdunen und fehlende Bürzeldrüse bei Papageien

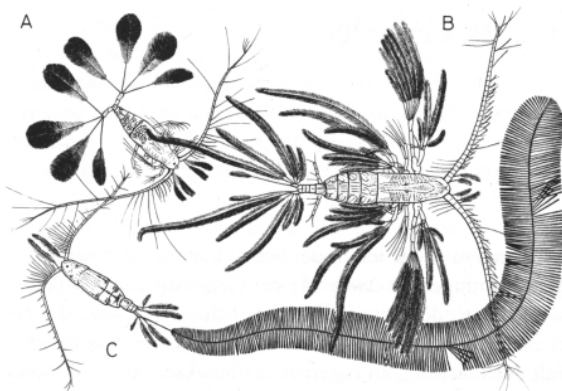
Bemerkenswert ist die Tatsache, dass bei Papageien trotz des Fehlens der Bürzeldrüse, dennoch eine embryonal angelegt wird, diese im weiteren Verlauf der Embryogenese jedoch rückgebildet wird. Dies liefert einen Hinweis zur Klärung der Stammesentwicklung und der Verwandtschaftsbeziehungen der Papageien zu anderen Vogelgruppen.

Bei Papageien wird beim Putzen der Puder besonders mit schnellen Pluster- und Aufschüttelbewegungen des Gefieders verteilt. Charakteristische Bewegungen sind das sogenannte „Knibbeln“ im Untergefieder, die das Auflösen der Puderdunenspitzen beschleunigen.

Gefiederpartien, die so mit dem Schnabel bearbeitet werden, werden auf diese Weise locker eingestäubt. Die Großgefiederenteile von Flügel und Schwanz bekommen den Staub eher zufällig mit (APN (2002)).



KURZ-INFO Federähnliche Körperanhänge bei Ruderfußkrebse (Copepoda)



Die Abbildung II.6.2.4d zeigt verschiedene zwei bis zehn Millimeter große Ruderfußkrebse (Copepoda), die äußerlich zu Federn ähnliche Körperanhänge tragen. Der morphologische Aufbau und die Aufgabe dieser Anhänge sind allerdings andere als bei Vögeln. Manche Gattungen haben als Sinkbremse Schwebeorgane, andere am Körperende einseitige, asymmetrisch gefiederte Anhänge, die teilweise länger als der Körper sind.

Abb. II.6.2.4d Im Bild dargestellt sind *Calocalanus pavo* (A), *Augaptilus filigerus* (B) und *Calocalanus plumulosus* (C) [aus Portmann (1984)]

Besondere Federstrukturen

Exemplarisch für die zahlreichen Sonderformen, die bei den Federn verschiedener Arten vorkommen, sind die zwei besonders weit abstehenden Federn bei der **Fahnnachtschwalbe** (*Macrodipteryx longipennis*) (siehe Abbildung II.6.2.4e) und die dornartigen Schwanzfedern des **Stachelschwanzseglers** (*Hirundapus caudacutus*) (siehe Abbildungen II.6.2.4f und g) angeführt. Alle Spezies der Chaeturini (Familie Apodidae) sind charakterisiert durch die ungewöhnlichen Strukturen ihrer Schwanzfedern, die spitz, auf ganzer Länge versteift und nackt sind. Sie erleichtern den Seglern das Klettern und Festhalten an senkrechten Flächen. Unter allen Vertretern der Familie der Apodidae sind dies die glänzendsten Strukturen. Bisher ist die aerodynamische Funktion des glänzenden Gefieders und der dornigen Schwanzfedern ungeklärt.

Wie die Apodidae gehören auch die Trochilidae (Kolibris) zur Ordnung der Apodiformes. Zwei besondere Schwanzfedern trägt die **Violettscheitel-Flaggensylphe** (*Loddigesia mirabilis*), ein extrem endemischer Kolibri im Norden Perus (Südamerika) (siehe Abbildung II.1.3.3c im Kapitel II.1.3.3).

Bei echten Papageien sind strukturelle Besonderheiten des Gefieders relativ selten. Eine Ausnahme bildet der in Südamerika vorkommende **Fächerpapagei** (*Deroptylus accipitrinus*) (siehe Abbildung II.6.2.4h). Die Art kommt in zwei Subspezies vor: *D. a. accipitrinus* und *fuscifrons*.

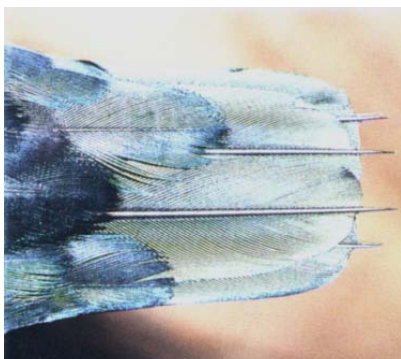


Abb. II.6.2.4g Nadelschwanz des Stachelschwanzseglers (*Hirundapus caudacutus*, Subspezies *caudacutus*). [Queensland, Austr., Foto Dave Watts /ANT/NHPA, aus del Hoyo 5 (1999)]

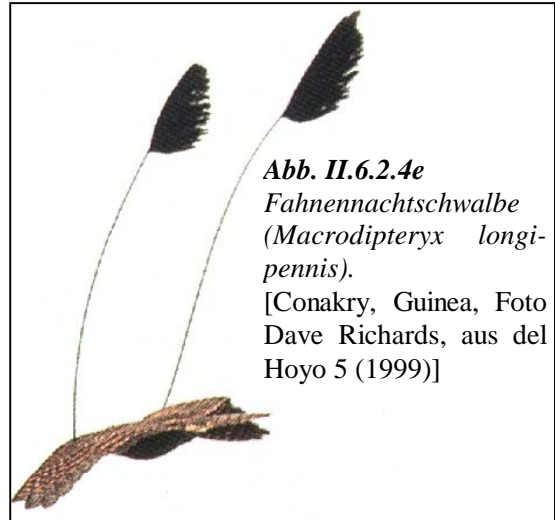


Abb. II.6.2.4e Fahnnachtschwalbe (*Macrodipteryx longipennis*). [Conakry, Guinea, Foto Dave Richards, aus del Hoyo 5 (1999)]



Abb. II.6.2.4f Stachelschwanzsegler (*Hirundapus caudacutus*, Subspezies *caudacutus*). [Daclin, Heilongjiang, China, Foto Roland Seitre/Bios, aus del Hoyo 5 (1999)]



Abb. II.6.2.4h Fächerpapagei (*Deroptylus accipitrinus*, Subspezies *accipitrinus*). [Foto Francisco J. Erize / Bruce Coleman, aus del Hoyo 4 (1997)]

II.6.2.5 FEDER- UND GEFIEDERFÄRBUNG



Abb. II.6.2.5a Schönloris (*Charmosyna placensis*), Männchen (rechts), Weibchen (links) zeigen prächtige Gefiederfarben. Bei Schönloris zeigt sich deutlich ein sexueller Dimorphismus, d.h., Weibchen und Männchen haben unterschiedliche Gefiederfärbungen. Das Weibchen ist überwiegend grün, ihm fehlt der Rotton und der Blauton der Männchen. Stattdessen hat es eine gelbe Strähne an beiden Seiten des Kopfes. Daneben ist deutlich der für Papageien charakteristische Sitz, zwei Zehen nach vorne, zwei nach hinten, zu erkennen.
[Foto Dennis Avon / Ardea, aus del Hoyo 4 (1997)]

Historie

Der Forschungsbereich der Gefiederfarben ist bisher immer nur partiell bearbeitet worden. Ganzheitliche, systematisierende Übersichtsarbeiten fehlen daher (Wieber (2002)).

Der Gießener Professor Dr. Otto Völker untersuchte in den Jahren 1930 bis 1940 in Deutschland das chemische und physikalische Verhalten der gelben Farbe in Vogelfedern. Er fotografierte Wellensittiche im UV-Licht. So wurden nur diejenigen Federn abgebildet, die gelbe Pigmentierung enthielten. Mit der Beziehung zwischen Farbschlag und genetischer Grundlage beschäftigte sich sein Marburger Kollege H. Duncker.

Zwischen 1960 und 1970 forschten die beiden Briten T. G. Taylor und C. Warner an der

Thematik „Farbentstehung und Verteilung der Pigmente“. Die Grundlagen der Melanin-Pigmentierung in Federn erarbeiteten G. Prota und R. H. Thomson.

In der Folgezeit folgten bis heute noch einige weitere Arbeiten auf dem Gebiet der Gefiederfärbung.

Pigmente

Pigmente (von lateinisch „pigmentum“ = Farbe) sind Färbungen der Haut oder der erweiterten Hautanhangsgebilde, wie beispielsweise das Gefieder der Vögel. Federn können auf ganz unterschiedliche Art und Weise gefärbt sein. Verantwortlich hierfür sind verschiedene Pigmente, die im Folgenden kategorisiert vorgestellt werden.

Grundsätzlich lassen sich drei Gruppen von Pigmenten unterscheiden:

- 1. Strukturfarben, die sich nur in Form von Schillern oder Reflexionen zeigen,
- 2. endogene Pigmente, die im Körper in sogenannten Chromatophoren oder Allophoren synthetisiert werden, und
- 3. exogene Pigmente, die von außen in oder auf den Körper gebracht werden.

Strukturfarben

Die schillernden Farben der Kolibris erscheinen so nur im Sonnenlicht bunt. Der hier realisierte Farbeffekt ist dem bei Seifenblasen vergleichbar. Auch bei ihnen werden die schillernden Farben nur dank der Lichtreflexionen gesehen, denn die Schillerfarben ihrer Federn entstehen durch einen Effekt, den man auch an Seifenblasen beobachten kann (siehe Abbildung II.6.2.5c-f). Bei Kolibris werden die Lichtreflexionen durch Lufteinschlüsse in den Hornfedern ermöglicht, die zu einer unterschiedlich dicken Schicht führen. An der Ober- und Unterseite dieser Grenzschicht wird das Licht unterschiedlich reflektiert, abhängig davon, wie dick die Grenzschicht an der jeweiligen Stelle ist. Das Federkleid schillert in den Regenbogenfarben, ähnlich wie eine Seifenblase (Sachs (2001)).

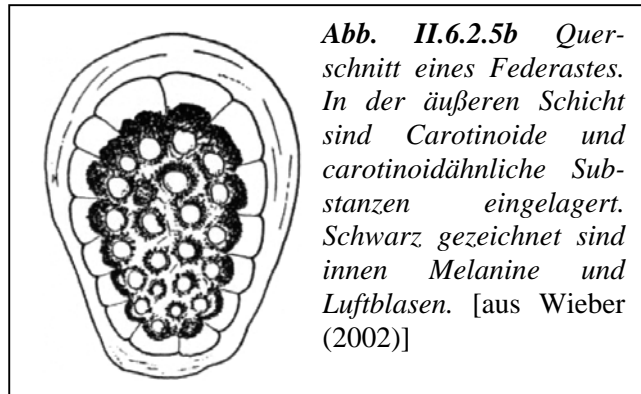
Strukturfarben werden nur durch die physikalischen Eigenschaften der Federn gesehen. Dabei können zwei grundlegende Strukturfarbwirkungen unterschieden werden.

Strukturfarbtöne entstehen entweder

1. durch die Absorption oder Reflexion des Lichts, wie dies beim Blauton des Eichelhäfers der Fall ist, oder
2. durch Schillern aufgrund von Lichtbrechungen.

Gemäß des Brechungsprinzips am Gatter wird das Licht hierbei durch den typischen Aufbau der Federn in seine Spektrallinien zerlegt. Die Grundfarbe der Feder kann dann zusätzlich zu einer Farbverstärkung und einem Schillern führen.

Strukturfarben entstehen etwa durch eine schuppenähnliche Oberflächenstruktur und beruhen meist auf der lichtbrechenden Wirkung von Melaninplättchen der darunter liegenden Federschichten, so Heitland, Bäumler (2002), die sogenannten Interferenzfarben.



Der Federast eines solchen Vogels trägt in der äußeren Schicht Carotinoide und carotinoidähnliche Substanzen (Wieber (2002)). Innen befinden sich Melanine und Luftblasen (siehe Abbildung II.6.2.5b). Diese Luftblasen streuen das Licht im Sinne einer Rayleigh-Streuung. An den für das menschliche unsichtbaren Teilchen, wie beispielsweise den Melaninen, bricht sich das Licht, so dass jetzt eine Farbwirkung entstehen kann, der sogenannte Tyndall-Effekt (Wieber (2002)).

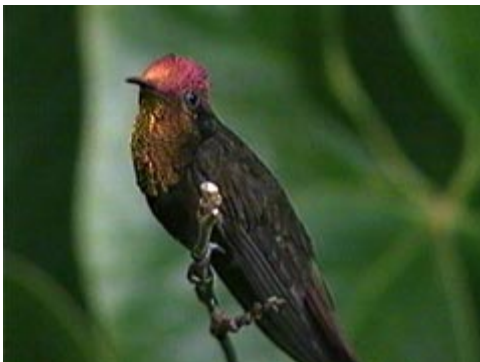


Abb. II.6.2.5c, d, e, f Die vier Abbildungen zeigen denselben Kolibri während einer Kopfdrehung zur Kamera hin. Deutlich wird hierbei, dass die Farbwirkung des Kopfgefieders nur bei einem bestimmten Stellungswinkel zum Licht und damit einem bestimmten Lichtreflexionswinkel zum Ausdruck kommt. [aus Sachs (2001)]

Endogene Pigmentierung durch Melanine

Das Kennzeichen endogener Pigmentierung ist, dass die Pigmente ausschließlich durch körpereigene Synthese- und Modulationsprozesse entstehen (vergleiche: Exogene Pigmentierung). Bisher sind lediglich Melanine als endogen synthetisierte Pigmente bekannt.

Diese lassen sich grob in die drei Gruppen der Eumelanine (schwarz), Phaeomelanine (abhängig von der Konzentration rot bis rotbraun und gelb) und der Gruppe der Trichochrome (siehe Abbildung II.6.2.5g) klassifizieren.

Melanin ist ein fast universelles Wirbeltierpigment, welches von spezialisierten Zellen im Federbalg gebildet wird. Es erscheint in Form kleiner Körnchen in den Federn, aber auch auf deren Oberfläche.

Die Pigmente werden zum Beispiel in Melanosomen gespeichert und an Keratinocyten weitergegeben und schließlich in der Feder gespeichert. Exemplarisch ist die Reaktions-

abfolge zur Synthese von Eumelanin wiedergegeben:

Tyrosin →
3,4-Dihydroxyphenylalanin →
Phenylalanin-3,4-chinon →
2-Carboxy-2,3-dihydro-5,6-dihydroxyindol →
2-Carboxy-2,3-dihydroindol-5,6-chinon →
5,6-Dihydroxyindol →
Indol-5,6-chinon (Eumelanin)

Wirkungsspektrum

Melanine können unterschiedliche Wirkungen erzielen, abhängig davon, ob sie

1. als **Zeichnungspigment**,
2. **Dunkelfaktor** oder
3. als **Grundfarbe** erscheinen.

zu 1.:

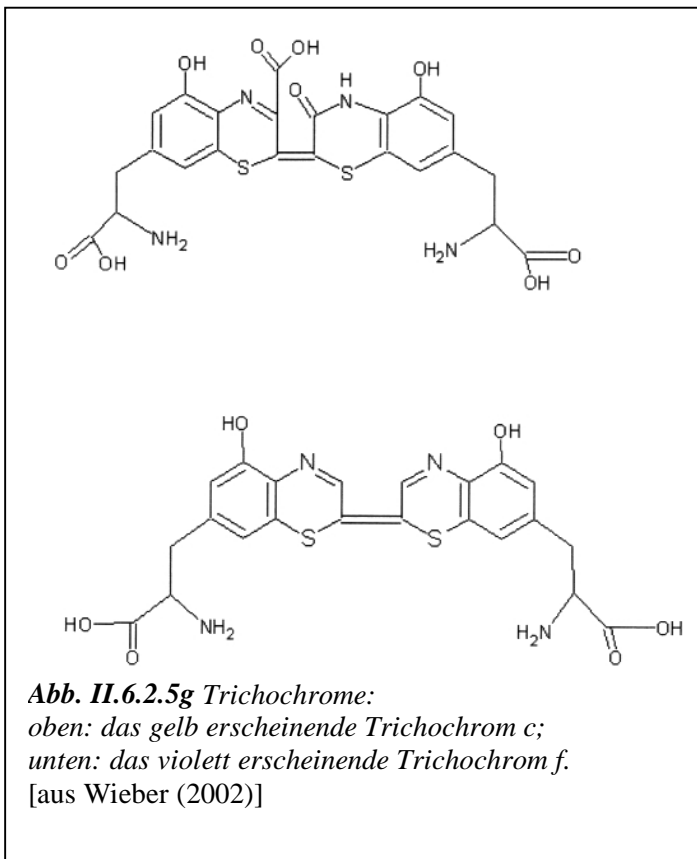
Sind Melanine nur auf bestimmte Körperpartien beschränkt, zeigt sich eine deutliche Zeichnung bzw. Musterung, wie dies bei der gewellten Gefiederzeichnung des **Wellensittichs** (*Melopsittacus undulatus*) der Fall ist.

zu 2.:

Die dunkleren Farbtöne vieler einheimischer Vogelarten entstehen dadurch, dass Melanine gleichmäßig dünn-schichtig auf bestimmten Körperregionen oder über die gesamte Körperoberfläche verteilt sind und so die eigentliche Gefiederfarbe abdunkeln.

zu 3.:

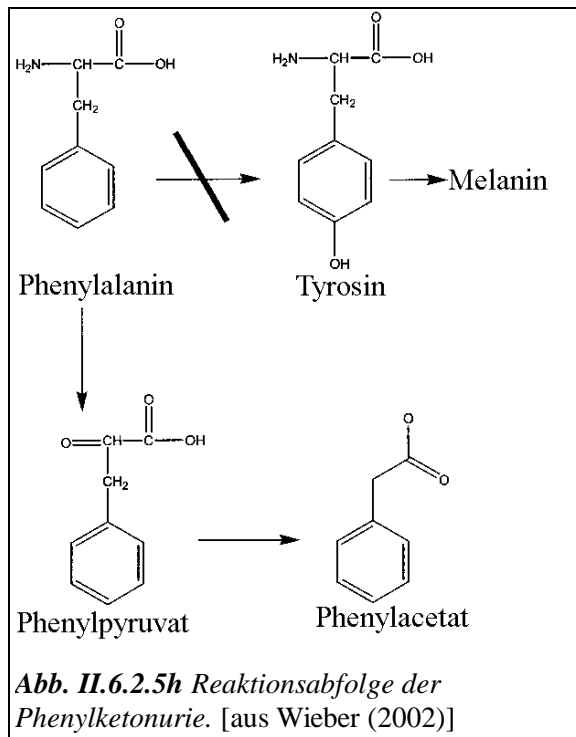
Fehlen Carotinoide oder überdeckt die Menge an Melanin diese vollständig, so trägt der Vogel ein rotbraunes, graues und/oder schwarzes Gefieder. Melanin stellt dann die Grundfarbe dar, wie dies bei Tauben, Hühnern und Rabenvögeln der Fall ist.



Defekte der endogenen Pigmentierung

Fehler in der Verteilung und / oder Synthese von Pigmenten können zu unterschiedlichen Ausprägungen führen. Zu unterscheiden ist generell zwischen einem abnormen Farbstoffausfall (Hypochromatismus) oder abnormen Farbstoffüberfluss (Hyperchromatismus) (Bezzel (1977)).

Einige **Wiesenweihen** (*Circus pygargus*)-Populationen sind dunkelbraun gefärbt, was auf eine Überproduktion an Melanin zurückzuführen ist. Dieser Hyperchromatismus wird Melanismus genannt.



Ein Beispiel für vorliegenden Hypochromatismus ist eine Beeinträchtigung oder ein Fehlen der Tyrosin-Synthese, was zu einer Unterversorgung an Melaninen führt, so dass einzelne oder alle Federpartien weiß bleiben. Eine vollständige Hemmung der Tyrosin-Bildung aus Phenylalanin führt statt des Endproduktes Melanin (über weitere Zwischenschritte) zum Phenylacetat. Dieses als Phenylketonurie bezeichnete Phänomen ist besonders unter dem Begriff Albinismus bekannt (siehe Abbildung II.6.2.5h). Alle Farbabweichungen, die auf einem einzelnen Farbstoffausfall basieren, andere Farbstoffe aber noch syntheti-

siert werden, werden unter dem Begriff Schizochromismus zusammengefasst.

Exogene Pigmentierung durch Carotinoide

Unter exogener Pigmentierung versteht man - im Gegensatz zur endogenen Pigmentierung durch Melanine - die Ablagerung von Pigmenten in den Federn, die ohne körpereigene Synthese oder aufwändige Modulation direkt in ihrer chemischen Struktur beispielsweise über die Nahrung aufgenommen werden. Der Farbstoff liegt demnach schon in der Nahrung (Körner, Insekten, Krebse, Mineralien usw.) vor und gelangt über den Verdauungstrakt und die Blutbahn an den Bildungsort der Feder. Dort wird der Farbstoff unmittelbar oder leicht modifiziert in die wachsende Feder eingelagert. Ist die Feder erst vollständig entwickelt, kann auch kein weiterer Farbstoff mehr integriert werden. Drei Varianten der Einlagerung sind bisher beschrieben worden.

1. Bei der ersten werden die Pigmente ohne Modulation direkt in die Federn eingebaut, zumal der Körper dieser Vögel die Farbstoffe nicht auf natürlichem Wege ausscheiden kann und daher in den Federn als absterbendes Hautanhangsgebilde auslagert.
2. Die zweite vorkommende Möglichkeit der Pigmenteinlagerung geschieht über eine Oxidation in spezialisierten Körperzellen, den Xanthophoren und Erythrophoren.
3. Sittiche beispielsweise modulieren aus der Nahrung aufgenommene Substanzen und bilden daraus die in die Federn einzulagernden Pigmente, die als carotinoidähnliche Substanzen Psittacin genannt werden.

Generell sind als exogene Pigmente zur Zeit nur Mitglieder aus der Gruppe der Carotinoide, die nach dem bekanntesten Vertreter, dem Carotin, benannt wurde, bekannt. Die Farbwirkung dieser Lipochrome ist gelblich oder rötlich bzw. orange. So erhält der Flamingo erst durch die Nahrungsaufnahme und damit Farbstoffaufnahme von Krebsen (Garnelen) seine charakteristische rosa Färbung (siehe Abbildung II.6.2.5i).



Abb. II.6.2.5i Rosa-Färbung bei Flamingos, aufgenommen im Zoo Neuwied.

Verantwortlich für den erzielten Farbton ist die Polyen-Struktur, die über ein System von elf bis zwölf konjugierte Doppelbindungen untereinander verbunden sind (Wieber (2002)). Carotinoide werden allein in pflanzlichen Zellen synthetisiert (100 Millionen Tonnen pro Jahr), gelangen über die Nahrungskette jedoch in viele tierische Organismen. Ihrer Eigenschaft, bei der Photosynthese der Pflanzen über ein konjugiertes Doppelbindungssystem kurzwelliges in langwelligeres Licht umzuwandeln, verdanken carotinoidehaltige Federn das Lumineszenzverhalten bei UV-Bestrahlung.

Carotinoide werden in zwei Untergruppen, die Carotine und die Xanthophylle, eingeteilt.

Carotine

Carotine, wie beispielsweise das α - oder β -Carotin, sind reine Kohlenwasserstoffe. Außer CH-Einheiten fehlen zusätzliche Gruppen völlig. Da Carotine Energie in Form von Licht im blauen bis grünen (sichtbaren) Farbspektralbereich absorbieren, wird nur der gelbe bis

rote Farbbereich reflektiert. Hieraus resultiert, dass die Federn im Farbbereich gelb bis rot gefärbt erscheinen.

Xanthophylle

Xanthophylle sind sauerstofftragende Carotinderivate, die Hydroxy-, Epoxy- oder Oxo-Gruppen besitzen können. Beispiele sind das Zeaxanthin, ein β -Carotinderivat, das in Maiskörnern vorkommt und gelbe Farbtöne erzeugt, das rote Farbwirkung erzeugende Violaxanthin, ein in Hummerschalen enthaltenes α -Carotinderivat, und das orange färbende Lutein, ebenfalls ein α -Carotinderivat. So findet sich Lutein im Kopfgefieder der **Gouldamadinen** (*Chloebia gouldiae* oder *Erythrura gouldiae*) (siehe Abbildung II.6.2.5j), bei Pirol, Finken und Ammern.

Besonders in halbreifen Samen sind Carotinoide anzutreffen. In ausgereiften Samen dagegen ist oftmals ein Großteil der Carotinoide durch Oxidation bereits unwirksam geworden. Die käuflichen Saatenmischungen im Tierhandel enthalten daher oft Zusatzpräparate wie Vitamine und spezielle Farbstoffe, wie das Canthaxanthin (E161g), so dass die Gefiederfarben auch bei in Gefangenschaft gehaltenen Vögeln natürlich wirken.



Abb. II.6.2.5j Das Kopfgefieder der Gouldamadine (*Chloebia gouldiae* oder *Erythrura gouldiae*) ist durch Lutein eingefärbt. [Reinhardt (2001)]

Zusammenfassung

In den vorangegangenen Abschnitten über die exogene bzw. endogene Pigmentierung und die Strukturfarben wurden die einzelnen Farbwirkungen bereits erläutert. Die erreichte Färbung ist jedoch teilweise so eindeutig, dass sie den Umkehrschluss ermöglicht. Anhand der Gefiederfärbung lässt sich so oftmals der dafür verantwortliche Mechanismus bzw. Farbstoff zuordnen. Dennoch ist Vorsicht geboten, da Farbkombinationen mehrerer Pigmente, Abwandlungen der Grundfarbstofftypen und andere Mechanismen einen wesentlichen Einfluss auf die tatsächliche Gefiederfarbe haben können.

Weitere Farben und färbende Mechanismen

Abwandlungen und Kombinationen mehrerer Mechanismen und Farbstoffe sind nicht selten. So wird bei Kanarienvögeln, Girlitz und Stieglitz die gelbliche Farbwirkung durch Einlagerung von sogenanntem Kanariexanthophyll, ein Abwandlung des Luteins, erreicht. Picofulvin färbt das Gefieder vieler Spechte gelbgrün.

- **Mischfarben** sind Komplexe zweier Pigmentfarben, oft Strukturfarben. So kann Blau etwa durch Überlagerung eines schwarzen Pigmentes durch farbloses, durchsichtiges Keratin entstehen, Grün durch Kombination von Carotinoiden mit Keratin.
- **Haftfarben** sind Auflagerungen von Farbstoffen von außen auf die schon verhornten Federn, beispielsweise aus der Bürzeldrüse, wie dies bei Pelikanen, Möwen und Seeschwalben geschieht. Die Grundfärbung des Bürzeldrüsensekrets ist leicht rosa. Aber auch Farben aus dem Biotop, wie Wasser, Baumrinde oder Boden, können angeheftet werden. Bei 42 Arten der Entenvogel ist die Rostfärbung aus dem Wasser nachgewiesen (Bezzel (1977)). Auch der **Bartgeier** (*Gypaetus barbatus*) erhält eine Rostfärbung, begünstigt

„durch die Struktur der weißen Unterseitenfedern“ und „den hohen Eisenoxidgehalt der Felshöhlen und -spalten seines Lebensraumes“ (Bezzel (1977)).

- **Ohne Farbstoff** ergeben sich weiße Färbungen, die durch strukturelle Mittel noch verstärkt werden können.
- Eine **Umfärbung** des Federkleides ist normalerweise nicht möglich, da Pigmente in der Feder als totem Gebilde nur einmal - bei der Entwicklung - eingelagert werden können. Pigmente sind jedoch lichtabhängig und bleichen mit der Zeit aus. Melanine sind dabei lichtbeständiger als die nicht in Partikeln sichtbaren Diffusfarbstoffe, die über die Nahrung aufgenommen werden. Strukturfarben bleiben sogar selbst in Versteinerungen erhalten (siehe weiter unten im Textkasten Kurz-Info Urweltfund im Westerwald). Die mechanische Beanspruchung der Federn führt beim **Hänfling** (*Acanthis cannabina*) oder beim **Bergfinken** (*Fringilla montifringilla*) zu einer Umfärbung des schlichten Jahreskleides, wobei eine leuchtend rote Brust beziehungsweise der schwarze Kopf des Prachtkleides der Männchen entsteht.



Abb. II.6.2.5k Feder eines Pfauen (mit Augmuster). Die Schillerfarben entstehen allein durch Änderung der Gitterabstände in der Gitterstruktur der Rindenschicht.

KURZ-INFO Strukturfarben bei Schillerfaltern

Strukturfarben sind kein Charakteristikum der Vögel. Auch bei anderen Tiergruppen lassen sie sich finden, so beispielsweise bei Schillerfaltern (aus der Familie der Nymphalidae), deren Verbreitungsgebiet von Ost-Österreich über Ungarn bis zur Balkanhalbinsel reicht. Beim **Großen Schillerfalter** (*Apatura metis*) und auch beim **Kleinen Schillerfalter** (*Apatura ilia*) kommen Strukturfarben bei den Männchen auf den Vorderflügeloberseiten vor, die den Schmetterling abhängig vom Lichteinfall blau schillern lassen.

Vom Großen Schillerfalter unterscheidet sich der Kleine Schillerfalter durch rötlichen Augenflecken an den Oberflügeln. Der Kleine Schillerfalter kommt neben der Grundform auch in der Form *clythie* (**Rotschiller**) vor. Bei dieser etwas selteneren Form sind Bänder und Flecken rötlich gefärbt. Bei der Grundform sind diese dagegen weiß. Die Männchen suchen in den warmen Tagesstunden sonnige Plätze auf und saugen mit Vorliebe an Exkrementen, wie Fuchskot. Aus dieser Nahrung entziehen sie Mineralien, welche sie zur Erreichung der Fortpflanzungsfähigkeit benötigen. Ein unter Schmetterlingsfreunden beliebtes Anlockungsmittel ist stark riechender Käse (Maier (1998)).



Abb. II.6.2.5l (links) Die Männchen der Großen Schillerfalter (*Apatura metis*) tragen auf der Oberseite der Vorderflügel Strukturfarben.

[Foto Oleg Kosterin, am 01.07.1996 in Sibirien, Russland, aus Maier (1998)]

Abb. II.6.2.5m (rechts) Deutlich sind hier beim Kleinen Schillerfalter (*Apatura ilia*) (in der Form Rotschiller, *Apatura ilia* f. *clythie*) die Schillerfarben zu erkennen.

[Foto Mario Maier, Juli 1996, Katzenstein in Bayern, Deutschland, aus Maier (1998)]

KURZ-INFO Urweltfund im Westerwald

Die bislang ältesten Überreste von Chitin sind in versteinerten Insekten in der Fossilagerstätte Enspel im Westerwald entdeckt worden. Der harte Baustoff aus den Panzern von Käfern ist 25 Millionen Jahre alt. Trotz dieses hohen Alters schillern die Fossilien in leuchtenden Farben, sie sind stahlblau, grünlich oder rötlich. „Das ist das älteste Chitin, das bisher wissenschaftlich exakt nachgewiesen werden konnte“, berichtete Michael Wuttke vom Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz in Mainz. Gemeinsam mit Artur Stankiewicz und britischen Kollegen stellte er den uralten Fund im US-Wissenschaftsjournal „Science“ vor.

Die Farben der versteinerten Käfer kommen durch das Chitin zustande. „Die Pigmente sind zerstört worden, doch die Strukturfarben sind erhalten geblieben“, sagte Wuttke. „Es sind dünne Chitinschichten, durch die das Licht gebrochen wird.“ [aus Berliner Zeitung, dpa/fwt (1997)]

II.6.2.6 GEFIEDERWECHSEL UND MAUSER

Abnutzungserscheinungen an Federn

Die Feder selbst ist keine lebende Struktur. So unterliegt sie mechanischen und witterungsbedingten Einflüssen ohne jede Regenerationsfähigkeit. Ab einem bestimmten Abnutzungszustand der Feder wird sie auch ohne direkte Verletzungen immer dünner und kann ihre eigentlichen Aufgaben nicht mehr ausreichend erfüllen. Durch Reibung der Federn aneinander, an Blättern, Ästen oder am Luftstrom brechen die Federn. Häkchen und Bogenstrahlen lösen sich auf.

Mauser

Im Vogeljahr stellt die in der Regel einmal jährliche Brutzeit eine besondere Beanspruchung dar. Im Allgemeinen findet daher auch der Federnwechsel einmal jährlich statt. Dieser periodische Federnwechsel wird Mauser genannt. Arten, die tarnende Schutzgefieder tragen, mausern dagegen meist mehrmals im Jahr, wie zum Beispiel Schneehühner, die dreimal im Jahr in die Mauser treten. Auch ist bei vielen Arten ein Wechsel zwischen einem Brut- und einem Schlichtkleid zu beobachten. Bei kleinen Vögeln dauert die Mauser etwa drei bis vier Monate.

Große Vögel, die sich oft im Gleitflug durch die Luft bewegen, wie dies bei Adlern oder Albatrossen der Fall ist, sind auf ihre Handschwingen angewiesen, da sonst der Energiebedarf für den Flug zu hoch werden würde. So werden bei ihnen immer nur sehr wenige Federn gleichzeitig ausgewechselt und die komplette Mauser und damit der Ersatz sämtlicher Federn dauert daher bis zu zwei Jahre. Die nächste Mauser kann bei Abschluss eines Mauserzyklus schon begonnen haben (Burton (1991)). Kraniche werfen ihre Schwungfedern alle zwei Jahre ab und sind dann für acht Wochen flugunfähig (Nachtigall (1985)).

Prinzipiell können also zwei Grundtypen der Mauser unterschieden werden:

1. Der synchrone Abwurf aller Federn, der eine zeitweise Flugunfähigkeit zur Folge hat (Vollmauser), und
2. Mauserung über einen längeren Zeitraum, bei dem die volle Flugfähigkeit erhalten bleibt.

Neben der Vollmauser kommt auch die sogenannte Teilmauser vor, bei der bestimmte Körperpartien ausgespart werden.

Vollmauser

Vollmausern, auch Totalmausern genannt, gibt es bei Enten, Gänsen, Rallen, Kranichen, etlichen Alken und Seetauchern. Auf Rückzugsgebieten, die vor Feinden sicher sind, wie offenes Wasser, einige Inseln oder in Gebieten mit dichter Vegetation, mausern sie in relativ kurzer Zeit vollständig. Für diese Zeit sind sie flugunfähig.

Bei **Nonnengänsen** (*Branta leucopsis*), die ihren Namen ihrer auffälligen Schwarz-Weiß-Färbung verdankt, dauert die Vollmauser im Überwinterungsgebiet etwa fünf Wochen, wobei sie nur 25 Tage flugunfähig sind. Während dieser Zeit verlieren sie stark an Gewicht, legen in der Zugvorbereitung im Frühjahr allerdings wieder erheblich an Gewicht zu (Spilling (1999)).

Der Vorteil der Vollmauser scheint darin zu liegen, dass besonders bei großen Vögeln die Flügelflächenbelastung bereits beim Verlust weniger Federn so groß werden würde, dass der Flug zu energieaufwändig würde (Burton (1991)).

Generalisierend lässt sich feststellen, dass die Mauser bei den Arten, die ihre Nahrung im Flug erjagen müssen, nur sehr schwach ausgeprägt ist, dagegen beispielsweise bei Hühner- und Entenvögeln stark ist.

Zeitraum und Steuerung der Mauser

Zwei Enten beobachten Menschen am Nacktbadestrand. Sagt die eine: „Wie wir, die sind alle zur gleichen Zeit in der Mauser!“

Der Aufbau einer neuen Feder kostet nicht nur viel Energie, sondern benötigt zusätzlich eine ausreichende Menge an Proteinen, deren Bedarf über die Nahrung gedeckt werden muss. Daher fällt die Mauser der Vögel normalerweise in eine Zeit, in der kein Nahrungsmangel herrscht oder ein hoher Energiebedarf bei der Brut oder auf dem Weg- oder Heimzug vorliegt. Die reguläre Zeit für die Mauser ist deshalb kurz nach der Brutsaison, bei einigen Arten auch schon kurz vor Abschluss der Brut. Einige Arten, wie Schwalben, Segler, Kuckucke und der **Wiedehopf** (*Upupa epops*), mausern jedoch auch erst nach Erreichen der Winterquartiere. Die **Mönchsgrasmücke** (*Sylvia atricapilla*) mausert noch einmal vor dem Heimzug in die Brutgebiete. Schon ein kurzzeitiger Nahrungsmangel führt dazu, dass die zu diesem Zeitpunkt gebildete Feder eine Schwachstelle behält, die später abbrechen kann, oder die Fahne an der gerade gebildeten Stelle keine Bogenstrahlen erhält. Die Mauser wird durch einen endogenen Jahresrhythmus in Abhängigkeit vom (Sonnen-)

licht gesteuert. Lichtquanten beeinflussen hierbei das Schilddrüsenhormon Thyroxin, das die Mauser auslöst. Sexualhormone (Androgene und Östrogene) dagegen hemmen sie. Der höhere Energiebedarf der Vögel bei der Mauser zeigt sich beispielsweise bei Singvögeln, die einen um 5 bis 30 Prozent höheren Grundumsatz aufweisen. Bei mausernden Gimpeln liegt die durchschnittliche Körpertemperatur um 0,8 bis 1,0° Celsius höher (Bezzel (1977)).

Schreckmauser

Eine Sonderform der Mauser ist die sogenannte Schreckmauser, bei der Federn ganzer Federfluren (Steuer- und Konturfedern der Unterseite) bei Auftauchen von Beutegreifern abgeworfen werden. Die Ablenkung des Räubers ist die Folge und damit die Chance gegeben, dem Feind zu entkommen. Die Federn selbst werden binnen weniger Tage ersetzt.

Abfolge der Gefiederkleider

Im Lauf eines Vogellebens trägt der Vogel meist unterschiedliche Gefiederkleider. Bei etlichen Vogelarten, wie bei Bienenfressern, Eisvögeln, Racken, einigen Spechten und vielen anderen Arten, schlüpfen die Jungen zunächst nackt aus ihren Eiern.

KURZ-INFO Abwurf von Körperstrukturen als Analogie

Eine evolutiv gleichsam entwickelte Analogie zur bei einigen Vogelarten vorkommenden Schreckmauser ist der Schwanzabwurf bei Eidechsen und Geckos. Wenn sie von einem Angreifer, wie Marder, Wiesel oder Greifvogel, unmittelbar bedroht werden, können sie den Verlust des Schwanzes aktiv herbeiführen. So weist vom sechsten Wirbel an jeder Schwanzwirbel der **Smaragdeidechse** (*Lacerta viridis*) eine vorgebildete Bruchstelle auf. Ein starkes, plötzliches Zusammenziehen der Ringmuskeln der jeweiligen Schwanzpartie kann sie so je nach Bedarf einen kleineren oder größeren Teil ihres Schwanzes abwerfen. Das selbstständige Nervensystem des Schwanzfragments lässt den abgetrennten Schwanzteil noch bis zu zwanzig Minuten lang heftig zappeln. Während der Räuber vom zappelnden Schwanzteil abgelenkt wird, flüchtet die jetzt schwanzlose Eidechse. Oftmals gelingt es ihr so, dem Feind zu entkommen. In kurzer Zeit wächst der Eidechse ein neuer Schwanz. An die Stelle der Wirbelsäule tritt nun als Stützelement im nachgewachsenen Schwanzsegment ein ungegliederter Knorpelstab, der keine vorgegebenen Sollbruchstellen mehr aufweist (Kappeler/WWF (1983)).

Die Jungen anderer Arten tragen dagegen oft eine Federbedeckung aus Dunen. Diese Nestlingsdunen (Neoptile) sitzen den definitiven Federn (Teleoptile) lediglich als Vorläufer auf (Bezzel (1977)). Mit Wachsen der Konturfedern schieben sich die Nestlingsdunen hinaus, die somit nur ein besonders strukturierter Teil der Konturfedern und von diesen über eine Wachstumsunterbrechung separiert sind.

Nesthocker haben anfangs nur eine dünne Beduenerung, wohingegen Nestflüchter schon zu Beginn ein dichtes, variabel gefärbtes Dunenkleid haben.

Bei Eulen folgt nach dem Nestlingsdunenkleid zunächst noch ein halbduniges Kleid (Mesoptile), das die Neoptile auf den Spitzen trägt. Dies stellt das Jugendkleid der Eulen dar. Dieses halbdunige Kleid (Zwischenkleid) wird jedoch bald nach dem Flüggewerden gegen das endgültige Gefiederkleid ausgetauscht. Bei anderen Vogelarten folgt ein direkt aus Konturfedern gebildetes Jugendkleid. Nur Arten, die spät geschlechtsreif werden, bilden noch ein zweites oder sogar drittes Jugendkleid, ehe der Vogel das Alterskleid (Adultkleid) trägt. Das Adultkleid wird bei Vogelarten mit Jahreskleid fortan zeitlebens getragen und bleibt immer gleich.

Individuen vieler Vogelarten wechseln aber auch mit dem regelmäßigen Gefiederwechsel zwischen einem Brutkleid, auch Prachtkleid genannt, und einem Ruhekleid, auch als Schlicht- oder Winterkleid bezeichnet. Oft zeigt sich beim Brutkleid ein deutlicher sexueller Dimorphismus, d. h. Männchen und Weibchen tragen unterschiedlich gefärbte Gefieder. Bei vielen Arten gleichen sich die Ruhekleider von Männchen und Weibchen.

Zweck der spezifischen Gefiederfärbungen

Die Färbung einer einzelnen Feder lässt ihren Zweck normalerweise nicht erkennen. Erst im Zusammenwirken aller Federn im ganzen Gefieder zeigt sich ihre Aufgabe, die artspezifisch den verschiedensten Zielsetzungen gerecht wird.

Die Feder als Ausscheidungsorgan

Einige Arten, wie beispielsweise Flamingos, können aufgenommene Farbstoffe nur über die Federn ausscheiden.

Färbung als Abnutzungsschutz

Farblose, weiße Federn nutzen sich schneller ab als stärker gefärbte. Besonders bei schwarz-weiß gezeichneten Möwen (*Larus*) lässt sich beobachten, dass die weißen Feder Spitzenanteile durch die Abnutzung verschwinden, wohingegen die schwarzen Anteile erhalten bleiben. Dies zeigt sich auch bei einigen Strandvögeln und Spechten. Bezzel (1977) sieht im geringeren Abnutzen dunkler Federpartien die Begründung, warum viele weiße Gefieder tragende Vögel dunkle Flügelspitzen haben, wie der **Koskoroba-Schwan** (*Coscoroba coscoroba*) oder die **Weißer Schneegans** (*Anser caerulescens*).

Kälteschutz, Wärmeleitung und Tarnung

Pinguine tragen ein schwarz-weißes Gefieder. Die Oberseite ist schwarz, die Unterseite weiß. Ein unter einem schwimmenden Pinguin tauchender Räuber wird ihn durch die helle Gefiederunterseite leichter übersehen als einen dunklen Körper. Die weißen Federn bieten daneben aber auch eine effektive Wärmeisolation gegen das kalte Wasser, zusätzlich zur Isolation durch Öle im Gefieder. Die dunklen Federn der Körperoberseite dienen der Wärmeleitung der Sonneneinstrahlung. Auch andere Polarvögel, wie die **Trottellummen** (*Uria aalge*) (siehe Abbildung II.6.3.2f), tragen ein Schwarz-Weiß-Gefieder.

Kommunikation

Gefiederfärbungen dienen auch der inner- oder extraartlichen Kommunikation. Die Männchen und Weibchen der **Schönloris** (*Charmosyna placentis*) (siehe Abbildung II.6.2.5a) können sich dank der unterschiedlichen Gefiederfarben sofort erkennen. Besonders bei tropischen Vögeln fallen die farbenfrohen Gefieder auf. Die Geschlechtsunterschiede sind bei den Schönloris zwar deutlich zu erkennen, dennoch sind beide gleichermaßen bunt gefärbt. Bei vielen Arten trägt jedoch nur ein Geschlecht ein auffällig farbenfrohes Gefieder, meist das Männchen, während das andere Geschlecht, meist das Weibchen, ein tarnendes Gefieder trägt (siehe Abbildung II.6.2.6a).



Abb. II.6.2.6a Stockenten (*Anas platyrhynchos*). Das Weibchen ist tarnfarben bräunlich gefleckt, während das Männchen im Brutkleid besonders am Kopf leuchtende Farben trägt. [aus Nicolai (1982)]

Bei vielen Finken, Hühnervögeln und Paradiesvögeln hat das Männchen die Rolle des aggressiven Geschlechtspartners übernommen. In der aktiven Balz wirbt hier das Männchen um die Gunst des Weibchens. Dabei bevorzugt das Weibchen das Männchen mit den für sie besten Merkmalen. Dem Gefieder und seiner Färbung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Tarngefieder

Die Gefiederfärbung ist allerdings nicht immer auffallend. Oft dient sie gerade der Tarnung. Die drei hier vorgestellten Beispiele, die **Winternachtschwalbe** (*Phalaenoptilus nuttallii*) (siehe Abbildung II.6.2.6b), der **Eulenschwalm** (*Podargus strigoides*) (siehe Abbildung II.6.2.6c) und der **Riesentagschläfer** (*Nyctibius grandis*) (siehe Abbildung II.6.2.6d), sollen exemplarisch für die vielfältigen Tarngefieder der unterschiedlichen Vogelarten stehen.

Warngefieder

Einige Vogelarten zeigen genau Gegenseitliches. Sie fallen besonders durch ihr Warngefieder auf. In einem interessanten Versuch, hat H. B. Scott den Zusammenhang der Essbarkeit von Vögeln und ihrer Gefiederfärbungen untersucht. Katzen und Hornissen dienten als „tierische Prüfer“, wohingegen er selbst die Arten nach Warn- und Tarngefiedern einteilte. Dabei zeigte sich, dass Individuen der Vogelarten, die besonders durch eine Warntracht auffielen, den Katzen und Hornissen sehr schlecht „schmeckten“, die Tarngefieder tragenden Individuen jedoch sehr genießbar waren. So wurden die sehr gut dem Untergrund angepassten **Feldlerchen** (*Alda arvensis*) den auffällig gezeichneten Schmätzern (*Oenanthe*) klar vorgezogen (Bezzel (1977)).



Abb. II.6.2.6b Die Winternachtschwalbe (*Phalaenoptilus nuttallii*) hat eine Gefiederfärbung wie Fels und Schotter. Sie tarnt sie hervorragend vor ihren Feinden. [Arizona, USA, Foto John Shaw / Auscape, aus del Hoyo 5 (1999)]



Abb. II.6.2.6c Bei Gefahr oder wenn er sich beobachtet fühlt, stellt sich der Eulenschwalm (*Podargus strigoides*, hier Subspezies: *phalaenoides*) wie eingefroren aufrecht hin, schließt die Augen und geht so in Tarnung. Die Anpassung der Gefiederfarben geht so weit, dass die einzelnen Arten oft so gefärbt sind, wie die Bäume, in denen sie ihren Schlafplatz haben. [Cape York Peninsula, Queensland, Australien, Foto Clifford und Dawn Frith, aus del Hoyo 5 (1982)]



Abb. II.6.2.6d Das Verbreitungsgebiet des Riesentagschläfers (*Nyctibius grandis*, hier Subspezies: *grandis*) reicht von Nicaragua bis ins nördliche Südamerika. Der Riesentagschläfer schläft gerne in der prallen Sonne, mit dem Kopf von der Richtung der Sonnenstrahlen abgewendet. Oft verharrt er stundenlang ohne Bewegung in dieser Körperhaltung. Er hat innerhalb seiner Familie die höchste Variabilität in den Gefiederfarben. Manche Individuen sind auch fast vollständig weiß gefiedert. Es scheint hierbei eine Korrelation zwischen dem bewohnten Habitat und der Gefiederfärbung der unterschiedlichen Population zu existieren. [Venezuela, Foto Francois Gohier, aus del Hoyo 5 (1982)]

II.6.3 ALLGEMEINE FLUGTECHNIKEN

II.6.3.1 EINFÜHRUNG

Von allen Fortbewegungsarten nimmt der Flug die energiezehrendste Position ein. Der (flugfähige) Vogel muss daher auf vielfältige Art an diese Aktivität angepasst sein. So stellt das Atmungssystem über die Lungen große Mengen Energie zur Verfügung (siehe Kapitel II.1.4). Die Flugmuskeln sind dauerbelastbar und kräftig entwickelt, um den Anstrengungen des Flugs gewachsen zu sein (siehe Kapitel II.5.2). Auch sind Skelett und innere Organe gewichtsreduzierend entwickelt (siehe Kapitel II.5.1). Der Körperbau ist nach aerodynamischen Gesichtspunkten an das Fliegen ausgerichtet. Der Organismus Vogel ist ganz auf das Fliegen ausgerichtet (mit Ausnahme einiger flugunfähiger Vögel). Dennoch sind Variationen und Anpassungen innerhalb der Vögel groß.

In Wechselwirkung zwischen ökologischer Nische und Organismus haben sich teilweise

völlig differierende Lebensformen und -typen entwickelt. So werden auch beim Flug die unterschiedlichen Anpassungen deutlich. Beispielsweise ist der selektive Druck zur Energiekostensparnis beim Flug für die gesellig lebenden **Mauersegler** (*Apus apus*), die einen Großteil ihres Lebens in der Luft verbringen, viel höher als für die meist im Dickicht hüpfenden **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*). Mauersegler verbringen durchschnittlich 16,6 Stunden, Rotkehlchen hingegen nur 0,5 Stunden am Tag in der Luft.

Bevor nun auf einzelne Anpassungen, besondere Merkmale und Flugarten eingegangen werden kann, müssen die grundlegenden Flugprinzipien beschrieben werden. Sie stellen die physikalische Basis jedes fliegenden Vogels dar. Auf ihrer Grundlage konnten erst die mannigfaltigen Variationen des Flugs entstehen.

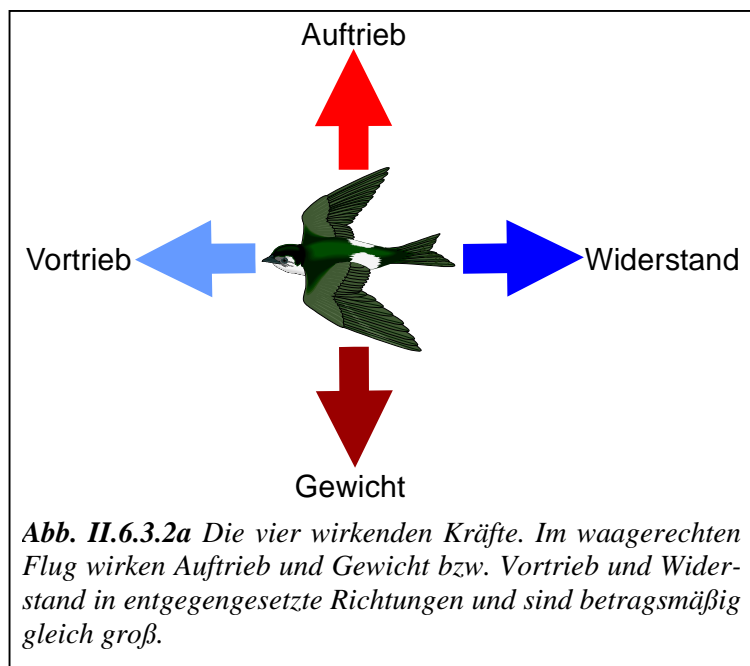
II.6.3.2 FLUGPRINZIPIEN

Kräftepaare

Die Flügel eines Vogels sind wie auch die Tragflächen eines Flugzeugs immer vier Kräften ausgesetzt: Gewicht (Schwerkraft), Auftrieb, Vortrieb und Widerstand. Dabei wirkt der Auftrieb definitionsgemäß immer senkrecht zur Anströmung, wie Lillienthal den Begriff einführte. Bei geradem und waagrecht Flugkurs befinden sich Gewicht und Auftrieb im Gleichgewicht, der Widerstand wirkt dem Vortrieb in entgegengesetzter Richtung entgegen (siehe Abbildung II.6.3.2a).

Einheitlich in allen Abbildungen sind folgende Farben verwendet:

Widerstand = *blau*, Vortrieb = *hellblau*, Auftrieb = *rot*, Gewicht = *dunkelrot*, Luftkraftresultierende = *violett*, Luftstrom = *grün*



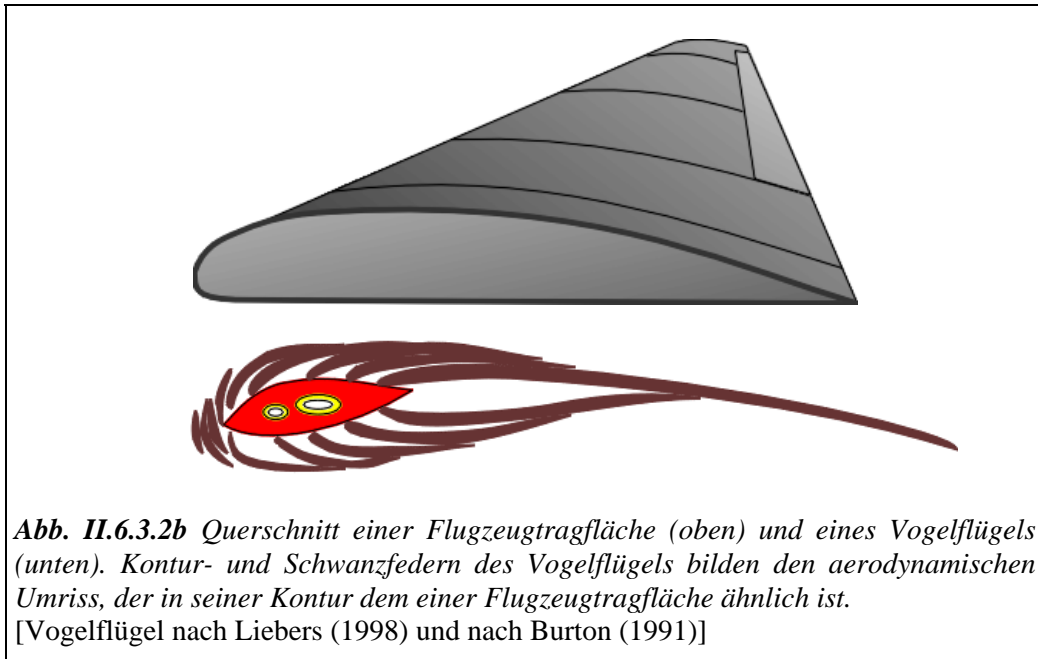


Abb. II.6.3.2b Querschnitt einer Flugzeugtragfläche (oben) und eines Vogelflügels (unten). Kontur- und Schwanzfedern des Vogelflügels bilden den aerodynamischen Umriss, der in seiner Kontur dem einer Flugzeugtragfläche ähnlich ist. [Vogelflügel nach Liebers (1998) und nach Burton (1991)]

Auftrieb

Um den Körper von Vogel und Flugzeug in der Luft halten zu können, müssen die Flügel bei der Bewegung durch die Luft ausreichend Auftrieb erzeugen. Dabei ist die äußere Form des Flügels von wesentlicher Bedeutung.

Der Vergleich des Querschnitts einer Flugzeugtragfläche und eines Vogelflügels offenbart die nicht zufällig identische aerodynamische Grundlage des Fluges. Beide Querschnitte zeigen eine vorne gerundete, nach hinten in einer Wölbung nach unten spitz zu laufende Struktur (siehe Abbildung II.6.3.2b).

Der Luftstrom teilt sich beim Auftreffen auf den Flügel in einen oberen und einen unteren Teilstrom. Oberhalb des Flügels muss der Teilstrom durch die Wölbung bedingt einen längeren Weg zurücklegen als derjenige unterhalb des Flügels. Diese Wegverlängerung kann nur durch eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des oberen Teilstroms ausgeglichen werden. Die erhöhte Geschwindigkeit des Luftstroms oberhalb des Flügels

hat dort einen erniedrigten Luftdruck zur Folge (siehe Abbildung II.6.3.2c).

Dem Schweizer Physiker Daniel Bernoulli (1700-1782) zu Ehren wird der Druckabfall Bernoulli-Effekt genannt. Er entspricht im Prinzip dem erniedrigten Wasserdruck und der erhöhten Wassergeschwindigkeit innerhalb einer Verengungsstelle eines Wasserrohres.

Unterhalb des Flügels verlangsamt sich der Luftstrom, der eine Erhöhung des dortigen Luftdrucks zur Folge hat. Luftdruckerhöhung unterhalb und Luftdruckerniedrigung oberhalb des Flügels erzeugen den resultierenden Auftrieb.

Die Wölbung des Flügels ist somit verantwortlich für den Auftrieb. Dabei kann die Art der Wölbung die Intensität des Auftriebs beeinflussen, da beispielsweise eine steilere Wölbung den Weg der oberen Luftströmung stärker verlängert und den Luftdruck deutlicher erniedrigt als eine flachere Wölbung.



Widerstand

Induzierter Widerstand

In entgegengesetzter Richtung zum Vortrieb wirkt als Kraft der Widerstand. Er ist zum Teil bedingt durch die Bewegung des Flügels und wird induzierter Widerstand genannt. Die an der Flügelunterseite entlang strömende komprimierte Luft hat an den Flügelrändern das Bestreben, nach oben zu strömen, um dort den erniedrigten Luftdruck zu kompensieren. An den Flügelseitenkanten und Flügelspitzen entstehen so kleine Luftverwirbelungen, die vortriebshemmend wirken. Die Reduktion dieser Ausgleichsströme und somit dieses Widerstandes ist demnach von Bedeutung für die äußere Gestalt des Flügels. Der induzierte Widerstand ist besonders bei geringen Geschwindigkeiten groß.

Rumpfwiderstand

Hinzu kommt der sogenannte Rumpfwiderstand, der beim Luftumströmen des Rumpfes erzeugt wird. Da dieser Widerstand mit zunehmender Geschwindigkeit wächst, besteht bei schnell fliegenden Vögeln ein starker Selektionsdruck hin zu guter Stromlinienkörper- und -flügelform.

Flügelwiderstand

Ebenfalls mit Erhöhung der Geschwindigkeit wächst der Widerstand am Flügel (Flügelwiderstand). Er entsteht durch Reibung der Luft

an den Flügeloberflächen und durch sich an der Hinterkante der Flügel ablösende Wirbel.

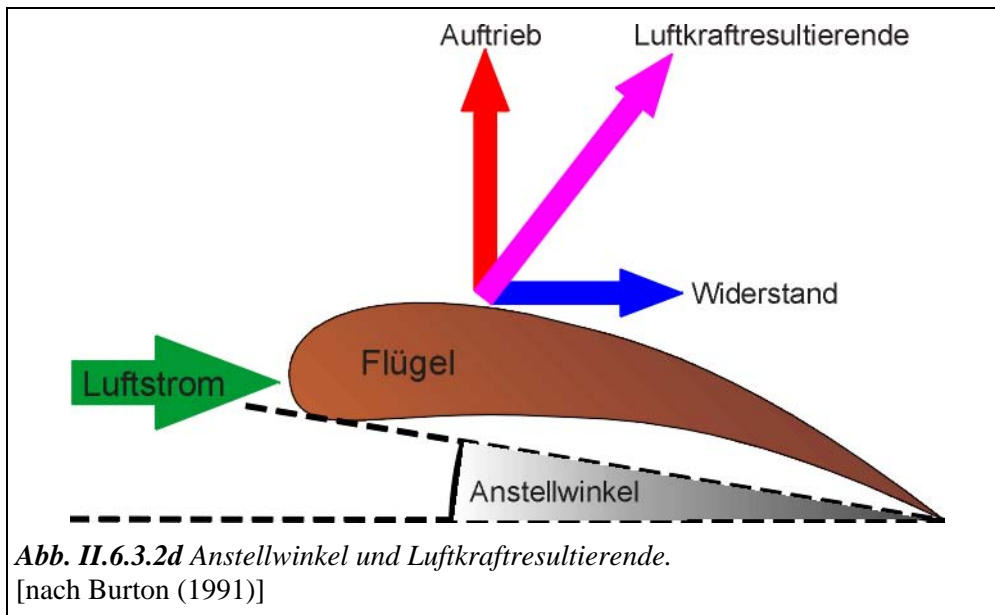
Anstellwinkel und Auftriebs-Widerstands-Verhältnis

Trifft ein Luftstrom auf einen Flügel, so entsteht durch die schon beschriebenen oberen und unteren Teilströme ein Auftrieb. Gleichzeitig ist auch der Widerstand, dem der Flügel im Luftstrom ausgesetzt ist, wirksam.

Beide Kräfte zusammen, Auftrieb und Widerstand, üben auf den Flügel eine gemeinsam wirkende Kraft aus. Aus dem Kräfteparallelogramm von Auftrieb und Widerstand lässt sich mittels einfacher Vektoraddition die Stärke und Richtung der resultierenden Kraft als sogenannte Luftkraftresultierende ermitteln.

Der Quotient aus Auftrieb und Widerstand beschreibt als Auftriebs-Widerstands-Verhältnis die Nettokraftwirkung auf den Flügel. Dieses Verhältnis sollte möglichst groß sein, dies heißt hoher Auftriebswert bei geringem Widerstand.

Der Flügel befindet sich jedoch nicht immer in der bisher modellhaft angenommenen horizontalen Lage zur Luftströmung. Weicht die Lage des Flügels von dieser Horizontalen ab, wird dies durch den Anstellwinkel angegeben. Als Anstellwinkel des Flügels bezeichnet man demnach den Winkel zwischen Anströmung und Flügel (siehe Abbildung II.6.3.2d).

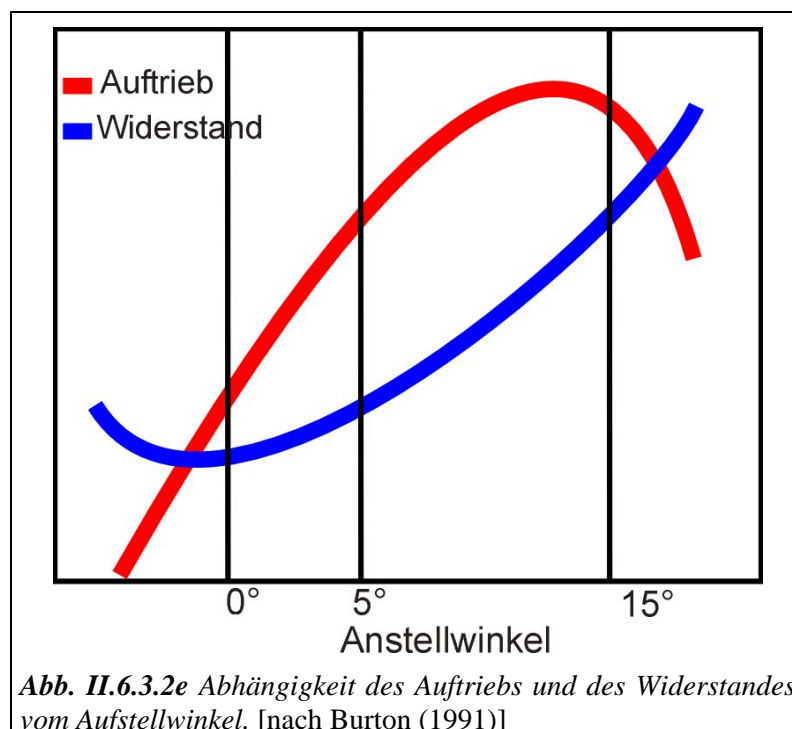


Durch Variation dieses Winkels verändert sich auch das Auftriebs-Widerstands-Verhältnis.

Bei einem Anstellwinkel von 0° , d. h. der Flügel ist waagrecht, sind Auftrieb und Widerstand sehr gering (siehe Abbildung II.6.3.2e). Vergrößert der Vogel nun den Winkel, so wächst die Auftriebskraft zunächst stärker als der Widerstand. Das maximale Auftriebs-Widerstands-Verhältnis liegt zwi-

schen 3° und 5° . Darüber hinaus wächst nun auch der Widerstand sehr schnell an. Oberhalb von 12° bis 16° löst sich der Luftstrom teilweise vom Flügel, so dass es zu Luftverwirbelungen kommt. Diese Wirbel lassen den Wert des Auftriebs stark abfallen, wohingegen der Widerstandswert weiter wächst.

Optimal ist es demnach, wenn der Vogel beim Flug die Flügel auf einen (artspezifischen) Anstellwinkel zwischen 3° und 5° einstellt.



Weitere Faktoren beeinflussen den Flug eines Vogels. Die Flügel unterscheiden sich arttypisch nicht nur in der Größe (Fläche), sondern daneben auch in der grundsätzlichen Form. Diese Formen- und Größenmannigfaltigkeit ist auf die jeweilig besetzten ökologischen Nischen jeder Art zurückzuführen. So bedingen alle relevanten Lebensfaktoren einer Vogelart in gegenseitiger Beeinflussung mit der Lebensweise einer Art nicht nur die Ausprägung der Flügelstrukturen, sondern des ganzen Organismus. Um die Formen, Flächengrößen und den Energiebedarf der verschiedenen Vogelarten überhaupt miteinander vergleichen zu können, muss man Vergleichsgrößen schaffen, wie beispielsweise die wichtigen Begriffe Flügelflächenbelastung und Flügelstreckung.

Flügelflächenbelastung

Unter der Flügelflächenbelastung versteht man das Verhältnis zwischen Gewicht eines Vogels und seiner Flügelfläche. Ein Vogel mit hoher Flügelflächenbelastung, also mit hohem Gewicht bei kleinen Flügeln, muss entsprechend schnell fliegen, um den ausreichenden Auftrieb zu erzeugen. Dagegen kann ein Vogel mit niedriger Flügelflächenbelastung langsamer fliegen, ohne an Höhe zu verlieren.

Seetaucher haben einen sehr hohen Flügelflächenbelastungswert. Daher können sie nur mit langem Anlauf starten und auch nur langsam aufsteigen. Eine ähnlich hohe Flügelbelastung findet sich bei Albatrossen (siehe Tabelle II.6.3.2f). Sie behelfen sich beim Starten in die Luft damit, dass sie die günstigen Aufwinde von Klippen oder Wellen nutzen.

Bei **Trottellummen** (*Uria aalge*) (siehe Abbildung II.6.3.2g) und **Tordalken** (*Alca torda*) haben die hohe Flügelflächenbelastungswerte zur Folge, dass selbst der Verlust nur weniger Federn schon den Flug zu anstrengend werden lässt. Dies wird als Grund für die bei ihnen zu beobachtende Totalmauser mit dem Verlust der Flugfähigkeit gesehen.



Abb. II.6.3.2g Trottellummen (*Uria aalge*) hier im Brutkleid, rechts eine Färbungsvariante mit weißem Augenring. [aus Nicolai (1982)]

| FLÜGELFLÄCHE/-BELASTUNG BEI INSEKTEN (in g, cm ² , g/cm ²) UND BEI VÖGELN (in kg, m ² , kg/m ²) | |
|---|-------------------------|
| Zuckmücke (<i>Chironomus</i>) | 0,012 0,05 0,0240 |
| Kohlweißling | 0,100 15,80 0,0063 |
| Kleiner Fuchs | 0,114 8,80 0,0113 |
| Schwalbenschwanz | 0,235 16,90 0,0139 |
| Rubinkolibri | 0,0024 0,001 2,4 |
| Rauchschwalbe | 0,012 0,014 1,4 |
| Kohlmeise | 0,021 0,010 2,1 |
| Wanderfalke | 0,585 0,154 3,8 |
| Rabe | 0,636 0,205 3,1 |
| Mantelmöwe | 1,607 0,206 7,8 |
| Adler | 4,151 0,593 7,0 |
| Höckerschwan | 9,792 0,576 17,0 |
| Albatros | 9,828 0,622 15,8 |

Tab. II.6.3.2f Vergleich der Flügelflächen und Flügelflächenbelastungen. [zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (2002)]

Variationsmechanismus der Flügelflächenbelastung

Auf Beutejagd kreisen Greifvögel in großen Spiralen durch die Luft, um dann pfeilartig nach unten auf die Beute zu schießen. Zum Segeln in der Thermik sind niedrige Flügelflächenbelastungen wichtig. Bei einem zu hohen Wert könnte sich der Vogel im Segelflug nicht in der Luft halten.

Beim Sturzflug dagegen ist es entscheidend, dass der Greifvogel sehr schnell eine hohe Geschwindigkeit erreicht, damit der potentiellen Beute keine Zeit mehr zur Flucht bleibt.

Das schnelle Erreichen einer hohen Geschwindigkeit steht aber in Korrelation mit dem Körpergewicht. Greifvögel müssen daher auch eine hohe Flügelflächenbelastung aufweisen können. Sie verfügen daher über einen Mechanismus, der es ihnen ermöglicht, die Flügelflächenbelastung je nach Situation zu variieren. Beim langsamen Segelflug breiten sie die Handschwingen der Flügel zur Erniedrigung der Flügelflächenbelastung weit aus. Zusätzlich fächern sie die großen Schwanzfedern aus und erreichen damit eine weitere Reduktion der Flügelflächenbelastung um ganze 20 Prozent. Die Abbildung II.6.3.2h zeigt einen **Turmfalke** (*Falco tinnunculus*) in einer solchen Fluglage. Im Sturzflug dagegen faltet er seine Handschwingen und die Schwanzfedern ein und reduziert so den Widerstand der Flügelfläche und damit den Auftrieb.

Energie sparen

Für bodenlebende Vögel spielt es keine Rolle, ob die Nahrung ein hohes oder niedriges Gewicht hat. Für denjenigen Vogel jedoch, der sein Futter in der Luft transportieren muss, ist es entscheidend, ob er die dafür benötigte Kraft aufbringen kann. Die durch den zusätzlichen Ballast erhöhte Flügelflächenbelastung behindert ihn. Kleine Vögel können dennoch Nahrung transportieren, die teilweise so schwer ist wie sie selbst. Bei großen Vögeln



Abb. II.6.3.2h Turmfalke (*Falco tinnunculus*) mit weit ausgebreiteten Handschwingen und Schwanzfedern zur Reduktion der Flügelflächenbelastung. [aus Burton (1991)]

mit ebenso großen Nahrungsportionen dagegen wird der Einfluss der Energiekosten für den Transport bedeutsamer. Um Energiekosten zu sparen, versteckt der **Turmfalke** (*Falco tinnunculus*) daher seinen ersten Fang, wenn Futter reichhaltig zu finden ist. Er frisst seine erste Beute nicht und erhöht daher auch nicht die Energiekosten des Rüttelflugs durch zusätzliches Gewicht und damit die Flügelflächenbelastung. Erst abends kehrt er zum Versteck der Beute zurück, um sie zu fressen und mit gefülltem Kropf zu schlafen.

Flügelstreckung

Der Zahlenwert der Flügelstreckung bezeichnet das Verhältnis von Flügellänge zu Flügelbreite. Ein Vogel mit kurzen und breiten Flügeln hat eine niedrige Flügelstreckung, mit langen und schmalen Flügeln dementsprechend eine hohe Flügelstreckung. Bei Vögeln mit langen, schmalen Flügeln ist der induzierte Widerstand gering, da eine große Auftriebsfläche vorhanden ist, an der schmalen Flügelspitze dagegen nur geringe Flügelspitzenverwirbelungen auftreten können. Beim Segelflugzeug ist dieses Prinzip übernommen. Die Flügel sind lang, schmal und laufen zur Außenkante hin spitz zu. So können die zwischen Ober- und Unterseite auftretenden Luftdruckdifferenzen kontinuierlich ausgeglichen werden.



Abb. II.6.3.2i Küstenseeschwalben (*Sterna paradisaea*) haben eine ausgesprochen hohe Flügelstreckung. Sie sind damit hervorragend an die viele tausend Kilometer weiten Wanderungen angepasst, die sie jährlich ausführt. [aus Hansen (1983)]

Beispielsweise **Küstenseeschwalben** (*Sterna paradisaea*) (siehe Abbildung II.6.3.2i), **Bindenfregattvögel** (*Fregata minor*) und **Eissturmvögel** (*Fulmarus glacialis*) haben diese langen und schmalen, spitz zu den Enden hin zulaufenden Flügel und damit eine hohe Flügelstreckung. Sie sind daher in der Lage, auch lange Strecken zu segeln, ohne Energie für einen Flügelschlag verbrauchen zu müssen.

Der Nachteil der hohen Flügelstreckung ist allerdings die Stabilitätsschwäche der langen Flügel, auch können die Flügel nicht so schnell geschlagen werden. Allzu geschickte Flugmanöver, wie diese zum Beispiel Kolibris mit dem Flug auf der Stelle vollbringen können, sind bei hoher Flügelstreckung nicht möglich. Daher müssen auch Kunstflug-Flugzeuge kurze Flügel und eine niedrige Flügelstreckung haben.

Jedoch ist eine Generalisierung nicht möglich, da noch andere Faktoren, wie das Körpergewicht, Flügelspannweite (siehe Tabelle II.6.3.2j) und die Flügelflächenbelastung, Einfluss auf die Flugfähigkeiten eines Vogels haben. So ist der **Fasan** (*Phasianus colchicus*) mit seinen kurzen Flügeln und der daraus

| HÖCHSTMASSE | |
|--|---------------------|
| (Flügelspannweite in Meter / Gewicht in Gramm) | |
| Quelljungfer (Libelle) | > 0,10 m / - |
| Große Nachtpfauenaug | < 0,145 m / - |
| Atlasseidenspinner | 0,32 m / - |
| Hummellefe (Kolibri) | 0,075 / 1,6 |
| Goldhähnchen | 0,14 / 4 |
| Blaumeise | 0,2 / 12 |
| Uhu | 1,7 / 3200 |
| Großtrappe Männchen | 2,4 / 22000 |
| Großtrappe Weibchen | - / 5000 |
| Höckerschwan | 2,6 / 22500 |
| Mönchsgeier | 2,87 / 14000 |
| Kondor | 2,9 / 11300 |
| Albatros | 3,2 / - |
| Strauß | - / 150000 |

Tab. II.6.3.2j Vergleich der Höchstmaße der Flügelspannweite und des Gewichts.
[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (2002)]

resultierenden ebenfalls relativ niedrigen Flügelstreckung damit natürlich nicht in seinem Flugvermögen mit einem Kolibri vergleichbar.

II.6.3.3 LUFTKISSENEFFEKT

Fliegt ein Vogel dicht über einer ruhigen Wasserfläche oder dem Boden, sorgt der sogenannte Luftkisseneffekt für zusätzlichen Auftrieb. Der Luftstrom unterhalb der Flügel ist zwischen ihnen und der Erd- oder Wasseroberfläche eng zusammengedrängt. Der entstehende Überdruck wirkt als Auftrieb auf die Flügel. Mit geringer werdendem Abstand der Flügel von der Oberfläche vergrößert sich dementsprechend der Luftkisseneffekt. Damit reduziert sich der Energieverbrauch des Flugs und die minimale Fluggeschwindigkeit.

Großen Vögeln wie den Albatrossen scheint das Starten und Landen schwerer zu fallen als den kleinen Vögeln, die direkt aus dem Stand heraus von jeder beliebigen Stelle starten. Albatrosse laufen regelrecht flügelschlagend über die Wasseroberfläche, ehe sie die nötige Geschwindigkeit erreicht haben, um aus dem

Nahbereich des Wassers fliegen zu können. Ihnen hilft hierbei der Luftkisseneffekt, der ihnen den zusätzlichen Auftrieb liefert. Das Simulationsvideo von Prof. Dr.-Ing. Sachs zeigt den Flugstart eines Albatrosses von einer Wasserfläche aus. (Es kann auf der Internet-Homepage des Lehrstuhls für Flugmechanik und Flugregelung der Technischen Universität München unter <http://www.lfm.mw.tum.de/> aufgerufen werden.) Die Abbildung II.6.3.3a zeigt einen startenden **Mollymauk** (*Diomedea melanophris*). Gut zu erkennen ist, dass er zunächst Anlauf nehmen muss, ehe er in die Luft steigen kann. Auch ihm hilft beim Starten der Luftkisseneffekt.

Ein bei **Rauchschwalben** (*Hirundo rustica*) (siehe Abbildung II.6.3.3b) und **Falkennachtschwalben** (*Chordeiles minor*) (siehe

Abbildung II.6.3.3c) gut zu beobachtendes Schauspiel ist die Art, wie sie trinken, denn sie nehmen Wasser während des Flugs über eine Wasserfläche auf, indem sie knapp über dem Wasserspiegel gleiten und mit tief herun-

ter gezogenem Unterschnabel das Wasser aufnehmen. Einige Vogelarten erbeuten auf diese Weise sogar kleine wasserlebende Organismen.



Abb. II.6.3.3a Ein Mollymauk (*Diomedea melanophris*) nimmt zum Starten vom Boden Anlauf. Der Lufikiseneffekt unterstützt dabei durch den entstehenden zusätzlichen Auftrieb das Abheben in die Luft.
[aus Burton (1991)]

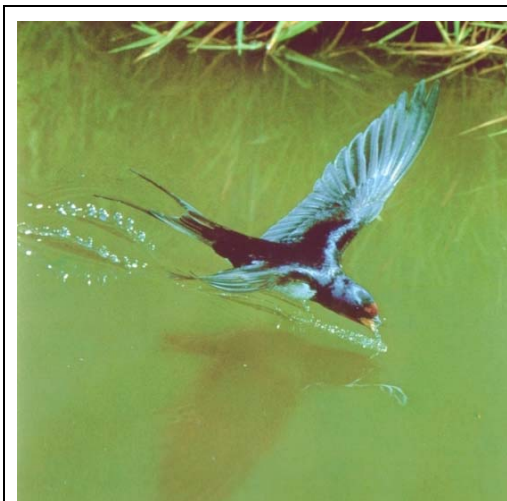


Abb. II.6.3.3b Eine Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) beim Trinken. Deutlich sind die nach oben gebogenen Flügelspitzen erkennbar. Dies soll verhindern, dass der Vogel mit den Flügeln wassert. Gelegentlich taucht sie sogar kurz ins Wasser ein, um ein Bad zu nehmen. Ein Großteil ihres Lebens verbringt sie in der Luft. Die Rauchschnalbe lebt ausschließlich von Insekten, die sie im Flug fängt.
[aus Nicolai (1982)]



Abb. II.6.3.3c Die Falkennachtschnalbe (*Chordeiles minor*) gleitet oft in einer ausgesprochenen V-Flügelstellung über die Wasseroberfläche. Diese Anpassung der Körperhaltung an das Trinken während des Flugs kann auch bei anderen Arten beobachtet werden, am meisten jedoch bei den Falkennachtschnalben. Die in vielen Unterarten im Sommer in Mittel- und Nordamerika brütenden Fernstreckenwanderer ziehen zur Überwinterung bis nach Südamerika.
[Texas, USA, Foto Tom Vezo, aus del Hoyo 5 (1999)]

KURZ-INFO Der Luftkisseneffekt in der Technik

Das lastentragende Prinzip des Luftkisseneffekts ist technisch in vielfältiger Weise realisiert worden. Nicht nur Luftkissenboote, wie die Hoovercrafts, die bis Anfang Oktober 2000 in 35 Minuten den Ärmelkanal von Calais nach Dover überquerten, dabei jedoch auch 5000 Liter Flugbenzin verbrauchten, sondern auch speziell konstruierte Katamarane, die ab einer bestimmten Geschwindigkeit zur Gleitfahrt übergehen, nutzen diesen Effekt. Selbst besondere Bügeltische mit Dampfumkehrgebläse und Luftkissen-Transportsysteme bedienen sich dieser Technik. Luftkissen-Transportsysteme sind in der Lage, allein mit vier Luftkissenelementen mit den Abmessungen 50x50x2,5 cm Lasten von etwa 10 Tonnen zu tragen, wobei die Kraft, die zum Verschieben dieser Last notwendig ist, lediglich 10 kg entspricht (Reibwert $\mu = 0,001$ bei guter Bodenbeschaffenheit) (LS Luftkissen Systeme (2002) und Schooner Marine (2002)).

II.6.3.4 PRINZIP DES GLEITFLUGS

Die energiesparendste Möglichkeit des Flugs ist der Gleitflug. Lautlos und ohne einen Flügelschlag lassen sich **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) und andere, vornehmlich große Vögel weite Strecken durch die Luft gleiten. Fliegt der Vogel mit einer Geschwindigkeit, die den nötigen Auftrieb erzeugt, kann er durch die Luft gleiten. Wenn es keinen Widerstand gäbe, so könnte er ohne Absinken immer weiter im Gleitflug fliegen.

So aber bremst der Widerstand den Vogel stetig ab, so dass mit fallender Geschwindigkeit der Auftrieb nicht mehr ausreicht. Um dem entgegenzuwirken und die Gleitflugphase möglichst lang zu halten, nutzt der gleitfliegende Vogel die Schwerkraft als Vortrieb. Mit dieser beschleunigt er auf die den nötigen Auftrieb erzeugende Geschwindigkeit, indem er die Flügel im bestmöglichen Auftriebs-Widerstands-Verhältnis (über den Anstellwinkel) ausrichtet. Der Gleitwinkel liegt so zwischen der Horizontalen und der Flugrichtung des Vogels.

Anders als ein Flugzeug mit starren Flügeln kann der Vogel den Flügel in seinen aerodynamischen Eigenschaften den jeweiligen Situationen anpassen. So können die Flügel gestreckt oder eingezogen werden, um die Geschwindigkeit zu erhöhen.

Daneben können Vögel den Anstellwinkel des Flügels über die ganze Länge lokal verändern. Beispielsweise kann der Armteil des Flügels (innerer Teil) nur gering geneigt sein, so dass hauptsächlich Auftrieb erzeugt wird, gleich-

zeitig aber der Handteil (äußerer Teil) beim Abschlag so gedreht und nach vorne abgewinkelt wird, so dass Vortrieb erzeugt wird. So können Vögel in Geschwindigkeitsbereichen fliegen, die bei starren Flügeln nicht mehr ausreichen würden, um sie in der Luft zu halten.



Abb. II.6.3.4a Der Schwarzstorch (*Ciconia nigra*) ist wie der Weißstorch (*Ciconia ciconia*) ein sehr guter Gleitsegler. Er ist aufgrund seines hohen Körpergewichts so sehr auf günstige Thermiken angewiesen, dass er auf dem Zug lange Strecken über Wasserflächen vermeidet und das Mittelmeer über Gibraltar oder den Bosphorus so weit wie möglich umfliegt.

[aus Nicolai (1982)]

II.6.3.5 VORFLÜGEL

Ohne weitere Flügelstrukturen würde die Luftströmung bei einem großen Anstellwinkel über dem Flügel abreißen und Verwirbelungen entstehen. Die Folge wäre, dass der Vogel absinken und an Höhe verlieren würde. Der rudimentäre Daumen oder auch Vorflügel (Daumenfittich, Alula) verhindert jedoch durch seine Struktur ein Abreißen dieses Luftstroms. Er wirkt wie eine Leitbegrenzung, die den Luftstrom mit hoher Geschwindigkeit über die Flügeloberseite führt. Dabei wird der Vorflügel passiv eingesetzt. Der Vogel braucht ihn nicht aktiv einzustellen.

Bei einem hohen Anstellwinkel entsteht ein niedriger Luftdruck auf der Flügelvorderkante, der einen Sog erzeugt, der den Vorderflügel ausbreitet. Der **Turmfalke** (*Falco tinnunculus*) hat einen außergewöhnlich großen Vorflügel und kann so selbst mit niedrigen Geschwindigkeiten sicher gleiten.

Aber auch bei anderen Arten, wie dem **Waldkauz** (*Strix aluco*), sind die Vorflügel deutlich zu erkennen (siehe Abbildung II.6.3.5a).

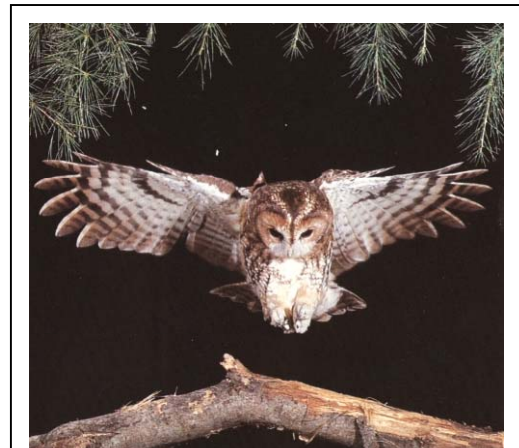


Abb. II.6.3.5a Die Vorflügel des Waldkauzes (*Strix aluco*) ermöglichen auch im Langsamflug das sichere Landen auf einer Sitzwarte. [aus Nicolai (1982)]

II.6.3.6 FREIE HANDSCHWINGEN

Besonders bei Greifvögeln sind die fingerförmig getrennten Handschwingen an den Flügelspitzen besonders deutlich zu erkennen. Die Fahnen der Handschwingen sind zum äußeren Ende hin verschmälert, so dass zwischen ihnen große Lücken entstehen, die freie Handschwingen genannt werden.

Das hier umgesetzte Prinzip der freien Handschwingen ist nicht vollständig verstanden, auch werden mehrere Funktionsmodelle diskutiert.

Offensichtlich ist derzeit nur, dass Flügel mit freien Handschwingen ein typisches Merkmal großer Vögel, wie Kraniche, Pelikane und Geier, ist. Deren Flügel sind meist kurz und abgerundet.

Bei den für diese Vögel charakteristischen niedrigen Fluggeschwindigkeiten müssten sie wesentlich größere Flügel haben, als tatsächlich realisiert.

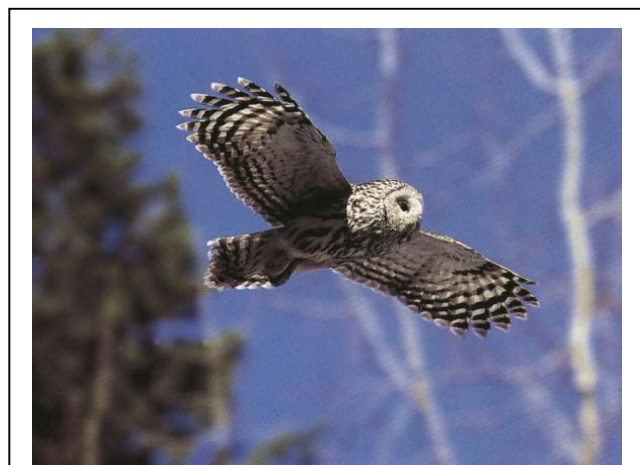


Abb. II.6.3.6a Habichtskauz (*Strix uralensis*, hier: *Subspezies liturata*) mit mit ausgebreiteten Handschwingen. [Häme, Finnland, Foto Dick Forsman, aus del Hoyo 5 (1999)]

Größere Flügel jedoch würden sie beim Starten vom Boden zu stark behindern. Eine Modellvorstellung geht davon aus, dass die freien Handschwingen eine zusätzliche Auftriebsfunktion innehaben und so das Manko der relativ betrachteten kleinen Flügel kompensieren können. Auch für Waldvögel und Fasane wird dieses Modell angeführt. Sie starten mit niedriger Geschwindigkeit und würden ebenfalls durch zu lange Flügel behindert. Die Auftriebsfunktion soll so zustande kommen, dass

sich die freien Handschwingen durch die Luftströmung passiv auf einen möglichst kleinen Anstellwinkel einstellen. So reißt selbst bei großem Anstellwinkel des Hauptflügels der Luftstrom an den Handschwingen nicht ab und der an ihnen erzeugte Auftrieb bleibt erhalten.

Eine zweite Modellvorstellung besagt, dass die freien Handschwingen den induzierten Widerstand reduzieren und so die Gleitphasen während des Flugs verlängert sind.

II.6.3.7 SCHLAGFLUG

Um den für den Flug notwendigen Auftrieb und Vortrieb zu erhalten, muss der Vogel, außer die jeweilige Situation und seine Flugfähigkeiten erlauben es ihm zu segeln, in der Regel eigene Kräfte mobilisieren. Mit dieser Kraft kompensiert er die Schwerkraft und überwindet den Flugwiderstand. Diese wird bei allen echt fliegenden Tieren über den Schlagflug erzeugt. Im Einzelnen lässt sich der Schlagflug in sehr komplexe, fein strukturierte Elemente einteilen. Auch differieren bei unterschiedlichen Arten die Details dieser Flugtechnik, so dass hier nur der grundsätzliche Verlauf (am Beispiel einer Möwe) dargestellt werden kann.

Hauptphasen des Schlagflugs

Der Schlagflug beinhaltet zunächst zwei Hauptphasen, den sogenannten Abschlag und Aufschlag (siehe Abbildung II.6.3.7a). Auftrieb und Vortrieb werden hauptsächlich in der Abschlagsphase gebildet, während der Aufschlag nur wenig Auftrieb erzeugt und im Wesentlichen dem Erreichen der Ausgangssituation dient.

In der Ausgangssituation sind die Flügel weit ausgebreitet und etwa 30° von der Waagerechten nach oben gestreckt.

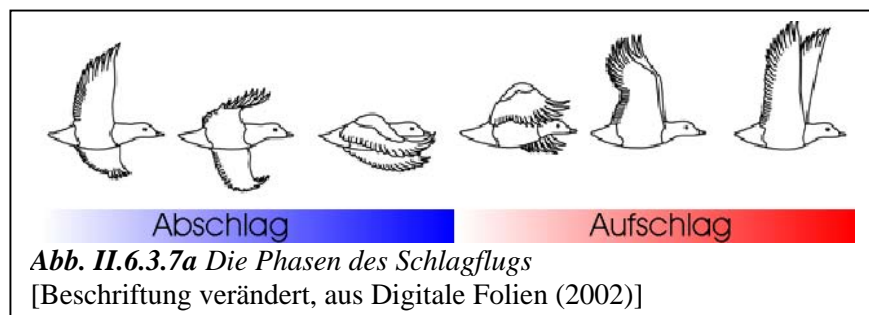


Abb. II.6.3.7a Die Phasen des Schlagflugs
[Beschriftung verändert, aus Digitale Folien (2002)]



Abb. II.6.3.7b Stadium des Schlagflugs der Lachmöwe (*Larus ridibundus*).

Nun schlagen beide Flügel senkrecht nach unten, um dabei über die Vorwärtsbewegung den Auftrieb auf der gesamten Flügelfläche zu erzeugen.

Am unteren Punkt der Abschlagsbewegung angelangt, der schon knapp unterhalb der Horizontalen liegt, faltet die Möwe die Flügel leicht zusammen und schließt fächerartig ihre Handschwingen.

Beim sich nun anschließenden Aufschlag werden die Flügel leicht zusammengefaltet wieder zurück nach oben gezogen. In dieser Phase wird kein Vortrieb und auch nur bei größeren Vögeln an der inneren Flügelfläche Auftrieb erzeugt.

Das Ende dieser zweiten Schlagflugphase markiert das Anheben und Ausbreiten der Flügel, das über einen dann aktiven geringen Auftrieb an den Handschwingen ermöglicht wird.



Abb. II.6.3.7c Stadium des Schlagflugs der Lachmöwe (*Larus ridibundus*).

Aufgabenteilung des inneren und äußeren Flügelteils

Beim Schlagflug übernehmen innerer und äußerer Flügelteil unterschiedliche Aufgaben. Während der innere Flügelteil relativ starr ist und so in der Auf- und Abbewegung hauptsächlich Auftrieb und nur wenig Vortrieb erzeugt, kann der äußere Teil in verschiedene Richtungen verwunden werden. Die Luft umströmt beim Schlag den Flügel aus vertikaler Richtung (Schlagwind) und von vorne (Fahrtwind). So resultiert eine Luftanströmung von schräg unten. Die Beweglichkeit des äußeren Flügelteils ermöglicht es dem Vogel nun, diesen in einen günstigen Anstellwinkel zur Anströmungsergebenden einzustellen. Die so am Flügelaußenteil erzeugte Kraft wirkt etwa im rechten Winkel zur Anströmungsergebenden nach vorne und liefert den Hauptanteil des Vortriebs.

Flügelschläge pro Sekunde und Höchstgeschwindigkeiten

Zwei Tauben auf dem Dach beobachten, wie ein Düsenjäger mit langem Kondensstreifen über den Himmel zischt. Meint die eine Taube: „Der hat es aber eilig!“ Sagt die andere: „Was würdest Du denn machen, wenn Dir der Hintern brennt?“

Die bei den verschiedenen Arten realisierten unterschiedlichen Anpassungen an den Lebensraum bedingen über die arttypischen Fluggeschwindigkeiten und dem Körpergewicht des Vogels eine breite Streuung der zu messenden Anzahl der Flügelschläge pro Sekunde. Der große **Graureiher** (*Ardea cinerea*), der **Weißstorch** (*Ciconia ciconia*) oder die **Silbermöwe** (*Larus argentatus*) schlagen durchschnittlich nur etwa zwei- bis dreimal in der Sekunde ihre Flügel, während der fast auf der Stelle fliegende **Rubinkolibri** (*Archilochus colubris*) etwa 78 bis 80 Flügelschläge pro Sekunde vollbringt. Die **Amsel** (*Turdus merula*) führt maximal 6 Schläge pro Sekunde aus, Tauben 8 und Meisen etwa 25 bis 27 Schläge pro Sekunde.

| FLÜGELSCHLÄGE VON INSEKTEN UND VÖGELN PRO SEKUNDE | |
|--|------------|
| Pelikan | 1,2 |
| Fischreiher | 2 |
| Höckerschwan | 2,7 |
| Mäusebussard | 3 |
| Elster | 3 |
| Amsel | 5,6 |
| <i>Kohlweißling</i> | 9-12 |
| Mauersegler | 12 |
| Hausspatz | 13 |
| <i>Wanderheuschrecke</i> | 20 |
| <i>Eintagsfliege (Cloeon)</i> | 41-44 |
| Amethyst-Kolibri | 78 |
| <i>Taubenschwanz</i> | 79-85 |
| <i>Stubenfliege</i> | 180-330 |
| <i>Zuckmücke (Forcipomyia)</i> | 1046 |

Tab. II.6.3.7d Flügelschläge pro Sekunde im Vergleich.
[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

| MAXIMALE FLUGGESCHWINDIGKEIT (in km/h) | | | |
|--|-----------|------------------------------------|------------|
| <i>Stechmücke</i> | 1,4 | Falken | 79 |
| <i>Sandlaufkäfer</i> | 8 | Brieftaube | 80 |
| <i>Kohlweißling</i> | 14 | Star | 81 |
| <i>Wanderheuschrecke</i> | 16 | Rebhuhn | 85 |
| <i>Hornisse</i> | 22 | Gänse | 91 |
| <i>Libelle</i> | 30 | Stockente | 104 |
| Storch | 45 | Gänsesäger | 129 |
| <i>Fledermaus</i> | 50 | Brieftaube (mit Rückenwind) | 177 |
| <i>Bremse</i> | 50 | Mauersegler | 180 |
| Albatros | 70 | Stachelschwanzsegler | 335 |
| <i>Fliegende Fische</i> | 75 | Wanderfalke (Sturzflug) | 350 |

Tab. II.6.3.7e Maximale Fluggeschwindigkeiten im Vergleich.
[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995), nach Flindt (1986 und 2002), Lambert (1995)]

II.6.3.8 FLUG AUF DER STELLE

Im Kapitel über die Grundlagen des Vogel- flugs wurde die Bedeutung der Flugge- schwindigkeit bei der Entstehung des Auf- triebes an den Flügeln erläutert. Manche Vögel können jedoch auch auf der Stelle fliegen. Hier fehlt ihnen der Auftrieb, der sonst beim Fliegen mittels strömender Luft erzeugt wird. Sie müssen dann durch starkes Flügelschla- gen, das einen nach unten gerichteten Luft- strom verursacht, ihr Körpergewicht tragen. Die meisten der kleineren Vögel, wie der **Gartenrotschwanz** (*Phoenicurus phoenicu- rus*), können sich zumindest zeitweise auf der Stelle halten. Herausragende Flugfähigkeiten besitzen jedoch die oft kleinen Kolibris, auf deren Flug auf der Stelle später gesondert eingegangen wird.

Rüttelflug

Bei größeren Vögeln wird der Flug auf der Stelle als Rüttelflug bezeichnet. Im Zusam- menhang mit der Flügelflächenbelastung und der Funktion des Schwanzes ist auf den Rüt- telflug des **Turmfalken** (*Falco tinnunculus*) schon kurz eingegangen worden (siehe Kapi- tel II.6.3.2). Das Rütteln ist so charakteristisch für den Turmfalken, dass dieser zeitweise

auch als Rüttelfalke bezeichnet wurde. Aber auch andere Greifvögel, wie Bussarde, **Fisch- adler** (*Pandion haliaetus*), **Sumpfohreule** (*Asio flammeus*) und **Schnee-Eule** (*Nyctea scandiaca*), Raubmöwen und Eisvögel beherr- schen das Rütteln. Dabei stellen sie sich gegen die Wind und gleichen durch ihr Flügelschla- gen die Windgeschwindigkeit aus, so dass sie auf der Stelle fliegen.

Schwirrflug der Kolibris

Viele Kolibris ernähren sich neben Insekten hauptsächlich von Blütennektar. Um aus der Blüte den Nektar aufnehmen zu können, müs- sen sie völlig auf der Stelle fliegen können. Dabei schlagen ihre Flügel mit bis zu 80 Flüg- elschlägen pro Sekunde so schnell, dass (für den Menschen) der einzelne Flügelschlag nicht mehr zu sehen ist. Die Abbildung II.6.3.8a (siehe nächste Seite) zeigt **Weiß- kehlnymphe** (*Lampornis castaneiventris*) beim Flug auf der Stelle. Das hochfrequente Schlagen der Flügel lässt sogar ein hörbares Summen entstehen, weswegen Kolibris im englischen Sprachraum hummingbirds („Summvögel“) genannt werden.



Abb. II.6.3.8a Weißkehlhympe (*Lampornis castaneiventris*) beim Nektarsaugen. Um mit dem Schnabel zielgenau an den Nektar zu gelangen, fliegt der Kolibri auf der Stelle. [Costa Rica, Foto Michael Fogden / Oxford Scientific Films, aus del Hoyo 5 (1999)]

II.6.3.9 FORMENVIELFALT DES GLEITFLUGS

Um Energie zu sparen, gleiten alle Vögel zumindest über kurze Distanzen. Die Energieersparnis liegt meist zwischen 10 und 20 Prozent. Das grundlegende Prinzip des Gleitflugs wurde bereits in Kapitel II.6.3.4 vorgestellt. Auf vielfältige, arttypische Weise nutzen Vögel das Energiesparpotential des Gleitflugs aus und haben dabei bemerkenswerte Strategien und Techniken entwickelt. Vögel legen Gleitphasen beispielsweise vor der Landung, beim Flug gegen den Wind oder auch beim Segeln in Luftströmungen ein.

Wellenflug

Um eine konstante Flughöhe halten zu können, wechseln viele Arten regelmäßig Gleit- und Schlagflug-Phasen ab. Diese Flugart wird als Wellenflug bezeichnet. Er lässt sich besonders an kleineren Vögeln wie Mauerseglern und Schwalben beobachten. Aber auch Greifvögel, Möwen, Reiher und Kraniche nutzen den Energiespareffekt des Gleitens.

Bolzenflug

Besonders bei kleinen Vögeln, wie Meisen, Sperlingen und Finken, aber auch Spechten, kleine Eulen und sogar Papageien, ist aus aerodynamischen Gründen, bedingt durch die geringe Körpergröße, die Form des Bolzenflugs weit verbreitet. Hierbei ist der Flug in

zwei Phasen eingeteilt: 1. Eine Schlagflugphase, in der der Vogel an Höhe gewinnt und beschleunigt und 2. eine kurzzeitige Phase, in der er die Flügel nahe an den Körper anlegt und einem Geschoss gleich wieder leicht absinkend durch die Luft fliegt.

Segelflug

Die Schwerkraft stellt die Antriebskraft eines gleitenden Vogels dar. Indem er auf diese Kraft zurückgreift, verliert er allerdings auch beständig an Höhe. Durch Schlagen der Flügel kann er wieder an Höhe gewinnen. Die reinen Gleitphasen vermag er jedoch zu verlängern, wenn er zusätzliche Energie aus herrschenden Luftströmungen ziehen kann. Unter Segelflug versteht man zunächst allein dieses Ausnutzen von Luftströmungen, um der Schwerkraft entgegen wirkenden zusätzlichen Auftrieb zu erzeugen.

Topographisches Segeln

An topographischen Erhebungen, wie Berge, Klippen, aber auch an Gebäuden und Erdämmen, bilden sich Aufwinde und Wirbel, die zum Beispiel Alke, Möwen (siehe Abbildung II.6.39a auf der folgenden Seite), Papageientaucher, Greifvögel und Dohlen nutzen, um sich tragen zu lassen.

Aber auch andere Objekte erzeugen Wirbel, die Vögel zum Segeln nutzen können. „Die Vorwärtsbewegung eines Schiffes bei ruhiger Luft reicht aus, um Wirbel über dem Heck entstehen zu lassen, in die sich Möwen und Albatrosse hineinhängen und auf diese Weise mitgezogen werden“ (Burton (1991)).

Thermiksegeln

Wenn am Morgen nach dem Sonnenaufgang die ersten Sonnenstrahlen langsam den Erdboden aufheizen, wird auch die bodennahe Luft aufgewärmt. Da diese warme Luft jedoch leichter als kühlere Luft ist, steigt sie als großer Luftwirbel in Form einer Blase auf. Dieser Vorgang wird als Thermik bezeichnet. Erst am Nachmittag wird mit schwächer werdender Sonnenstrahlung auch die Thermik geringer, bis sie schließlich zum Abend hin erlischt.

Überall dort, wo sich Bodenareale schneller aufheizen als die sie umgebenden Flächen, entstehen diese Thermiken besonders leicht. Dann steigt in einem ringförmigen, sich um die eigene Achse drehenden Wirbel warme Luft auf, die Thermiksegler unter den Vögeln (sowie Segelflugzeuge) als Auftriebsquelle verwenden. Im Zentrum des Wirbels steigt die Luft senkrecht nach oben, zu den Rändern hin flacht der Luftstrom ab. Beim Aufsteigen des Thermikwirbels verdampft Wasser und kondensiert zu sogenannten Kumuluswolken. Weht nun Wind aus einer bestimmten Richtung, so entsteht eine Fahne einzelner, nach oben steigender Thermiken, die erst in einer bestimmten Höhe aufhören zu steigen.

Hat der Vogel erst eine Thermik gefunden, kann er sich in schraubenförmigem Flug nach oben tragen lassen.

Bei starken Thermiken kann er einen kleinen Kreisradius wählen, da der im Zentrum des Wirbels herrschende kräftige Luftaufstrom die durch die Flügelschräghaltung bedingte Auftriebsverringerung ausgleicht. Entsprechend kann er einen größeren Kreisradius bei geringeren Thermiken wählen.

Der segelnde Vogel kann so durch Anpassen seiner Flugkreise auf- und absteigen und an beliebiger Stelle in die Thermik einfliegen oder diese verlassen.



Abb. II.6.39a Lachmöwe (*Larus ridibundus*) im Gleitflug mit weit ausgebreiteten Flügeln.

Besonders große Vögel, wie die im Herbst nach Afrika ziehenden **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) und **Schwarzstörche** (*Ciconia nigra*), sind beim Flug über weite Strecken auf Thermiken angewiesen. Dies zeigt sich auch darin, dass sie auf dem Heim- und Wegzug das Mittelmeer nicht auf direktem Wege überqueren, sondern über die Meerengen von Gibraltar (Westzieher) oder über den Bosphorus (Ostzieher) fliegen, da sie die große Wasserfläche des Mittelmeeres auf Grund fehlender günstiger Thermiken meiden müssen. **Fregattvögel** (*Fregata aquila*) dagegen sind in der Lage, die sehr schwachen marinen Thermiken für den Segelflug bei der Nahrungssuche weitab vom Festland auszunutzen. Aus der mit zwei Metern großen Flügelspannweite bei einem Körpergewicht von nur etwa 1,5 kg - wobei circa 25 Prozent des Gewichts auf die Brustmuskulatur entfallen - resultiert eine sehr geringe Flügelbelastung, die dies ermöglicht. Die außergewöhnlichen Segelfluginnen der Fregattvögel begeisterten im Jahr 1744 den französischen Seefahrer Lazare Picault dermaßen, dass er die Insel, auf der er sie beobachtete, ihnen zu Ehren Frégate Island nannte. Heute gibt es auf Frégate Island keine Fregattvögel mehr. Lediglich vor der Küste lassen sich noch einige vom Korallenatoll Aldabra stammende Individuen auf Nahrungssuche beobachten. Neben den schon beschriebenen Thermiken nutzen einige Vögel auch andere entstehende Luftströmungen.

Die Luft an Land erwärmt sich am Tag schneller als die über großen Meeresflächen. Die über dem Erdboden aufsteigende Luft zieht in großer Höhe meerwärts. Als Ausgleich strömt kalte Meeresluft oberflächennah an Land. Die Grenzschicht zwischen aufsteigender Landluft und nachströmender kalter Meeresluft, die sogenannte Seeböenfront, ist die Segelzone vieler Vögel, beispielsweise der Möwen.

Gelegentlich strömt unter Gewitterwolken Kaltluft nach unten. Diese verdrängt dort an der Erdoberfläche wärmere Luft, die nach oben strömt. Auch hier können Vögel, wie Segler und **Turmfalken** (*Falco tinnunculus*), die entstehenden Luftströmungen ausnutzen.

Dynamisches Segeln

Albatrosse, wie der **Wanderalbatros** (*Diomedea exulans*) oder der **Mollymauk** (*Diomedea melanophris*), nutzen bei ihren Flügen über weite Distanzen hinweg vertikale Windscherungen direkt über der Meeresfläche aus. Dies sind Horizontalwinde, deren Geschwindigkeit sich mit der Höhe ändert. Durch die Reibung des Windes an der Wasseroberfläche verringert sich ab einer Höhe von etwa 20 Metern bis zum Meeresspiegel sukzessive die Windgeschwindigkeit. Durch eine wellenförmige, zur Waagerechten hin angewinkelte Flugbahn können Albatrosse aus einer bestimmten Höhe nach unten bis knapp über die Wasserfläche gleiten, um dann anschließend ohne Flügelschlag wieder auf ihre ursprüngliche Höhe gleiten zu können.

Beim Verfliegen durch vertikale Windscherungen



Abb. II.6.3.9b Screenshot der Simulation des dynamischen Segelflugs beim Albatros. [aus G Sachs (2000)]



Abb. II.6.3.9c Screenshot der Simulation des dynamischen Segelflugs beim Albatros. Hier befindet sich der Albatros gerade knapp hinter dem oberen Scheitelpunkt der Flugbahn. [aus G Sachs (2000)]

geschwindigkeit. Die jetzt folgende Steigphase würde bei in jeder Flughöhe gleich bleibenden Windgeschwindigkeiten unterhalb der ursprünglichen Flughöhe enden. Da jedoch die Windgeschwindigkeiten mit zunehmender Flughöhe ansteigen, reduzieren sich ihre tatsächlichen Fluggeschwindigkeiten vergleichsweise weniger. So können sie die Anfangsflughöhe mühelos wieder erreichen. Unterstützend wirkt hierbei allerdings auch das Wellen-parallele Segeln, das sogenannte Hangaufwindsegeln, und der schon bereits erläuterte Luftkisseneffekt (siehe Kapitel II.6.3.3).

Auch über Land könnte die Technik des dynamischen Segelns bei Landvögeln, wie Reihern und Schwalben, angewendet werden, so die Beobachtung von Robert Burton (Burton (1991)).

Simulation des dynamischen Segelflugs

Am Lehrstuhl für Flugmechanik und Flugregelung der Technischen Universität München wurden unter Prof. Dr.-Ing. Sachs mit der Methode der optimalen Steuerungen flugmechanische Untersuchungen (Simulationen) über Albatros-Flugbahnen zur Maximierung des Energietransfers ausgeführt (siehe Abbildungen II.6.3.9b und c). Die Abbildung II.6.3.9d (siehe nächste Seite) zeigt die in der Simulation entwickelte Flugbahn des dynamischen Segelflugs bei Albatrossen und Segelflugzeugen.

Im oberen Teil der Flugbahnkurve wird ein Energiegewinn erzielt (hier: grün gezeichnet), während im unteren Teil (hier: rot gezeichnet) ein Energieverlust deutlich wird.

„Je nach Windprofil und Flugbahnrichtung ergeben sich energieausgeglichene Bahnen oder Bahnen mit Energiegewinn“, so eins der Ergebnisse der Untersuchung (G Sachs (2000)).

Die Simulationen dienen auch der Optimierung der Cockpit-Instrumentierung von Segelflugzeugen. So wurde im Zusammenhang mit den Albatros-Simulationen eine spezielle Anzeigeform konzipiert, die über ein Head-Up-Display in das Blickfeld des Piloten eingeblendet wird und zur Verbesserung der Führung des Segelflugzeugs dient. Das Simulationsvideo des dynamischen Segelflugs, das einen eingehenden Einblick in die Simulation, den dynamischen Segelflug der Albatrosse und die optimierte Realisierung des Segelflugs bei Segelflugzeugen erlaubt kann auf der Internet-Homepage des Lehrstuhls für Flugmechanik und Flugregelung der Technischen Universität München unter <http://www.lfm.mw.tum.de/> zum Download aufgerufen werden.

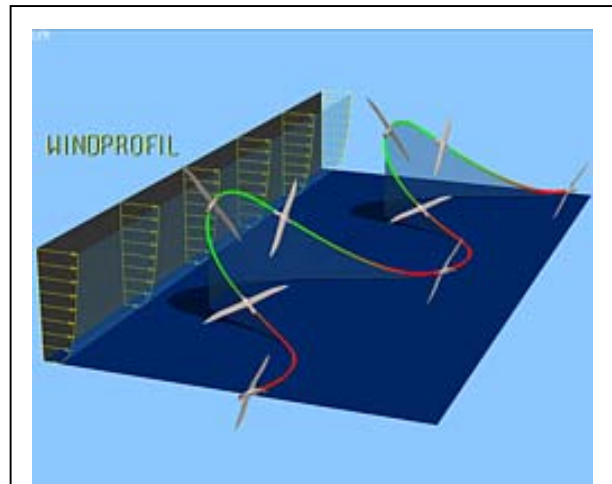


Abb. II.6.3.9d Darstellung des dynamischen Segelflugs für Segelflugzeuge und für den Albatros in der Simulation. [aus G Sachs (2000)]

KURZ-INFO Flug im Tierreich - Fliegende Fische

Nicht nur Vögel haben Strategien und Anpassungen zur schnellen Fortbewegung durch die Luft entwickelt. Die Fähigkeit zum aktiven Flug oder zumindest zum passiven Gleitflug, ist mehrfach parallel (konvergent) entwickelt worden. Neben Vögeln nutzen so auch Insekten und Fledermäuse die Luft als Fortbewegungsraum. Die Linie der ausgestorbenen Flugsaurier endete bereits in der Kreidezeit. Der Flugsaurier Pteranodon war mit acht Metern Flügelspannweite das größte fliegende Tier (Lingen, Rheinwald (o. J.)). Die Fähigkeit zum Gleitflug machen sich beispielsweise einige Flugbeutler-, Spinnen-, Schnecken-, Frosch- und Eidechsen-Arten und sogar Fische, die sogenannten Fliegenden Fische zunutze.

Lange Zeit war nicht geklärt, wie es die Fliegenden Fische vollbringen, bis zu zehn Sekunden lang pfeilschnell dicht über die Wasseroberfläche zu fliegen. Ähnlich wie Flughörnchen und Flugechsen in Südostasien gehören sie zu den klassischen Gleitseglern.

Vor dem Start schlägt der Fisch etwa 60-mal pro Sekunde mit seiner Schwanzflosse. Dieser Antrieb reicht zum Abheben. Bis zu siebenmal unmittelbar hintereinander kann sich ein fliegender Fisch so fortbewegen. Die Brustflossen bewegen sich beim Flug nicht, sondern nehmen allein die Aufgabe einer Tragfläche wahr.

Insgesamt sind bis heute über 60 Arten der fliegenden Fische (Exocoetidae) bestimmt worden. Ihr Verbreitungsgebiet sind weltweit die tropischen und subtropischen Breiten, vorwiegend auf dem offenen Meer. Unter ihnen sind zwei Süßwasser-Arten, die regelrecht mit den Flossen schlagen können. Die Flugfähigkeit dient vor allem dem Schutz vor den natürlichen Feinden, wie Haien, Thunfischen oder Delphinen. Der größte Feind ist jedoch der Mensch, der sie als Nahrungsquelle betrachtet. Karibische Fischer benutzen dabei einen Trick, indem sie das Fortpflanzungsverhalten der Tiere ausnützen. Sie legen Flöße aus Zuckerrohrblättern im Meer aus und locken damit die Weibchen an, die ihre Eier normalerweise in schwimmenden Algen ablegen (Groß (1999)).



Abb. II.6.3.9d Der Atlantische Fliegende Fisch (*Cypselurus heterurus*) erreicht eine Länge von 38 cm. Deutlich sind die zu Tragflächen vergrößerten Flossen zu erkennen. [aus ThinkQuest (1997)]

II.6.4 GRENZBEREICHE DER FLUGFÄHIGKEIT (EXTREME)

Körpergröße

Der Vergleich kleiner und großer Individuen verschiedenster Lebensformen ist aufschlussreich, erlaubt er doch vielfach, Werte auf bekannte Maßstäbe umzusetzen.

So lässt sich eindrucksvoll der enorme tägliche Energiebedarf eines Kolibris daran messen, dass ein Mensch täglich 142 kg Fleisch oder 185 kg gekochte Kartoffeln oder 65 kg Brot verzehren müsste, wollte er dem Gewicht nach genauso viel essen wie ein Kolibri (Nachtigall (1987)).

Ebenso interessant ist es aber auch, nur innerhalb der Klasse der Vögel die realisierbaren und realisierten Größenbereiche zu betrachten und kleinste und größte Vögel miteinander zu vergleichen.

Auch wenn der Riesenstrauß (siehe Abbildung II.6.4a) oder die bis zu vier Meter großen flugunfähigen Moas Neuseelands (siehe Abbildung II.6.4b) lange ausgestorben sind, sind die Größenunterschiede innerhalb der Klasse der Aves (Vögel) beträchtlich.

Der größte, noch rezente Vogel ist der **Strauß** (*Struthio camelus*) (siehe den Abschnitt zum Strauß im Kapitel II.7). Flugfähig ist er mit seiner Größe von etwa drei Metern und einem Lebendgewicht von 150 Kilogramm jedoch nicht.

Die kleinsten Vögel sind kubanische **Bienenkolibris** (*Melissuga helenae*), die bei 6 Zentimetern Körperlänge gerade 2 Gramm Körpergewicht haben, wobei die Männchen etwas kleiner als die Weibchen sind

Die einzelnen Arten der Kolibri-Familie (Trochilidae) sind generell mit wenigen Ausnahmen kleine Vögel.

Der **Riesenkolibri** (*Patagona gigas*), der im Kordilleren-Hochgebirge heimisch ist, erreicht als größte Kolibri-Art eine Körperlänge zwischen 21 und 22 Zentimetern.

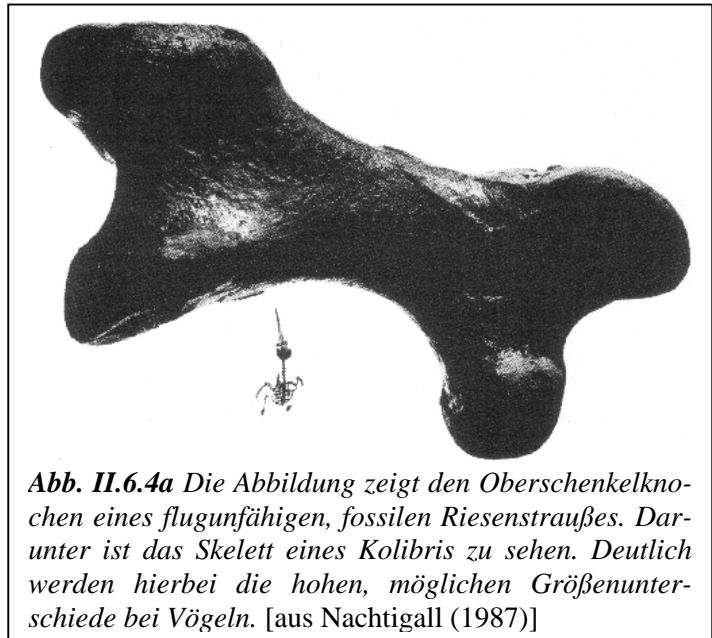


Abb. II.6.4a Die Abbildung zeigt den Oberschenkelknochen eines flugunfähigen, fossilen Riesenstraußes. Darunter ist das Skelett eines Kolibris zu sehen. Deutlich werden hierbei die hohen, möglichen Größenunterschiede bei Vögeln. [aus Nachtigall (1987)]



Abb. II.6.4b
Im Museum Koenig aufgestellter Riesenmoa (*Dinornis maximus*) aus dem oberen Quartär. Riesenmoas konnten bei 3,50 m Höhe bis zu 250 kg wiegen.

Massenabhängigkeit und Flächenbelastung

Bei genauem Studium der Vogelwelt, fällt auf, dass allen rezenten flugfähigen Vögeln gemeinsam ist, dass sie nicht mehr als etwa 12 Kilogramm Körpergewicht haben. Es stellt sich somit die Frage, ob die Flugfähigkeit von Vögeln generell durch physikalisch vorgegebene Größenbereiche begrenzt wird und somit gewissermaßen ökologische Eckdaten für den Vogelflug existieren. Die Lösung dieser Fragestellung erfolgt über Proportionsansätze, die im Einzelnen kurz skizziert werden:

1. Korrelation zwischen Flügeloberfläche und Masse

Die Flügelfläche wird mit **O** abgekürzt, gemessen in cm². Mit dem Begriff der Flügel(ober)fläche ist hier nur eine Flügelseite gemeint, nicht die Flügelober- und Flügelseite zusammen. Berechnungsgrundlage ist somit nur die auftriebschaffende Flügelfläche. Die Gesamtmasse des Vogels wird mit **M**, gemessen in Gramm [g], angegeben.

Entscheidend bei der Klärung einer möglichen Korrelation zwischen Flügelfläche und Gesamtkörpermasse eines Vogels ist, dass nach einer mathematisch-physikalischen Grundregel, die hier nicht bewiesen werden soll, bei geometrisch ähnlichen Körpern und gleicher spezifischer Masse die (Körper-)Oberfläche dem Quadrat der (Körper-)Länge proportional ist.

Das Körpervolumen (und damit auch die Körpermasse) ist dem Kubus der Länge proportional. Dies bedeutet:

Es gilt für die Oberfläche und die Länge:
 $O \sim L^2 \Rightarrow L \sim O^{1/2}$ (Erläuterung: Die Oberfläche ist proportional zum Quadrat der Länge)

Weiterhin gilt für die Masse und die Länge:
 $M \sim L^3 \Rightarrow L \sim M^{1/3}$ (Erläuterung: Die Körpermasse ist proportional zur dritten Potenz der Länge)

Aus diesen beiden Grundüberlegungen folgt:

$$\left. \begin{array}{l} L \sim O^{1/2} \\ L \sim M^{1/3} \end{array} \right\} \Rightarrow O^{1/2} \sim M^{1/3} \Rightarrow O \sim M^{2/3}$$

Die Oberfläche kann also aus diesem geometrischen Ansatz heraus nicht proportional der

einfachen Masse sein. Stattdessen ist eine 2/3-Potenz vorgegeben.

Durch Messungen von Flügelfläche und Gesamtkörpermasse verschiedenster Vögel und Bildung des Mittelpunkts dieser Punkte-Masse ergibt sich der Steigungskoeffizient der Proportionalitätsgleichung $O \sim M^{2/3}$. Er beträgt (nach Auswertung und Berechnung) bei

$$\text{Vögeln } 18,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}^{2/3}}.$$

Ein statistischer Signifikanztest zeigt ein Fehlerniveau von unter 1 Prozent. Eine eindeutige Korrelation ist damit gegeben.

Es ergibt sich die übersichtliche Gleichung:

$$O = 18,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}^{2/3}} M^{2/3}$$

**mit O = Flügelfläche (in cm²)
und M = Körpermasse (in g)**

Mit dieser Formel ist es daher möglich, auf einfachste Weise die Flügelfläche eines (flugfähigen) Vogels zu bestimmen, dessen Körpermasse bekannt ist (und umgekehrt).

Beispiel

Die Messung der gesamten Körpermasse eines Pelikans ergab 2800 Gramm.

Einsetzen in die Gleichung:

$$O = 18,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}^{2/3}} (2800 \text{ g})^{2/3} = 3655,30 \text{ cm}^2$$

Die Flügeloberfläche beträgt demnach 3655,30 cm². Vermessen der Flügelflächen dieses Pelikans führen zu einem (nahezu) gleichen Ergebnis. Die Kongruenz zeigt, dass die Flügeloberfläche mit Hilfe der Gleichung einfach bestimmt werden kann.

Fiktive Flügelfläche beim Menschen

Die Geschichte von Dädalus und Ikarus berichtet, dass sich beide Flügel bauten, um mit ihnen über das Meer zu fliegen (siehe Kapitel II.6.1).

Wenn einer von beiden ein angenommenes Körpergewicht von 60 Kilogramm gehabt hätte, hätte (nach der Formel) die konstruierte Flügelfläche 28200,187 cm² sein müssen.

Leider ist festzustellen, dass die vorgestellte Formel nicht allein darüber Auskunft geben kann, ob eine Flugfähigkeit gegeben ist oder nicht, da unter anderem auch der für die Flugmuskeln notwendige Energietransfer gewährleistet sein muss.

2. Korrelation zwischen Stoffwechselleistung und Masse

Die beschriebene Proportionalität zwischen Oberfläche und Masse muss auch auf Prozesse des Stoffwechsels übertragen werden.

So ist der Sauerstoffverbrauch eines Vogels proportional zu seiner Körpermasse M , wobei hier nur das stoffwechselaktive Gewebe zu verstehen ist. Das Gefieder (als tote Struktur) ist daher beispielsweise nicht mit eingeschlossen.

Die Sauerstoffzufuhr (Atmung) ist dagegen lediglich proportional zur inneren Oberfläche der Lunge. Durch Äquivalenzumformungen der Proportionalitätsbeziehungen ergibt sich die folgende Beziehung:

Die Stoffwechselleistung P_{Stoffw} ist proportional zu $M^{2/3}$: $P_{\text{Stoffw}} \sim M^{2/3}$.

3. Physikalische Flugleistung

Auf die physikalische Flugleistung soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Es soll nur festgehalten werden, dass die physikalische Flugleistung proportional $M^{1,17}$ zu ist.

4. Leistungsvergleich

Die durch die Atmung gewonnene Stoffwechselleistung P_{Stoffw} wird nun zur Deckung der physikalischen Flugleistung benötigt.

Trägt man beide Leistungsgraphen in ein Koordinatensystem ein und berücksichtigt, dass die schwersten streckenfliegenden Vögel der Erde einer Körpermasse von etwa 12 Kilogramm haben, so wird deutlich, dass bei einer Körpermasse von etwa diesen 12 Kilogramm gerade soviel Stoffwechselleistung durch Veratmung von Sauerstoff zur Verfügung gestellt werden kann wie Flugleistung abverlangt wird.

Im Streckenflug aktive Vogelarten mit einer Masse von über etwa 12 Kilogramm darf es somit nicht geben. Die einzige Möglichkeit für Vögel, die über 12 Kilogramm wiegen, zu fliegen, besteht dann in der zusätzlichen Nut-

zung von externer Umweltenergie wie beispielsweise das Ausnutzen von Thermiken.

Im beschriebenen Massenbereich von etwa 12 Kilogramm liegen die größten Vögel verschiedener, nicht näher miteinander verwandter Ordnungen, wie beispielsweise der **Höckerschwan** (*Cygnus olor*), der **Rosapelikan** (*Pelecanus ontocrotalus*), die **Riesentrappe** (*Ardeotis kori*) und der **Kalifornische Kondor** (*Gymnogyps californianus*).

Noch schwerere Vögel, wie beispielsweise adulte, extrem schwere Individuen der Höckerschwäne, die eine Körpermasse um 20 kg haben können, sind auch unter Einsatz der letzten Energiereserven nur noch für wenige Kilometer streckenflugfähig. Ein Dauerflug ist ihnen nicht mehr möglich.

Vögel mit einer noch höheren Masse können sich fliegend nur noch überwiegend im Segelflug fortbewegen, wie dies wahrscheinlich beim **Riesenflugsaurier** (*Pteranodon ingens*) der Fall war, der eine (berechnete) Körpermasse von etwa 18 kg hatte, so der Ornithologe Nachtigall (1987).

Thermiksegler oder Gravitationstheorie?

Entgegen der heutigen Berechnungen, die das maximale Körpergewicht für den Flug bei etwa 12-15 Kilogramm ansetzen, sind in Argentinien Überreste eines adlerartigen Raubvogels (*Argentavis magnificens*) gefunden worden, der trotz seiner Spannweite von geschätzten 7,5 m (nach Burton (1991)) oder 8 bis 9 m (nach Netzker (2002)) und einem Gewicht von 77,5 kg (nach Burton (1991)) oder 80 bis 90 kg (nach Netzker (2002)) flugfähig gewesen sein soll.

Burton vertritt die These, dass *Argentavis magnificens* ähnlich wie heutige Geier oder Kondore die Thermik über der argentinischen Savanne für den Flug nutzten.

Netzker nennt die Hypothese Ted Holdens als Begründung für die Flugfähigkeit dieses prähistorischen Vogels, wie auch der Flugsaurier (*Pterosauria*), die bei einer Spannweite von 15 m ein Körpergewicht von bis zu 160 kg gehabt haben sollen. Diese sogenannte Gravitationstheorie ist nur eine von vielen möglichen Erklärungsansätzen für die Größendimensionen fossil überlieferter Vögel und Flugsaurier.

Ted Holdens Gravitationsthese

Nach Ted Holdens Theorie kann die gesamte Megafauna der Jura- und Kreidezeit nur lebensfähig gewesen sein, wenn zumindest die *empfundene* Gravitation wesentlich geringer war, als dies heute auf der Erde der Fall ist. Diese These wird durch weitere Hypothesen untermauert.

Kontinentaldrift nach Wegener

Die Voraussetzungen für eine niedrigere Gravitation in der prähistorischen Vorzeit liefert die Theorie des Astronomen, Geophysikers, Meteorologen und Klimatologen Alfred Wegener (1880-1930). Bekannt geworden ist er als Mitbegründer der 1912 von ihm veröffentlichten Theorie der Kontinentalverschiebung. 1911, während seiner Zeit als Studienleiter an der Universität Marburg, bearbeitete er eine Ausarbeitung, die die Fossilien identischer Pflanzen und Tiere auflistete, die auf entgegengesetzten Seiten des atlantischen Ozeans gefunden worden waren. Bei seinen Recherchen fand er weitere ähnliche Organismen, die von großen Ozeanen getrennt waren.

Er schloss sich jedoch nicht der damals postulierten These an, dass längst versunkene Landbrücken die weit entfernten Kontinente verbunden haben sollten.

In Übereinstimmung mit der Passform Südamerikas und Afrikas nahm er an, dass die Kontinente ursprünglich direkt aneinander gelegen hatten. Wegener zufolge formten die Kontinente eine einzige Landmasse, die er *Pangaea* (griech.: die ganze Erde) nannte. Pangaea spaltete sich und seine Teilstücke haben sich seither immer weiter von einander entfernt.

Wegener nahm fälschlicherweise Gezeiten- und Zentrifugalkräfte als Grund für den Kontinentaldrift an.

Meyls Begründung für Kontinentaldrift

Eine mögliche Begründung des Auseinanderdriftens der Kontinente liefert Prof. Dr.-Ing. Konstantin Meyl (1999) von der Fachhochschule Furtwangen.

Nach Meyl ist ein schwarzes Loch, das sich der Theorie nach im Zentrum jeder Galaxie befindet, die Strahlungsquelle für die auf der Erde auftreffenden Neutrinos.

Neutrinos sind massefreie und ladungslose hypothetische Teilchen mit einer Vielzahl ungewöhnlicher Eigenschaften. Obwohl diese Neutrino-Strahlung hochenergetisch und extrem wechselwirkungsarm ist, sind Sterne, wie beispielsweise die Sonne, aufgrund ihrer großen Masse und Dichte in der Lage Neutrinos abzufangen. Der größte Teil dieser Einstrahlung wird in Materie umgesetzt.

Dies bewirkt ein Wachsen des Durchmessers der Sonne. Ein geringer Teil der materialisierten Neutrinos bildet jedoch Antiteilchen, die wiederum mit Materie zu Gammaquanten (energiereichen Photonen) zerstrahlen.

Meyl sieht in diesem Zerstrahlen den Grund für das Leuchten der Sonne.

Der übrige Teil der Neutrino-Strahlung verlässt stark abgebremst als solare Neutrino-Strahlung wieder die Sonne und gelangt zu den kleineren, die Sonne umkreisenden Planeten.

Auch die Erde absorbiert in ihrem dichten heißen Kern Neutrinos. Analog zur Sonne wird dort Materie gebildet und Wärmeenergie abgegeben. Das stetige Wachsen der Erde von innen hat zwangsläufig das Auseinanderreißen der dünnen Erdkruste und die Bildung der Ozeanbecken zur Folge gehabt, führt Meyl aus.

Nach seinen Berechnungen „wächst die Erde derzeit jedes Jahr um $91,5 \cdot 10^{12}$ (= 91.500 Milliarden) Tonnen, was einer Volumenzunahme von 16.500 Kubikkilometern entspricht und einem Flächenzuwachs von 5,2 Quadratkilometern. Im Durchmesser wächst die Erde momentan um 6,5 cm pro Jahr, woraus folgt, dass der Umfang um das π -fache zunimmt und über dem Atlantik und über dem Pazifik jeweils eine Kontinentaldrift von 10,2 cm pro Jahr zu erwarten ist. Geologen messen heute tatsächlich eine Plattenbewegung von typischerweise 10 cm, an einzelnen Stellen von bis zu 12 cm pro Jahr. Dieses Planetenwachstum erfolgt nach einer Exponentialfunktion, also eine zunächst geringe, in der Folge jedoch stetig steigende Wachstumsrate. Demnach lagen vor etwa 200 bis 300 Millionen Jahren die Landmassen als Pangäa direkt zusammen. Die Erdkugel hatte einen Durchmesser von etwa 54 Prozent der heutigen Erde.

Eine direkte Folge der nach der Theorie kleineren Erdkugel ist eine zu heute wesentlich geringere Erdanziehungskraft.

Danach scheint nicht, wie Ted Holden annahm, die Gravitation als geringer empfunden worden zu sein. Vielmehr müsste die *tatsächliche* Gravitation geringer gewesen sein.

Eine Berechnung des Gewichts einer Masse von 1 Kilogramm in Abhängigkeit von der Größe der Erdkugel bei einer Gravitations-

konstante von $6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}$ zeigt:

1. Erde heute:

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Radius der Erde | 6.378.000 m |
| Volumen der Erde | 1,09E+21 m ³ |
| Masse der Erde | 5,98E+24 kg |
| mittlere Dichte | 5.499 kg/m ³ |
| Gewicht einer Masse von 1 kg | 9,81 N (100%) |

2. Erde vor 65 Millionen Jahren

(*Ende der Kreide-Zeit*):

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Radius der Erde | 4.787.000 m |
| Volumen der Erde | 4,59E+20 m ³ |
| Masse der Erde | 2,26E+24 kg |
| mittlere Dichte | 4.929 kg/m ³ |
| Gewicht einer Masse von 1 kg | 6,60 N (67%) |

3. Erde vor 140 Millionen Jahren

(*Beginn der Kreide-Zeit*):

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Radius der Erde | 3.826.000 m |
| Volumen der Erde | 2,35E+20 m ³ |
| Masse der Erde | 1,06E+24 kg |
| mittlere Dichte | 4.524 kg/m ³ |
| Gewicht einer Masse von 1 kg | 4,84 N (49%) |

4. Erde vor 200 Millionen Jahren

(*Beginn Jura*):

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Radius der Erde | 3.421.000 m |
| Volumen der Erde | 1,68E+20 m ³ |
| Masse der Erde | 7,26E+23 kg |
| mittlere Dichte | 4.334 kg/m ³ |
| Gewicht einer Masse von 1 kg | 4,14 N (42%) |

Resümee

Der Theorie nach betrug das Körpergewicht eines Vogels vor 200 Millionen nur 42 Prozent des heutigen. So wäre auch die maximale Grenze des Körpergewichts für den Flug entsprechend nach oben verschoben.

Sollte sich die Hypothese des stetigen Wachstums der Erde (in der Vergangenheit und bis in die Zukunft) bewahrheiten, lassen sich damit nicht nur ein höheres Körpergewicht und Flügelspannweiten prähistorischer Flugvögel und Flugsaurier erklären, sondern auch die Größendimensionen vieler Dinosaurier, für die bis heute nicht gesichert nachgewiesen werden konnte, ob sie homoio- oder poikilotherm waren.

Die Frage nach der Entstehung der Homoiothermie der Vögel zieht zwangsläufig weitere Erklärungsvarianten und Hypothesen nach sich. Die bestehende Lücke im Wissen über die Evolution der Vögel führt derzeit zu kontroversen Diskussionen auf allen Ebenen.

Das bekannte Senckenberg-Museum in Frankfurt bietet für Schüler der Sekundarstufe II (Oberstufe) sogar eine Führung an, die diese spezielle Fragestellung diskutiert.

II.7 FLUGUNFÄHIGKEIT

Oberes Maximalgewicht für Flugfähigkeit

Der Flug benötigt ein hohes Maß an Energie pro Körpergewicht, so dass beispielsweise viele Hühnervögel und Rallen nur selten fliegen. Der **Höckerschwan** (*Cygnus olor*), **Rosapelikan** (*Pelecanus onocrotalus*), **Kalifornische Kondor** (*Gymnogyps californianus*) und die **Riesentrappe** (*Ardeotis kori*) haben in Gewicht (etwa 10 bis 15 kg) und Größe die

obere Grenze der Flugfähigkeit erreicht (siehe den Abschnitt zur Massenabhängigkeit und Flächenbelastung im vorigen Kapitel II.6.4). Ihnen bereitet besonders das Starten Schwierigkeiten, da sie nur geringe Kraftreserven zusätzlich zum eigentlichen Flug haben. Auch die Manövrierfähigkeit ist längst nicht mehr so gut wie bei kleineren Vögeln.

Flugunfähige Vögel

Die für den Flug aufzuwendenden Energien sind so hoch, dass 46 rezente und 16 erst vor kurzem ausgestorbene Vogelarten den Flug als Fortbewegungsweise völlig aufgegeben haben. In der Vergangenheit hat es jedoch noch zahlreiche weitere Vogelarten gegeben, die flugunfähig waren.

Da besonders flugunfähige Vögel menschlichen Bedrohungen vergleichsweise schutzlos ausgeliefert sind und ein Aufsuchen neuer geeigneter Lebensräume „zu Fuß“ wesentlich schwerer als im Flug ist, sind verhältnismäßig mehr flugunfähige als flugfähige Vogelarten in der jüngsten Vergangenheit ausgerottet worden.

Ausgestorbene flugunfähige Vogelarten

In Neuseeland hatten sich für etliche Vogelarten Nischen entwickeln können, die in der übrigen Welt eher von Säugetieren (Mammalia) eingenommen worden waren. Durch das Fehlen von Räubern (Prädatoren) begünstigt, hatten viele Vögel ihre Flugfähigkeit verloren. Bemerkenswert waren die etwa 20 endemisch lebenden und hochspezialisierten Moa-Arten. Diese spezielle Einnischung, verbunden mit der Unflexibilität zu Anpassungen, führte jedoch bereits vor etwa 700 Jahren zusammen mit weiteren 20 Arten zum Aussterben der Moas.

Weitere Beispiele für ausgestorbene Arten sind der etwa zwei Meter großer Laufvogel *Diatryma steini*, der in eozänen Fossilstätten in Wyoming und Neumexiko gefunden wurde oder der **Riesenalk** (*Alca impennis*).

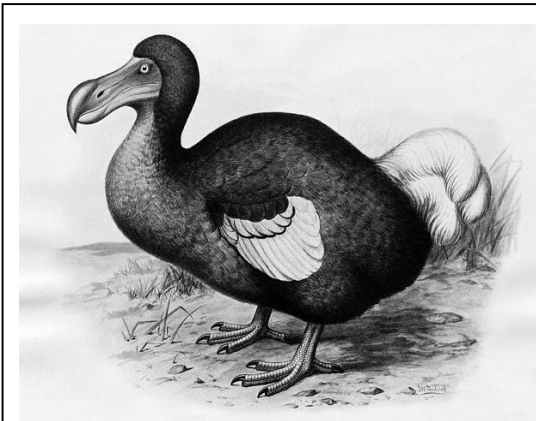


Abb. II.7b Zeichnung einer Dronte (*Didus ineptus*). [aus Corbis (2002)]



Abb. II.7a Nachbildung einer Dronte (*Didus ineptus*). [aus Golling (2001)]

Die Dronte

Im 17. Jahrhundert wurde die ehemals endemisch in drei Unterarten auf den Inseln des Maskarenen-Archipels (Mauritius, Réunion und Rodriguez) heimische **Dronte** oder **Dodo** (*Didus ineptus*) (siehe Abbildungen II.7a und II.7b) ausgerottet. Der Ursprung des Namens Dodo ist im Portugiesischen zu finden. Gemäß dem Erscheinungsbild des Dodos bedeutet das Wort „dumm“ und „unbeholfen“.

Die vollkommen flug- und schwimmunfähige Dronte wird in alten Berichten mit einem fetten Huhn mit riesigem Schnabel verglichen. Die taxonomische Einteilung ist bisher nicht eindeutig geklärt. Die Zuordnung zu den Rallen wird aber angenommen. Die Adulttiere sollen ein Körpergewicht zwischen 20 und 25 Kilogramm erreicht haben. Bemerkenswert war der Ansatz der Federn erst hinter den Augen. Ihre rückgebildeten Flügel waren auf kleine Federbüschel reduziert. Auch der Schwanz war zu einer kleinen Quaste verkleinert. Mit ihren kurzen Beinen und der plump wirkenden Körpergestalt war der Dronte die Flucht zu Fuß sehr erschwert.

Die Fähigkeit zur schnellen Flucht war aber über Jahrtausende nicht notwendig gewesen, da sie in ihrem natürlichen Lebensraum bis zum ersten Auftauchen des Menschen im 16. Jahrhundert keine natürlichen Feinde hatte.

Da Dronten-Weibchen nur ein einziges Ei pro Jahr legten, das sie in einem Nest auf dem Erdboden ausbrüteten, konnten die durch den Menschen verursachten Dezimierungen nicht wieder kompensiert werden.

Mit portugiesischen Seefahrern gelangten als Feinde Ratten auf die Inseln. Mit dem Aussetzen von Ziegen und Schweinen auf Mauritius begann im Jahr 1528 durch Holländer der weitere Rückgang der Dronte. Auch Hunde und Katzen verwilderten auf der Insel. Sie stellten jungen Dronten und den noch nicht ausgebrüteten Eiern nach.

Die holländischen Seefahrer wussten die Dronte als Abwechslung zum Pökelfleisch zu schätzen. Ganze Schiffe wurden mit Dronten-Frischfleisch versorgt, auch wenn Berichten zufolge das Fleisch bei langem Kochen immer weniger mürbe und immer weniger schmackhaft wurde. Bereits 85 Jahre nach dem ersten Betreten von Mauritius durch den Menschen starb die Dronte dort aus. Der letzte Bericht über eine lebende Dronte auf Mauritius stammt vom Engländer Benjamin Harry aus dem Jahre 1681 (Golling (2001)).

Trotz der Verschiffung zweier lebender Exemplare nach Europa im 17. Jahrhundert, ist heute kein Tier präpariert erhalten geblieben. Lediglich einige wenige Skelette, ein Kopf und zwei Füße werden noch in verschiedenen Sammlungen aufbewahrt.

Rezente Vogelarten

Rezente flugunfähige Vogelarten sind:

- Pinguine (17 Arten), wie der **Kaiserpinguin** (*Aptenodytes forsteri*) oder der einzige in Australien brütende Pinguin, der **Zwergpinguin** (*Eudyptula minor*). Die Brustmuskulatur der Pinguine ist zur Schlagausführung beim Schwimmen im Gegensatz zu allen anderen flugunfähigen Vögeln kräftig entwickelt. Daher ist es bei ihnen auch nicht zur Rückbildung des Kiels auf dem Brustbein wie bei den übrigen flugunfähigen Vögeln ge-
- **Afrikanischer Strauß** (*Struthio camelus*). Er hat als Anpassung an die bipede Fortbewegung in Afrikas Steppen, Savannen und Wüsten nur

noch zwei Zehen (siehe hierzu der folgende Abschnitt).

- Nandus (2 Arten). Nandus zeigen, wie auch Strauße, eine reduzierte Zehenanzahl, haben jedoch noch drei Zehen. Die zwei Arten sind der **Darwinstrauss** (*Rea pennata*) und der **Nandu** (*Rhea americana*), der mit seinen knapp 22 Kilogramm Körpergewicht sehr schnell laufen kann. Der Artbegriff Nandu leitet sich vom dröhnenden Ruf des Hahns („Nan-du“) ab, der so mit weit geblähtem Hals und ausgebreiteten Schwingen für sich und sein Nest wirbt (Mauersberger (1974)).
- **Emu** (*Dromaius novaehollandiae*), der seinen Namen dem lauten Brüllen („e-muu“) der Hennen verdankt. In der Vergangenheit massivst verfolgt, ist er heute in Australien recht selten geworden. Bereits im 19. Jahrhundert wurde der nah verwandte des Emus, der **Schwarze Emu (Dunkle Emu)** (*Dromaius minor*) der Känguruh-Insel und der King-Insel ausgerottet.
- Kasuare (3 Arten) in Neuseeland, mit Reduzierung auf drei Zehen. **Helmkasuar** (*Casuarius casuarius*), **Bennettkasuar** (*Casuarius bennetti*), **Einlappenkasuar** (*Casuarius unapendiculatus*).
- Kiwis (3 Arten). Die Eier der Kiwis sind im Verhältnis zur Körpergröße die größten Eier weltweit. Alle drei Arten sind vom Aussterben bedroht. Der häufigste der drei nachtaktiven Kiwi-Arten ist der auf Süd- und Nordinsel Neuseelands heimische **Streifenkiwi** (*Apteryx australis*). Im Rahmen von Schutzmaßnahmen wurde er mit all seinen drei Unterarten auch auf weit vor der Küste liegende kleinere Inseln eingebürgert. Die beiden anderen Arten, der **Zwerg- oder Fleckenkiwi** (*Apteryx owenii*) und der **Haastkiwi** (*Apteryx haastii*), kommen dagegen (heute) nur auf der Südinsel Neuseelands vor.

- **Takahe** (*Notornis mantelli*), eine neuseeländische Ralle. Sie galt lange Zeit als ausgestorben, bis die Art 1948 in einigen Exemplaren an einem See wiederentdeckt wurde. Anhand von gefundenen Knochenresten konnte festgestellt werden, dass sie früher über Süd- und Nordinsel weit verbreitet war. Die heutige Bestandsstärke beträgt unter 500 Tiere.
- **Eulenpapagei** (*Strigops habroptilus*), auch **Kakapo** genannt, nachtaktiver Papagei Neuseelands, der nicht fliegen, maximal etwas gleiten kann und sich nur langsam fortbewegt. Er ernährt sich von den Säften, die er aus den Blättern quetscht. Nur eine große Rettungsaktion konnte den von verwilderten Katzen, Ratten und Wieseln bedrohten und im Bestand stark dezimierten Kakapo vor dem Aussterben bewahren.

Morphologische und ethologische Anpassungen beim Afrikanischen Strauß

Der Flug kostet zwar viel Energie, hat aber auch gewaltige Vorteile, wie sich bei den jährlichen Fernwanderungen beim Vogelzug offenbart. Ohne Flug könnte eine **Küstenseeschwalbe** (*Sterna paradisea*) die jährlichen Pendelwanderungen von der Arktis zur Antarktis nicht vollziehen. Auch können flugfähige Vögel der Gefahr durch landgebundene Räuber durch Flucht im Flug ausweichen.

Dies ist flugunfähigen Vögeln, wie zum Beispiel dem **Afrikanischen Strauß** (*Struthio camelus*), nicht möglich. Bei ihnen haben sich morphologische Anpassungen und alternative Verhaltensweisen ausgebildet, die diesen Nachteil kompensieren.

Der Strauß ist mit einer Höhe von bis zu 3 m und einem Gewicht von etwa 150 kg der größte heute auf der Erde lebende Vogel (siehe Abbildung II.7c).

Mit seinen langen und sehr kräftigen Beinen kann er in Notfällen mit großer Geschwindigkeit aus dem Gefahrenbereich flüchten.



Abb. II.7c Zwei Strauße (Weibchen) im weitläufigen Gehege im Zoo Neuwied.

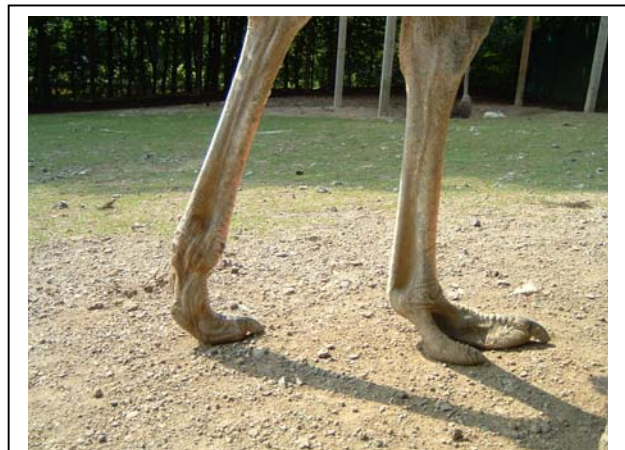


Abb. II.7d Die Anpassung der Strauße an das Leben als Laufvogel spiegelt sich in der Reduzierung auf nur noch zwei Laufzehen wider.

Zur Erhöhung der maximalen Renngeschwindigkeit ist bei Laufvögeln die Zehenzahl generell auf drei oder gar zwei Zehen je Gliedmasse, wie beim Afrikanischen Strauß, reduziert (siehe Abbildung II.7d), eine im Funktionsprinzip konvergente Entwicklung wie die Ausprägung der Gliedmaßen bei Paar- und Unpaarhufern.

Beim Afrikanischen Strauß zeigt sich neben der hohen, maximalen Laufgeschwindigkeit von etwa 72 km/h ein besonderes Verhaltensmuster, dass die Jungen bei Bedrohung durch Räuber schützen soll.

Während einer der Strauße die Jungen um sich scharf, versucht ein anderer, den Feind durch ein sogenanntes „Kranker Strauß-Spiel“ abzulenken. Das Tier läuft vom Ort des Geschehens weg, lässt dabei einen „lahmen“ Flügel hängen, geht schwankend, bricht gar zusammen und fällt zu Boden. Dabei beobachtet der Simulant stets den Räuber.

Ist der Trick geglückt und der Feind abgelenkt, wird der „kranke“ Strauß plötzlich wieder putzmunter und flüchtet mit maximaler Geschwindigkeit. Seine Fußkrallen ermöglichen dem Strauß aber auch eine direkte effektive Gegenwehr.

Oft ist der in freier Wildbahn bis zu 30 Jahre, in Gefangenschaft sogar bis 50 Jahre alt werdende Strauß zu unrecht als „dummer Vogel“ bezeichnet worden, der zudem bei Gefahr „einfach den Kopf in den Sand stecken würde“ (siehe Abbildung VI.3a in Band 1). In der Tat ist es weder beobachtet worden, dass er seinen Kopf in den Sand steckt, noch spiegelt sich in seiner Angewohnheit, alles vor seinem Schnabel liegende zu fressen, selbst unverdauliche Steine, eine Form von Dummheit wider. Vielmehr frisst er solche Gegenstände, um sie in seinem Magen als Mahlsteine einzusetzen, die die schwer verdaulichen Wüstenpflanzen zu zerreiben vermögen (Gerlach (1968)). In Gefangenschaft gehalten verschlucken sie gelegentlich sogar Schlüsselbünde, Glas- und Metallstücke.



Abb. II.7e Ein Straußen-Weibchen rückt ihr Gelege zurecht, um es anschließend zu bebrüten. Das Nest besteht lediglich aus einer Vertiefung im Sandboden. Der Zoo Neuwied ist der einzige Zoo in Deutschland, der den Straußen das Bebrüten des Geleges auf natürliche Weise überlässt.

III VOGELZUG

III.1 GEFAHREN UND MOTIVATION

Einführung

Küstenseeschwalben (*Sterna paradisaea* oder *Sterna paradisaea*) legen auf ihren Fernwanderungen jedes Jahr bis zu 50.000 Kilometer zurück. Da sie bis 25 Jahre alt werden können, summieren sich in ihrer Lebensspanne so bis zu einer Millionen Kilometer.

Sie vollbringen damit enorme Streckenleistungen, beeindrucken aber besonders durch die in kurzer Zeit zurückgelegten Distanzen. So wurde eine an der Küste Labradors (Halbinsel im Nordosten Kanadas) beringte Küstenseeschwalbe bereits 90 Tage später in 15.000 km Entfernung an der Küste Ost-Südafrikas aufgefunden (siehe Abbildung III.1b).

Der Zug der Küstenseeschwalbe ist jedoch kein extremer Einzelfall, sondern eingebettet in das weit verbreitete Phänomen des Vogelzugs wie auch der Wanderungen vieler Organismen anderer Tiergruppen.

So wandert der Graubruststrandläufer in einer Zugrichtung 20000 km, der Storch 10000 km, der Kranich 6 500 km, der Kiebitz 3000 km und der Star noch immerhin 1400 km (Flindt (1986)).

Gefahren auf dem Zug

Die jährlichen, kräfteverzehrenden Wanderungen vieler Vögel sind mit zahlreichen Gefahren verbunden. Dennoch „lohnt“ sich für viele Arten die saisonale Wanderung zweimal im Jahr zwischen Überwinterungs- und Brutgebiet.

Eine nicht unerhebliche Gefahr während des Zugs besteht darin, in ständig neuen Gebieten darauf hoffen zu müssen, immer genug Nahrung am jeweiligen Rastplatz zu finden.

Auf dem Zug sind die Zugvögel jeglichen Witterungsverhältnissen ausgesetzt. Regen kann sie schwächen, Wind sie verdriften.



Abb. III.1a Küstenseeschwalbe (*Sterna paradisaea*).
[aus Nationalpark-Haus Juist (2002)]

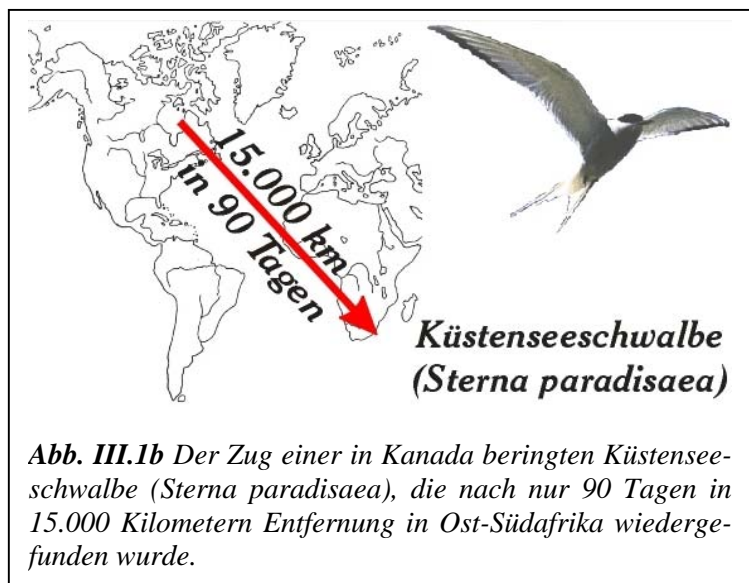


Abb. III.1b Der Zug einer in Kanada beringten Küstenseeschwalbe (*Sterna paradisaea*), die nach nur 90 Tagen in 15.000 Kilometern Entfernung in Ost-Südafrika wiedergefunden wurde.

Aber auch Feinde haben sich auf die periodisch, regelmäßig auftretenden Wanderungen eingestellt. So hat sich der im Mittelmeerraum auf dem Zugweg vieler Vögel brütende **Eleonorenfalke** (*Falco eleonora*) (siehe Abbildung III.1c) darauf spezialisiert, kleine Zugvögel zu jagen, um mit ihnen seinen Nachwuchs zu füttern. Da der Zug in die Winterquartiere allerdings erst sehr spät im Jahr einsetzt, nachdem die Durchzügler bereits gebrütet und den Nachwuchs groß gezogen haben, ist der Eleonorenfalke der am spätesten in Europa brütende Vogel. Erst im Spätsommer beginnt er mit der Brut. Aber auch der Eleonorenfalke ist ein Zugvogel, der sein Ruhegebiet in Madagaskar hat.

Entstehung des Vogelzugs

Der jährliche Zug der Vögel in die Brut- und Wintergebiete scheint so alt wie Vögel selbst zu sein. Neue Untersuchungen an versteinert in Nordamerika überlieferten, primitiven Zahnvögeln (*Hesperornis*), unseren Seetauchern ähnliche Vögel, zeigen Indizien dafür, dass diese auf Grund reduzierter Flügel flugunfähigen marinen Fischfänger bereits in der Kreidezeit schwimmend gewandert sind.

Fundumstände legen nahe, dass *Hesperornis* zur Brut weite Strecken in höhere Breiten zurück gelegt hat.

Ursprünglich gingen Ornithologen davon aus, dass allein die Eiszeiten oder Kontinentalverschiebungen der Grund für den Vogelzug seien. Vögel seien demnach lediglich diesen klimatischen oder tektonischen Verschiebungen gefolgt. Der Vogelzug wäre somit keine heute noch notwendige Wanderung, sondern allein eine historisch tradierte.

Die zahlreichen Pendel(fern-)wanderungen tropischer Vögel um den Äquator lassen sich mit dieser Theorie jedoch nicht in Einklang bringen.

Abgesehen davon, wäre wohl davon auszugehen, dass dieses Verhalten bis heute nahezu ausgelöscht wäre, da von einer Population immer einige Individuen artuntypisches Zugverhalten zeigen, beispielsweise im Sommer-

Brutgebiet verbleiben und den anstrengenden Zug nicht antreten. Wäre der Zug rein historisch begründet, würden Standvögel den Zugvögeln derselben Art überlegen sein, da sie die Anstrengungen des Zugs meiden und die potentiellen Brutgebiete vor den Ziehern besetzen können. So aber wirken die selektiven Prozesse bei den Standvögeln dergestalt, dass ihre Zahl nicht über die der Zugvögel Überhand gewinnt. Der Vogelzug ist also auch heute noch bei vielen Vogelarten ein wirksamer und notwendiger Arterhaltsmechanismus, auch wenn in den letzten Jahren bei einigen Vogelarten deutliche Verschiebungen zugunsten der Standvögel zu beobachten sind, die auf milde Winter, Zufütterung durch den Menschen und warme Städte (Verstecke in Nischen, Ritzen, wärmere Fußgängerzonen usw.) zurückgeführt werden.

Heute verfolgt man mehrere Ansätze der Vogelzug-Motivation und geht sogar davon aus, dass der Vogelzug mehrmals konvergent in verschiedenen systematischen Gruppen entstanden sein muss.

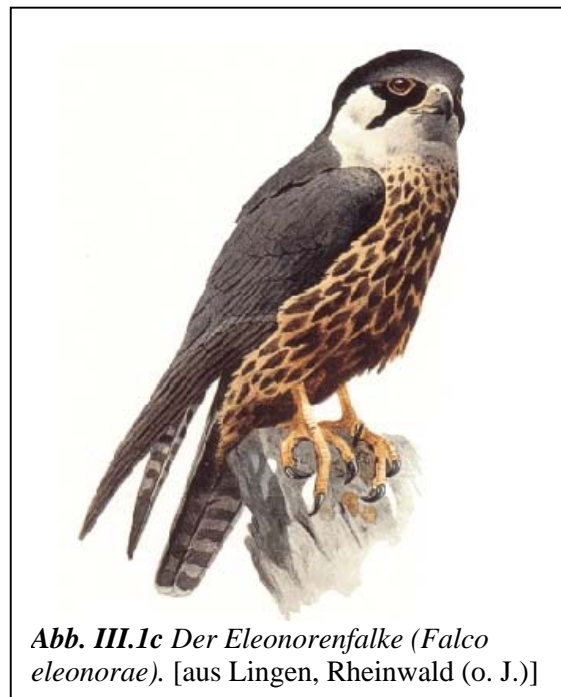


Abb. III.1c Der Eleonorenfalke (*Falco eleonora*). [aus Lingen, Rheinwald (o. J.)]

Von entscheidender Bedeutung ist jedoch, alle möglichen Faktoren mit einzubeziehen. Es gibt nicht eine einzige Motivation für den Zug. Vielmehr stehen mehrere Theorien nebeneinander, und die Eiszeiten und Kontinentalverschiebungen stellen nur zwei der zahlreichen potentiellen Gründe dar.

Beziehungsgeflecht verschiedener Faktoren

Ein schönes Gedicht von Heinrich Heine beschreibt das Hauptmotiv der meisten Wanderungen überhaupt im Tierreich. Auszugsweise ist dieses Gedicht („Die Wanderratten“) hier mit der Kernaussage wiedergegeben. Die Nahrungsbedingten Wanderungen betten sich allerdings in ein Beziehungsgeflecht verschiedener wirksamer Faktoren ein.

Käfigvögel ganz unterschiedlicher Arten reagieren schon nach wenigen Minuten mit einer erhöhten Aktivität, die man für Abwanderungsverhalten auf eine neue Nahrungsquelle hin ausgerichtet halten muss. Aber auch das Vermeiden intraspezifischer Konkurrenz und Populationsdruck werden als mögliche Gründe für den Zug angeführt. Witterungseinflüsse und die klimatischen Bedingungen in den nördlichen Brutgebieten werden ebenfalls als Motiv für den Zug angesehen, so machen gerade in nördlichen Gebieten starke Schneefälle und niedrige Temperaturen das Futter unzugänglich. Die Nahrungsressourcen werden hierdurch schon im Herbst zunehmend knapp. Mit den im Winter kürzer werdenden Hellperioden des Tages in Mitteleuropa werden für viele Vogelarten, würden sie ihre Sommerbrutgebiete nicht verlassen, die Zeit zu kurz, in der sie sich auf Nahrungssuche begeben könnten.

Dies kann natürlich nicht für die schon erwähnten Vögel der Äquatorregionen gelten. Bei ihnen sieht man den Grund für die Wanderungen in den saisonal auftretenden, heftigen Niederschlägen.



Abb. III.1d Brandgans (*Tadorna tadorna*).
[aus Nationalpark-Haus Juist (2002)]

Mauserzug

Der Zug in sichere und milde Gebiete zur Mauserung ist ein bei **Brandgänsen** (*Tadorna tadorna*) (siehe Abbildung III.1d) zu beobachtendes Phänomen, der sogenannte Mauserzug. Sie ziehen zur jährlicher Mauser an die Festlands- und Inselküsten der Nordsee, besonders zum Knechtsand. Während dieser Periode sind sie flugunfähig und kehren erst im Frühjahr in kleinen Trupps wieder in ihre Brutgebiete an Küsten, größeren Seen und Flüssen zurück.

Die Wanderratten

Es gibt zwei Sorten Ratten: Die hungrigen und die satten.
Die satten bleiben vergnügt im Haus, die hungrigen aber wandern aus.
(...)

Heinrich Heine

III.2 WANDERTYPEN UND STEUERUNG

Nomaden und Vertikalwanderer

Der Vogelzug ist nur ein Aspekt unter den vielen zu unterscheidenden Wandertypen bei Vögeln. Neben nach Nahrung suchenden, scheinbar ziellos umherziehenden und -suchenden Nomaden, wie **Wellensittichen** (*Melospittacus undulatus*) und Kreuzschnäbeln (**Fichtenkreuzschnabel** (*Loxia curvirostra*) und **Bindenkreuzschnabel** (*Loxia leucoptera*)), lässt sich bei montanen Arten die einfachste Form des Vogelzugs beobachten. Wenn im Herbst und Winter die Temperaturen in den höher gelegenen Bergregionen zu niedrig werden, ziehen diese Vögel, wie die **Alpendohle** (*Pyrrhonorax graculus*), der **Wasserpieper** (*Anthus spinoletta*) oder der **Mauerläufer** (*Tichodroma muraria*), über kurze Distanzen in die tiefer gelegenen Tallagen herab. Diese zweimal im Jahr (Herbst und Frühling) auftretenden Bewegungen werden als Vertikalwanderungen bezeichnet.

Definition des Vogelzugs

Auch wenn diese Wanderungen sich jährlich wiederholende Wanderungen zwischen Sommer- und Wintergebieten sind, so versteht man unter dem Vogelzug im engeren Sinn meist die jährlichen Pendelfernwanderungen, beispielsweise der bekannten **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) oder der **Graugänse** (*Anser anser*). Eine sehr knappe, aber dennoch präzise Definition haben Schüz, Berthold, Gwinner und Oelke 1971 aufgestellt, die den Vogelzug in den meisten Fällen gut von anderen Wanderbewegungsformen bei Vögeln abgrenzt. Für sie ist „Vogelzug ist die regelmäßige saisonale Pendelbewegung zwischen einem Brutgebiet und einem Ruheziel, häufig einem Winterquartier.“

Abschnitte des Vogeljahres

Aus dem saisonalen Aufenthalt in zwei Lebensräumen resultiert, dass sich das Jahr der Zugvögel in meist vier deutlich unterscheidbare Abschnitte gliedern lässt:

- Die Brutperiode im Sommer,
- der Zug ins Überwinterungsgebiet, der Wegzug genannt wird,

- der Aufenthalt im Winter-Ruhegebiet, das im Vergleich zum Brutgebiet im Winter ein milderes Klima aufweist, und
- der Zug wieder zurück ins Brutquartier, der sogenannte Heimzug.

Beispiele für eine unscharfe Trennung zwischen Zug, Aufenthalt im Winter-Ruhegebiet und dem Heimzug sind **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) und **Schwarzstörche** (*Ciconia nigra*). Sie wandern oftmals über den ganzen Winter viele hundert Kilometer umher, so dass nicht immer eine eindeutige Aussage darüber gemacht werden kann, wann das Individuum das Wintergebiet erreicht hat und wann der Heimzug begonnen hat.

Kategorien des Zugverhaltens

Auch wenn jede Vogelart ein für sie typisches, artspezifisches Zugverhalten zeigt und selbst der Zug jedes einzelnen Zugvogels individuelle Unterschiede aufweist, lassen sich generalisierend vier Kategorien aufstellen, in denen alle ziehenden Vogelarten eingeteilt werden können.

Dies sind 1. Standvögel, 2. ungerichtete Zieher, 3. Zugvögel und 4. Teilzieher (siehe Abbildung III.2a).

Standvögel

Bei Standvögeln stimmen Brut- und Überwinterungsgebiet überein. Vor allem Körnerfresser gehören dieser Gruppe an, da für sie das Futterangebot über das ganze Jahr relativ konstant bleibt. Es gibt unter den Standvögeln aber auch Arten, die im Winter ihre Ernährungsweise ändern, um sich der in ihrem Lebensraum jeweils verfügbaren Nahrung anzupassen. So sind außer dem **Wendehals** (*Jynx torquilla*), ein Langstreckenzieher, alle übrigen zehn europäischen Arten von Spechten, der **Haussperling** (*Passer domesticus*) und die **Elster** (*Pica pica*) Standvögel.

Ungerichtete Zieher

Diese Vögel ziehen aus dem Brutgebiet in unterschiedliche Richtungen, bleiben entwe-

der im neuen Revier oder wandern regelmäßig wieder in Brutgebiet zurück. Beispiele für diesen Zugtyp sind der **Graureiher** (*Ardea cinerera*) und der **Eichelhäher** (*Garrulus glandarius*).

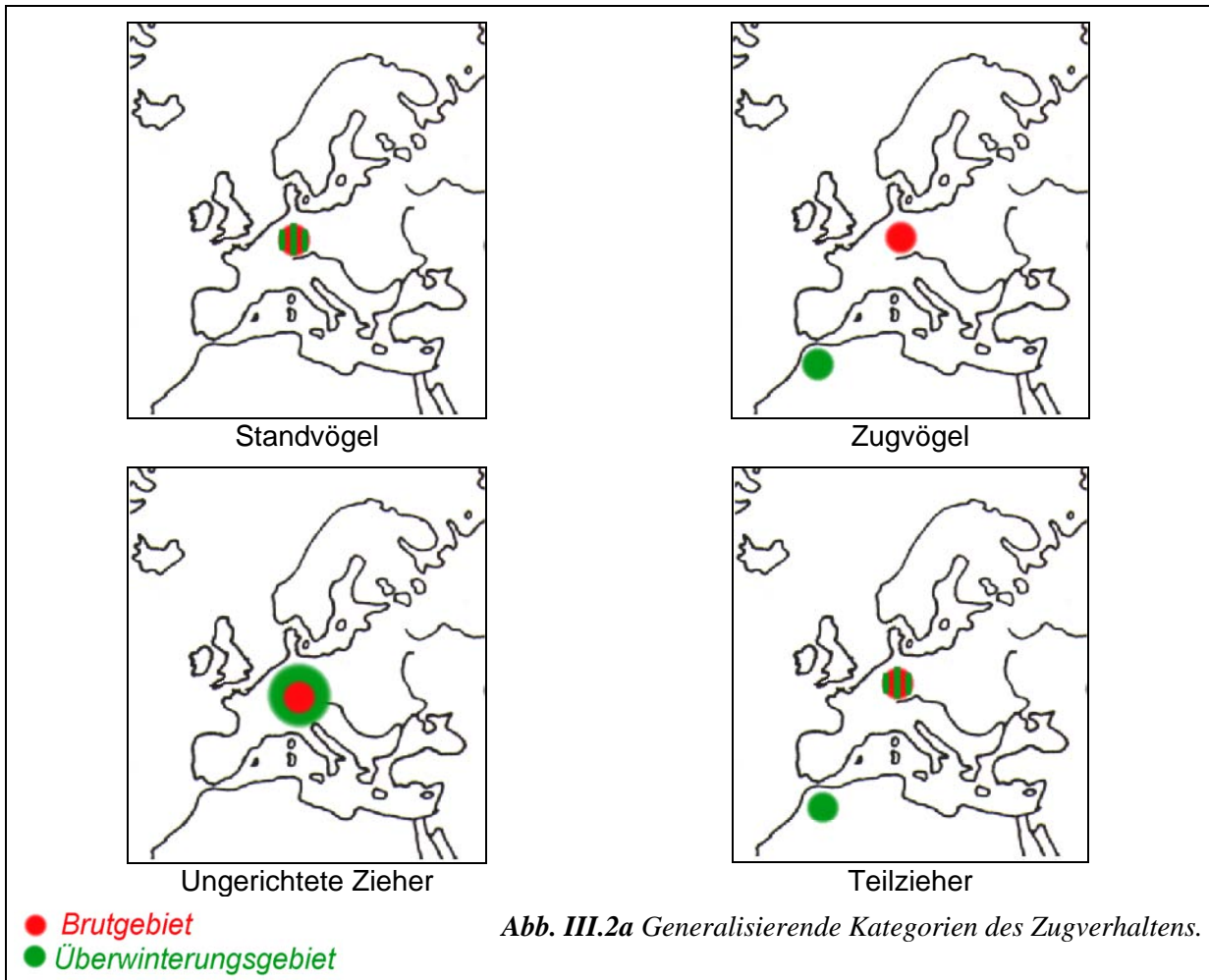
Zugvögel

Weißstorch (*Ciconia ciconia*), **Schwarzstorch** (*Ciconia nigra*), **Raubseeschwalbe** (*Sterna caspia*), Singdrossel (*Turdus philomelos*) und **Wespenbussard** (*Pernis apivorus*) sind nur einige Beispiele dieser sehr viele Arten umfassenden Gruppe. Zugvögel brüten in einem Sommergebiet und ziehen danach im Herbst in ein oft viele hundert Kilometer entferntes Ruhegebiet. Sie überwinden dabei zahlreiche Erschwernisse und Barrieren (Gebirge, Meere, schlechte Witterung, Luftströmungen etc.). Nach der Überwinterung wandern sie in der Regel in ihr angestammtes Brutgebiet zurück, bei Störchen wird sogar

beobachtet, dass sie immer wieder zum selben Nest zurückkehren.

Teilzieher

Die Individuen zeigen innerhalb der Art ein individuell unterschiedliches Zugverhalten. Ein Teil der Vögel dieser Arten bewältigt den Zug in entferntes Überwinterungsgebiet, andere hingegen bleiben wie Standvögel im Brut- und Sommergebiet. Beispiele für Teilzieher sind **Grünfinken** (*Carduelis chloris*) und **Goldammern** (*Emberiza citrinella*). Auch **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*) sind Teilzieher. Bemerkenswert sind die Ergebnisse von Messungen der Flügelänge bei ziehenden und nicht ziehenden Individuen, nach denen die ziehenden Rotkehlchen wesentlich längere Flügel als nicht ziehende Rotkehlchen haben, so W. Wiltshcko vom Zoologischen Institut der Universität Frankfurt (mündlich in Reportage Globus, WDR (2003).



Klassifizierungsprobleme

Erscheint es zunächst leicht, eine Art einem bestimmten Wandertypus zuzuordnen, zeigen sich die möglicherweise auftretenden Probleme erst bei Detailbetrachtung.

Wer einen Vogel beobachtet, kann zunächst nicht wissen, ob es sich bei der Art um einen Zugvogel, Standvogel, ungerichteten Zieher oder Teilzieher handelt. Selbst wenn mehrere Beobachtungsdaten unterschiedlicher Regionen vorliegen, ist eine eindeutige Aussage noch nicht möglich.

Eine über das ganze Jahr an einem Ort anzutreffende Vogelart muss nicht zwingend eine teilziehende Art oder eine den Standvögeln zuzurechnende Art sein. Im Sommer in dieser Region beobachtete Individuen dieser Art könnten beispielsweise schon nach Süden weggezogen und durch zeitgleich aus dem Norden eingeflogene, überwinterte Individuen der gleichen Art ersetzt worden sein, ohne dass dies aufgefallen wäre.

Dynamik

Auch gibt es deutlich erkennbare Tendenzen von bisher reinen Zugvögeln, nicht mehr oder nur noch teilweise oder nur noch kurze Distanzen zu ziehen. So zeigt eine Eingruppierung der Vogelarten in die vier Kategorien jedes Jahr eine neue Dynamik.

In Süddeutschland brütende **Tafelenten**-Populationen (*Aythya ferina*) beispielsweise zeigen eine solche Verkürzung der Zugwege. Sie ziehen für den Winter nicht mehr in entfernt liegende Überwinterungsgebiete, sondern fliegen nur noch bis zum Ismaninger Stausee, einem künstlichen See bei München. Andere ziehen nur noch bis zum Bodensee und überwintern dort.

In Günzburg (Schwaben, Bayern) überwintern bereits seit etlichen Jahren eine größere Zahl **Graugänse** (*Anser anser*) in den innerstädtischen Park- und Wasseranlagen (siehe Abbildung III.2b). Sie verlassen auch im Sommer nicht mehr die nähere Umgebung von Günzburg.

Ein anderes Beispiel zeigt aber auch eine Vergrößerung der Zugstrecken. Die **Amsel** (*Turdus merula*) vergrößert ihr Verbreitungsgebiet immer mehr nach Norden, Richtung

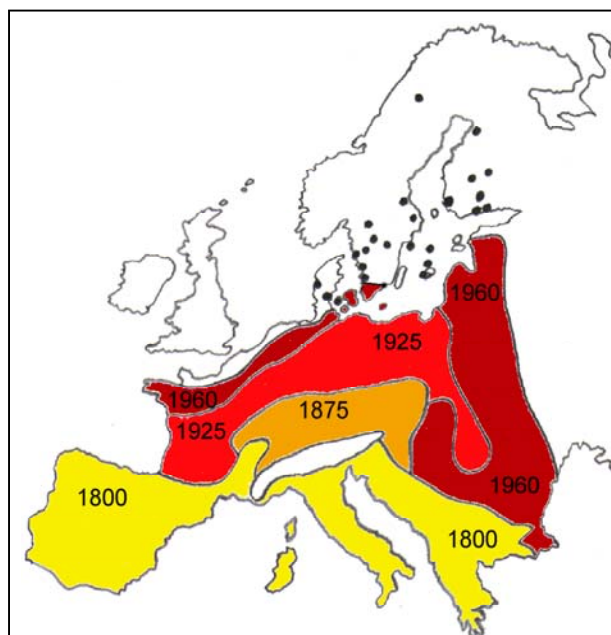


Abb. III.2c Verbreitungsgebiet des Girlitz (*Serinus serinus*) in Europa. Gelb markiert ist die Ausbreitung um 1800, orange 1875, rot 1925 und dunkelrot 1960. Schwarze Punkte markieren Beobachtungen und Brutplätze bis 1969. [überarbeitet, Daten nach Olsson (1969)]



Abb. III.2b In den Parkanlagen der Stadt Günzburg (Bayern) überwinterte Graugänse (*Anser anser*).

Skandinavien. So verlängert sich auch der Zugweg jedes Jahr um einige Kilometer.

Auch die Langzeitbeobachtung am **Girlitz** (*Serinus serinus*) zeigt eine ähnliche, ebenso deutliche Ausweitung des Verbreitungsgebietes (siehe Abbildung III.2c).

Genetische Determinierung

Selbst, wenn die Lebensbedingungen im Brutgebiet noch gut sind und genügend Nahrung zu finden ist, ist kurze Zeit vor dem Wegzug zunächst eine deutliche Unruhe festzustellen. Kurz darauf treten die Zugvögel die lange Wanderung in ihre Überwinterungsgebiete an.

Ohne diesen frühzeitigen Start wäre das weit entfernte Ziel aber auch nicht rechtzeitig vor Einbruch des Winters zu erreichen. Daher wurde bereits früh ein innerer, genetisch gesteuerter Rhythmus vermutet, der den Zug auslöst und dessen Steuerung übernehmen würde.

In Versuchen an **Mönchsgrasmücken** (*Sylvia atricapilla*) konnte die genetische Determinierung des Vogelzugs tatsächlich empirisch nachgewiesen werden. Nach diesen Experimenten ist die Vorzugsrichtung also genetisch vorgegeben und wird mit einer endogenen Rhythmik berechnet.

Orientierung

Die eigentliche Orientierung erfolgt dagegen über verschiedene Sinne, die teilweise parallel und in Wechselwirkung zueinander arbeiten. Dies können ein Magnetsinn (Erkennen des Magnetfeldes der Erde), eine Sternen- oder Sonnenorientierung, Duftfelder, der Mond, Infraschall oder aber auch Landmarken sein.

Standvogel-Zugvogel-Verhältnis

Auch das eigentliche Zugverhalten ist genetisch bedingt. So gibt es immer wieder einige Individuen einer ziehenden Art, die entgegen des Verhaltens ihrer Artgenossen, im Brutgebiet zu überwintern versuchen. Gelingt ihnen dies ohne wesentliche Beeinträchtigungen, so werden ihre Nachkommen ebenfalls eher nicht-ziehend sein. So zeigt sich mit jedem milden Winter eine dynamische Verschiebung der Zugvogel-Standvogel-Verhältnisse zugunsten des Nicht-Zieher-Anteils einer Art. Ein strenger Winter hingegen verschiebt die Anteile in Richtung der Zugvogel-Anzahl.

Geschlechtsspezifische Zugunterschiede

Bei einigen ziehenden Arten fällt auf, dass die Männchen die Überwinterungsgebiete deutlich vor den Weibchen verlassen und somit früher die Brutgebiete zu erreichen. Dabei herrscht zwischen den Männchen eine besondere Konkurrenz-Situation. Bei der in der Regel begrenzten Zahl von Nistplätzen und Revieren werden nur die ersten Rückkehrer freie Plätze besetzen können. Die Selektion bevorzugt in diesem Fall diejenigen, die als erste in einem Brutrevier angekommen sind. Diese gerichtete Selektion findet ihre Grenze natürlich dann, wenn Männchen das Brutgebiet bereits so früh im Jahr erreichen, dass die gute Überlebensbedingungen dort Jahreszeitbedingt noch gar nicht gegeben sind.

III.3 ZUGSYSTEME

Mit Kurzstrecken- und Langstreckenziehern können zwei grundsätzliche Zugvogel-Typen unterschieden werden.

Kurzstreckenzieher

Kurzstreckenzieher legen relativ kurze Distanzen zurück, bleiben zur Überwinterung im gleichen Klimagebiet (nördlich des Mittelmeeres oder der Sahara). Sie können Ankunft und Wegzug meist nach der aktuellen Wetterlage richten, wie dies beispielsweise beim **Star** (*Sturnus vulgaris*) und der **Bachstelze** (*Motacilla alba*) der Fall ist. Meist ziehen sie

tagsüber in mehr oder weniger großen Gruppen (Tagzieher).

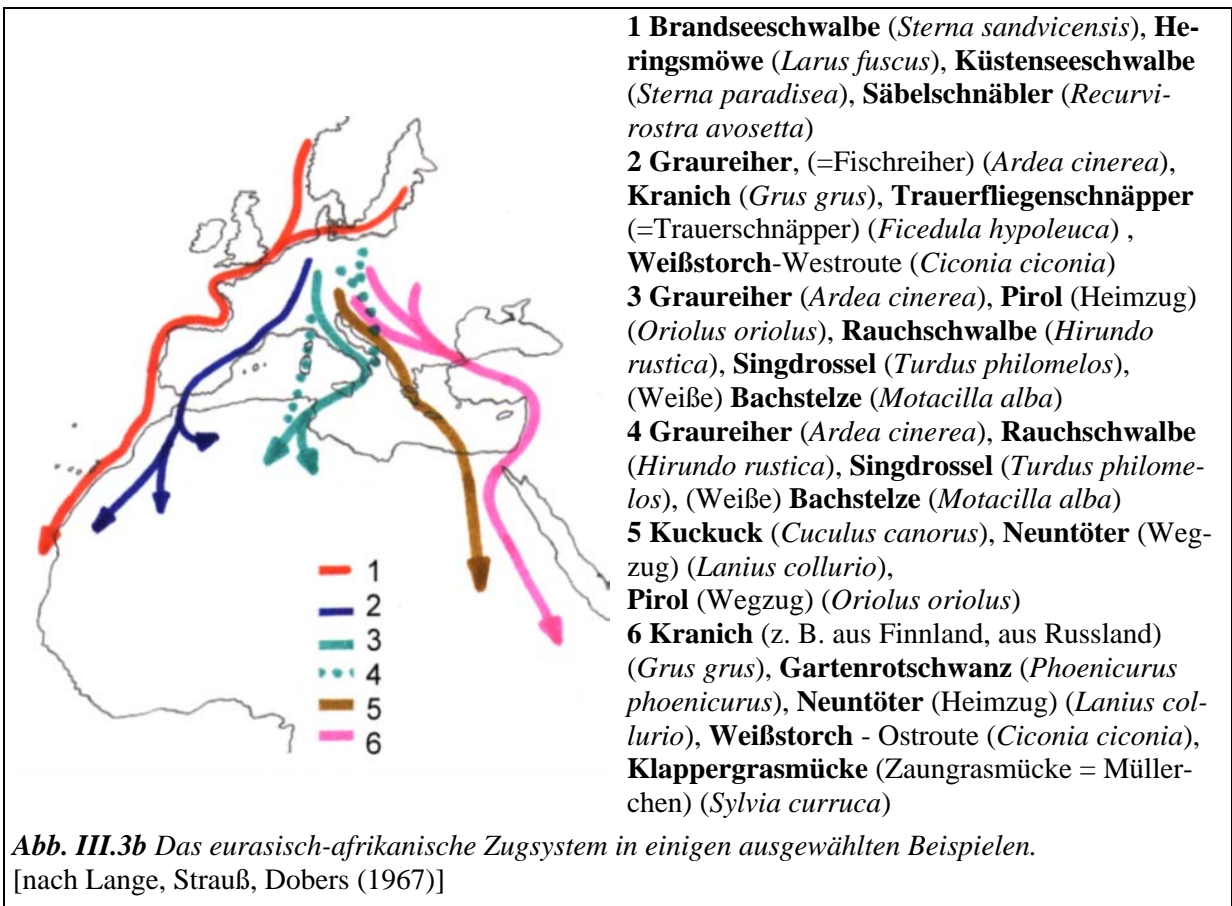
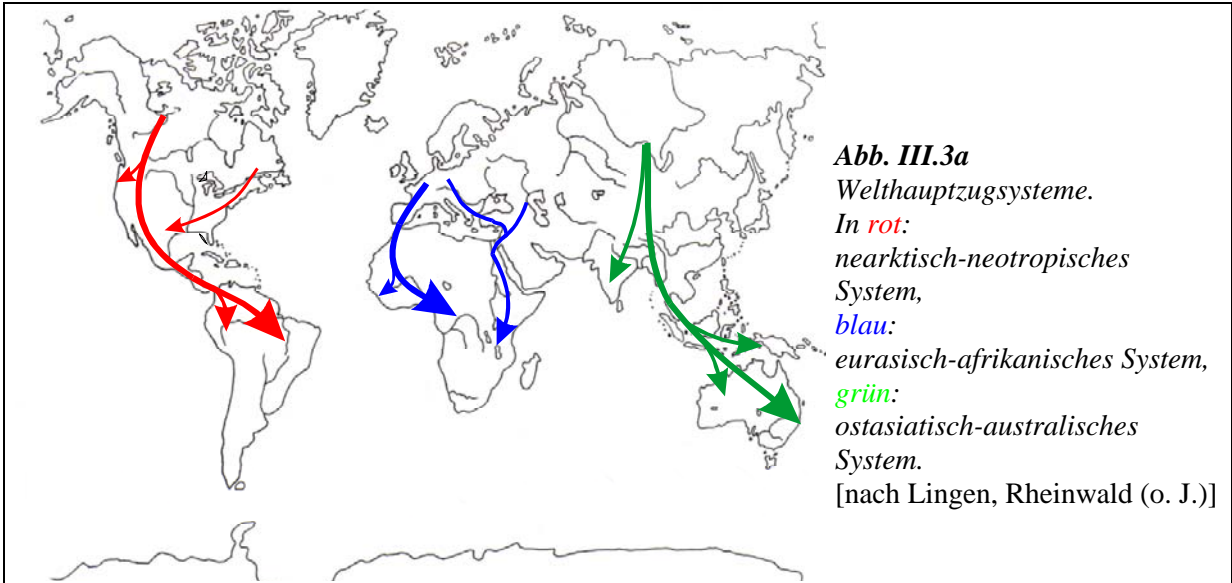
Langstreckenzieher

Langstreckenzieher wandern über die Sahara hinweg oder umgehen sie weiträumig und gelangen so in ihr Ruhegebiet, das (meist) in einer anderen Klimazone liegt. Aufgrund der weiten zurückzulegenden Distanzen kann das Zugverhalten solcher Arten nicht nach Wetter- und Nahrungsverhältnissen gerichtet werden, sondern nur nach einer endogenen Uhr.

Um unter anderem beim Flug Energie zu sparen, ziehen Langstreckenzieher in der Mehrzahl einzeln in der Nacht (Nachtzieher). Beispiele sind **Gartenrotschwanz** (*Phoenicurus phoenicurus*), **Neuntöter** (*Lanius collurio*), **Weißstorch** (*Ciconia ciconia*) und die meisten Schwalben.

Welthauptzugsysteme

Der Vogelzug erfolgt im Wesentlichen über drei Welthauptzugsysteme, dem nearktisch-neotropischen, eurasisch-afrikanischen und ostasiatisch-australischen System, die in der Abbildung III.3a dargestellt sind.



Beim eurasisch-afrikanischen System fallen die zwei möglichen Haupttrouten auf, eine über die Iberische Halbinsel und Gibraltar nach Westafrika, die zweite über den Bosphorus nach Ostafrika. Somit ergibt sich – zumindest für einige Arten, wie den **Weißstorch** (*Ciconia ciconia*) – in Mitteleuropa eine in Nord-Süd-Richtung verlaufende Linie als sogenannte Zugscheide. Östlich dieser Scheide ziehen die Individuen in der Regel über den Bosphorus in die Winterruhegebiete, westlich davon über Gibraltar.

Bei anderen Arten hingegen erfolgt der Zug aller Individuen über nur eine mögliche Zugroute, andere ziehen in Form eines großen Schleifenzugs oder zumindest beim Weg- und beim Heimzug auf unterschiedlichen Routen, wie der **Pirol** (*Oriolus oriolus*), der auf dem Wegzug über Griechenland und dann direkt über einige vorgelagerte Inseln über das Mittelmeer fliegt, auf dem Heimzug jedoch die Flugroute über Sizilien und Italien wählt (siehe Abbildung III.3a). Insgesamt ist die Erforschung des Vogelzugs trotz vieler neuer Erkenntnisse immer noch nicht abgeschlossen. Zu technischen Schwierigkeiten der Erforschung kommt noch hinzu, dass selbst auf Artniveau keine eindeutigen Zugrouten bestimmt werden können. So müssen Zugrouten mindestens in die einzelnen Subspezies aufgeschlüsselt werden. Die Abbildungen III.3d und III.3e (siehe auf der nächsten Seite) zeigen die Zugwege des in Deutschland seltenen **Goldregenpfeifers** (*Pluvialis apricaria*) auf Unterartniveau. Deutlich wird, dass die in verschiedenen Sommergebieten brütenden Unterart-Populationen in den Winterruhegebieten miteinander Kontakt kommen können. Es ist somit nicht auszuschließen, dass sich einzelne Individuen in den überlappenden Wintergebieten Individuen anderer Populationen anschließen und ihnen in ihre Sommergebiete folgen.

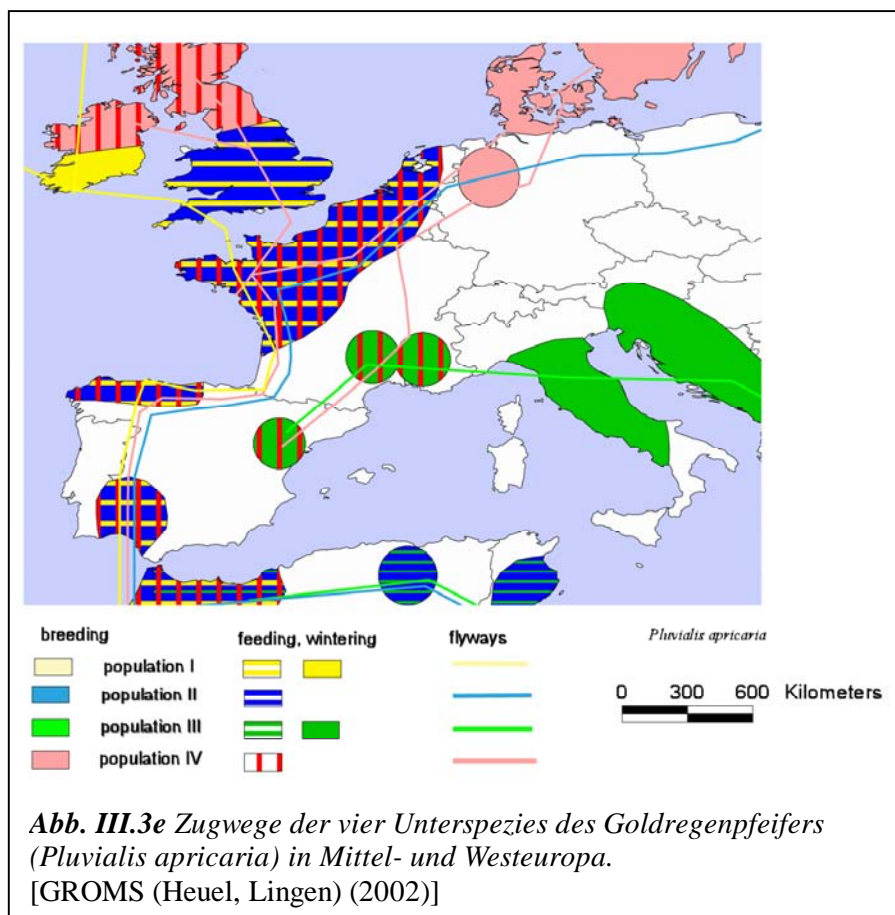
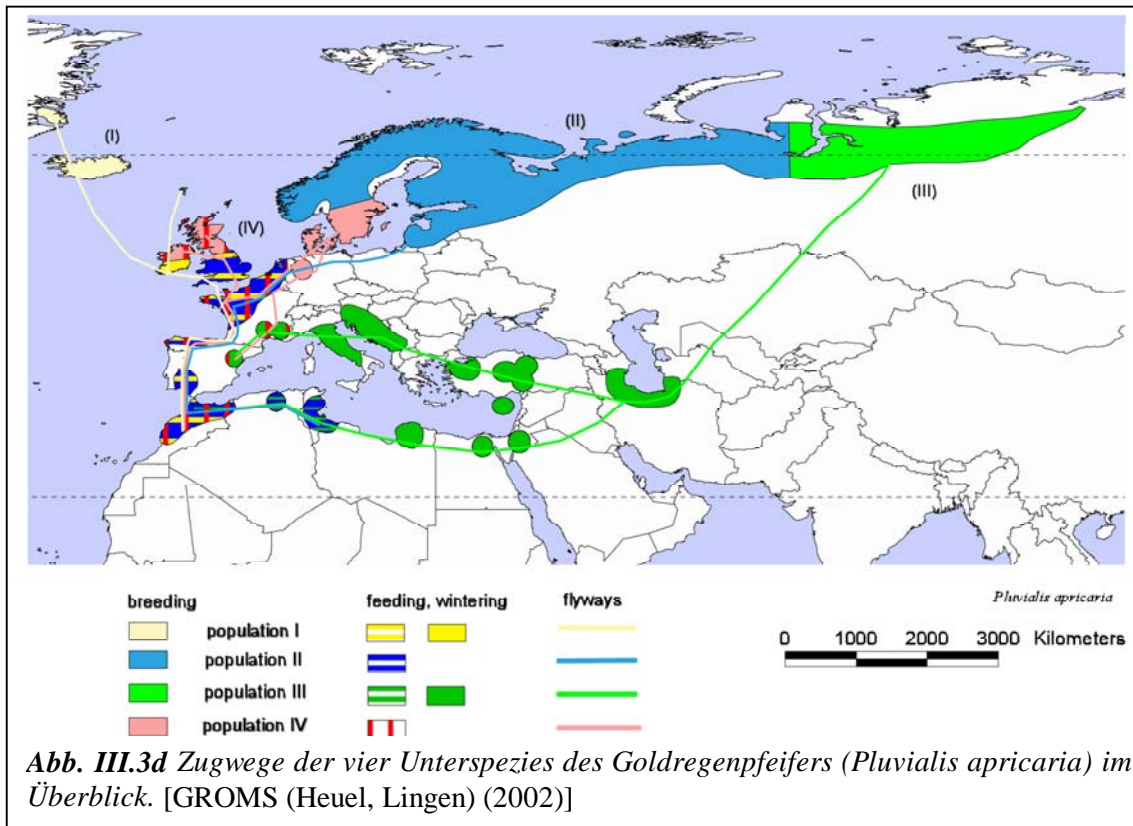
Zuglinien und Fettdepots

Wenn man die Zuglinien-Darstellungen (siehe Abbildung III.3c) betrachtet, fallen sofort die häufige Wahl der Zugrouten entlang der Küsten oder Gebirgskämme auf.



Abb. III.3c Zuglinienkarte für den Mittelmeerraum um Italien beim Wegzug von Vögeln. Deutlich ist die Leitlinienwirkung der Meeresküsten und des Hochgebirgsfußes zu erkennen. [aus Schüz (1971)]

Sie dienen Zugvögeln als geographische Orientierungsmarken, sind aber auch Barrieren, aus denen die gewählte Zugroute resultiert. Besonders Großvögel meiden den Flug über große Wasserstrecken und fliegen lieber auch weite Umwege über Land als große Distanzen über Meere zurückzulegen, da sie den energiesparenden Gleit- oder Segelflug dem Ruder- oder Schlagflug vorziehen und dabei auf die über Land günstigeren Thermiken und wärmere Luftschichten angewiesen sind. Ohne die gleitende Fortbewegungsweise wären solche großen Vögel kaum in der Lage, die weiten Wanderungen durchzuführen. Dennoch gibt es auch Arten, die regelmäßig non-stop große Meere, Wüsten und Gebirge überfliegen.



Der Vogelzug in großen Höhen über die Gebirge erfordert nicht nur besondere Anpassungen, wie spezielle Höhen-Hämoglobine im Blut, die auch noch in 10.000 Metern Flughöhe Sauerstoff aufzunehmen und zu transportieren vermögen, sondern auch die Anlage großer Fettdepots, die für die strapazenreiche Zeit der Wanderung die notwendigen Energien in ausreichender Menge zur Verfügung stellen kann.

Formationsflug

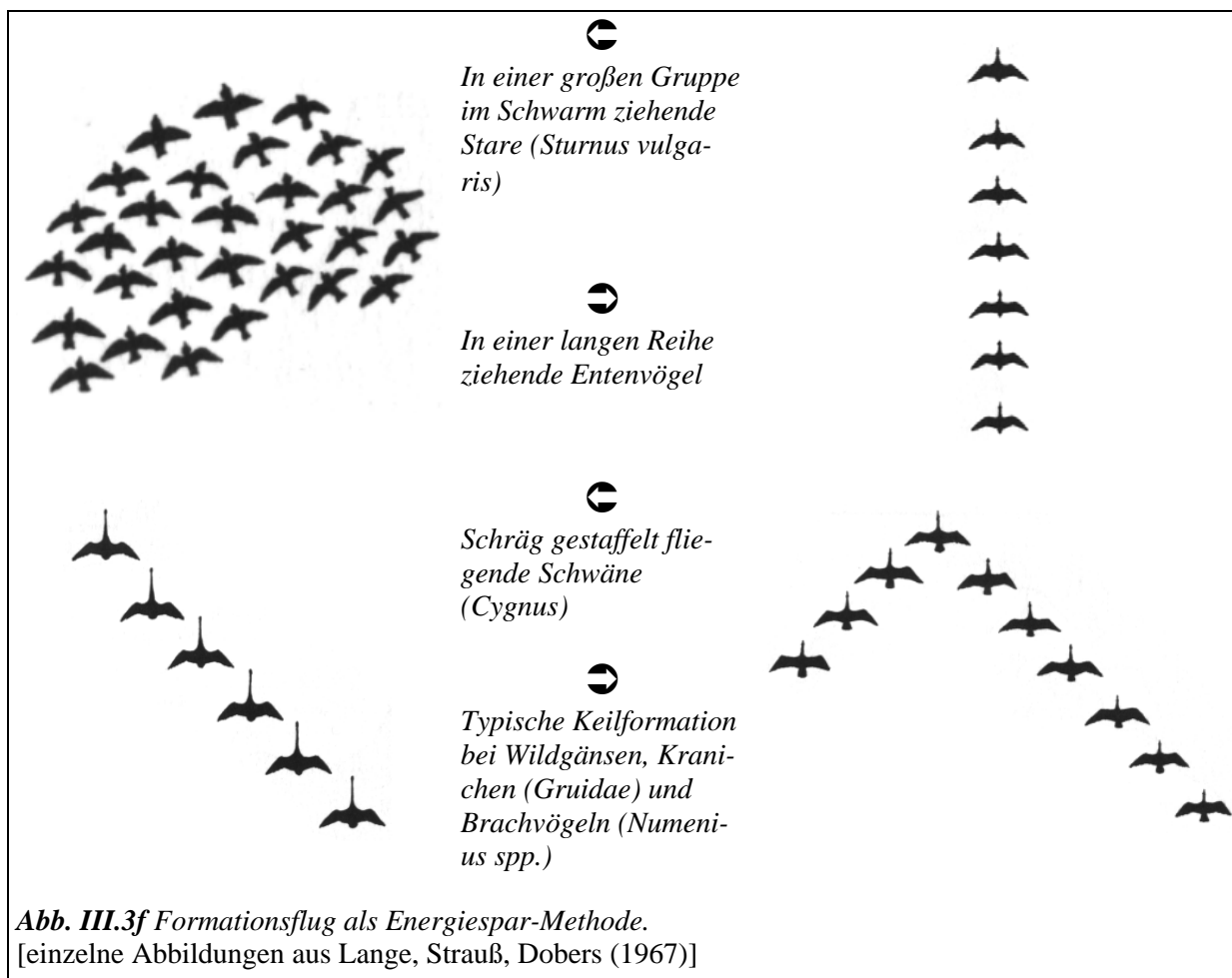
Die Wildgänse ziehen nach Süden. Fragt eine Neue, die zum ersten Mal mitfliegt, ihre Nachbarin: „Warum fliegen wir eigentlich diesem alten Trottel da vorne nach?“ – „Na, weil er die Landkarte hat!“

Eine effektive Methode, um auf dem Weg- und Heimzug Energien zu sparen, liegt im Flug in aerodynamisch günstigen Formationen (siehe Abbildung III.3f), denen sich teilweise sehr viele Individuen anschließen. Manchmal ziehen sogar verschiedene Arten in einer Gruppe miteinander.

Dabei wechseln sich in der Regel die Individuen in ihren Positionen innerhalb der Formation ab. Besonders das Fliegen an der Spitze der Gruppe ist kräftezehrend.

Andere Charakteristika

Es gibt noch zahlreiche, weitere interessante Charakteristika, wie beispielsweise den Zug in engen Flugkorridor-Routen (Schmalfrontzug) bei **Weiß-** und **Schwarzstorch** (*Ciconia ciconia* und *Ciconia nigra*) und **Kranich** (*Grus grus*), den hierzu gegensätzlichen Zug der Individuen auf individuellen, parallel



verlaufenden Routen (Breitfrontzug) bei **Singdrosseln** (*Turdus philomelos*) und Schwalben oder den Trichterzug, bei dem die Flugrouten trichterförmig vor den geographischen Engstellen, zum Beispiel vor Gibraltar und am Bosphorus, zusammenlaufen.

In bestimmten Gebieten, wie beispielsweise dem Niederrhein, kommt es alljährlich zu

Massenansammlungen verschiedenster Wasservögel. Etwa 180000 arktische Wildgänse versammeln sich allein am niederrheinischen Gebiet bei Kleve (Schäfer (2003)). Dort rasten sie auf dem Weg- und Heimzug oder überwintern teilweise sogar.

III.4 FORSCHUNGSMETHODEN

Vorgeschichte

Erst seit den letzten zwei Jahrhunderten wird der Vogelzug ernsthaft erforscht. Da in früheren Epochen eine direkte Beobachtung der Zugvögel nur stationär möglich und eine Verfolgung ausgeschlossen war, rankten sich im Altertum zahlreiche Geschichten um das plötzliche Verschwinden und Auftauchen der Zugvögel im Jahresrhythmus. So schrieb Carl von Linné 1735, dass sich die Mehlschwalbe im Winter eingraben würde und erst im Frühling wieder hervor käme.

Erste Untersuchungen

Erste systematische Untersuchungen des Vogelzugs begannen mit dem sogenannten Pfeilstorch, dessen erstes Exemplar im Mai 1822 bei Wismar gefangen wurde. Ein 80 Zentimeter langer Pfeil eines afrikanischen Jägers hatte ihn getroffen. Nach Entfernen des Pfeils verstarb der Storch, nachdem er mit ihm die weite Strecke von Afrika überstanden hatte. Erst mit diesem Fund und den später noch aufgefundenen weiteren Pfeilstörchen (siehe Abb. III.4a) wurde allmählich klar, welche weiten Entfernungen beim Vogelzug jährlich zurückgelegt wurden.

Forschungsmethoden

Sichtbeobachtung und akustische Registrierung

Die einfachste Form der Erkenntnisgewinnung erfolgt über die simple Sichtbeobachtung am Tage beziehungsweise eine akustische Registrierung bei Nacht.

Dabei können je nach Methode die gesehenen Arten, die (geschätzte) Anzahl der Individuen,

Aufenthaltsdauer, Verhalten und weitere besondere Merkmale erfasst werden.

Diese Punktdaten liefern für die Vogelzugforschung wertvolle Informationen. Wichtig ist eine Verknüpfung vieler solcher Daten. Erst so lassen sich Rasterkarten des Vorkommens erstellen.

Beringung

Die Beringung setzt natürlich voraus, dass die Vögel zur Beringung zunächst eingefangen werden müssen. Neben dem beträchtlichen (personellen und zeitlichen) Aufwand bei allerdings niedrigen Material- und

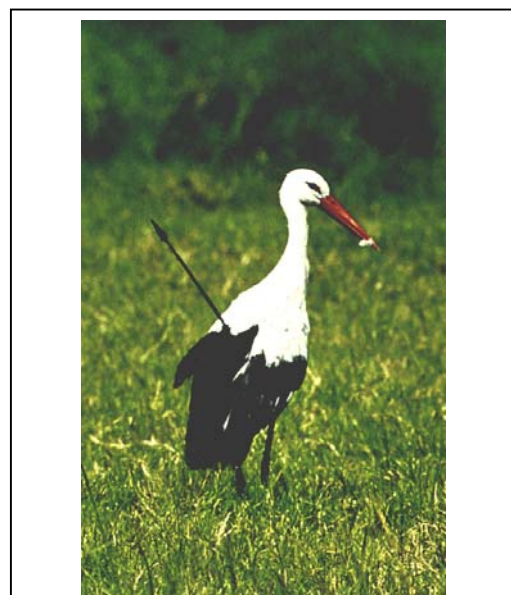


Abb. III.4a Pfeil-Storch aus Afrika
[von Dr. Hans Klingel, Braunschweig]

Hilfsmittelkosten sind die Wiederfundraten besonders bei Kleinvögeln nicht allzu hoch. Die gewonnenen Daten können leider auch nur punktuelle Werte beinhalten, zeigen aber zumindest mindestens zwei Aufenthaltsorte und Zeiten bei einem Wiederfund.

Radar-Beobachtung

Die Radar-Beobachtung ist eine weitere Methode der modernen Vogelzugforschung. Die für die heutige Forschung unverzichtbare Variante der Luftraumüberwachung wurde nur zufällig entdeckt, nachdem die vermeintlichen Störungen der Radar-Geräte als durch den beobachteten Luftraum ziehende Vögel identifiziert werden konnten. Mit dieser Methode lassen besonders Flughöhe, -dichte, -richtung und -geschwindigkeit messen. Die Bestimmung der jeweiligen Vogelart geschieht über die Flügelschlagfrequenz, was aber nicht immer erfolgreich ist. Die Verfolgung eines einzelnen Zugvogels ist mit der Radar-Technik leider nicht möglich. Im Bereich der individuellen Vogelzugforschung findet sie daher keine Anwendung.

Satelliten-Telemetrie

Der Wunschgedanke vieler Vogelzugforscher war es, einen einzelnen Zugvogel auf seiner langen Reise unmittelbar beobachten und verfolgen zu können. Die Satelliten-Telemetrie hat es - der Geschichte von Nils Holgersson gleich - möglich gemacht, genau dies mittels eines kleinen an den Vogel geschnallten Rucksacks mit Batterie und Satellitensender zu tun.

Da die ersten Sender relativ groß und schwer waren, wurden die Untersuchungen zunächst an **Fischadlern** (*Pandion haliaetus*) und **Kaiseradlern** (*Aquila heliaca*) durchgeführt.



Abb. III.4b Ein Kranich wird mit einem nur 60 Gramm schweren Satelliten-Telemetrie-Sender versehen, der die punkt- und zeitgenaue Wegerfassung des Zugs ermöglicht. Dieses Projekt einer Kranich-Zug-Beobachtung wurde erst durch die Unterstützung der Deutschen Lufthansa AG ermöglicht, deren Firmenlogo der Kranich ist.

[aus Lufthansa Report (1999)]

Auch war eine Verfolgung nur über eine einzige Zugperiode möglich, da die Senderbatterien noch zu schwach waren. Leistungsfähigere Batterien wären aber mit einem noch höheren und damit selbst für diese Großvögel unzulässig hohem, die Ergebnisse verfälschenden Gewicht einhergegangen.

Erstmals im Jahr 1991 gelang eine komplette Zugrouten-Erfassung eines besenderten **Weißstorchs** (*Ciconia ciconia*).

Die erste telemetrische Zugerfassung von **Kranichen** (*Grus grus*) wurde Ende 1998 durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt konnten schon Sender mit einem Gewicht von etwa 60 Gramm verwendet werden.

Im Jahr 2002 haben die Sender bereits ein Gewicht von etwa 35 Gramm erreicht. Die weitere Verkleinerung und Gewichtseinsparung wird es in nicht ferner Zukunft möglich machen, auch Kleinvögel zu besendern und deren Zug zeitsimultan zu verfolgen.

IV EVOLUTION

IV.1 HERKUNFT DER MODERNEN VÖGEL

Die Herkunft der Vögel, die heute unseren Planeten bevölkern, ist bis heute nicht endgültig geklärt und daher zumindest in Details immer noch höchst umstritten.

Das Fehlen von Fossilien (siehe zu Fossilien: Kapitel IV.2) entscheidender Stammgruppen, die eindeutige Rückschlüsse auf die tatsächliche Phylogenie (Entwicklungsgeschichte) der Vögel erlauben, lassen derzeit nur Hypothesen zu, die aber dank neuester Erkenntnisse sehr wahrscheinlich zumindest in den Grundzügen der Realität entsprechen dürften.

Dennoch muss bemerkt werden: Auch wenn in der ornithologischen Literatur immer wieder angeführt wird, Vogelfossilien seien bemerkenswert selten, zeigt der Vergleich mit den anderen Tetrapoden-Gruppen, dass auch dort nicht mehr Material vorhanden ist. Diese Fehlinformation hat, so bestätigt auch Peters (1996), dazu geführt, dass die Paläornithologie in der Vergangenheit nur wenige Interessierte gefunden hat. Gerade jedoch in jüngster Zeit konnte eine Vielzahl von Fossilien entdeckt werden, besonders in China, so dass eine trotz der noch zahlreichen ungeklärten Detailfragen fundierte Theorie zur Phylogenie der Vögel aufgestellt werden konnte.

Demnach stammen die Vögel stammesgeschichtlich von Dinosauriern ab, jener Tiergruppe, die vor vielen Millionen Jahren ausgestorben schien, aber über 130 Millionen Jahre die erfolgreichsten Wirbeltiere der Erde waren.

Zweifelsfrei scheint erwiesen, dass die Vögel den Archosauria und innerhalb dieser den Dinosauria angehören (siehe Abbildung IV.1a auf der folgenden Seite). Die Dinosauria werden in zwei Ordnungen gegliedert, die Ordnung der Ornithischia und die Ordnung der Saurischia. Die Ornithischia, die sogenannten Vogelbecken-Saurier, haben ein den Vögeln ähnliches vierstrahliges Becken. Vertreter dieser Ordnung sind beispielsweise *Tricera-*

tops und *Iguanodon*. Die Saurischia, die Echsenbecken-Dinosaurier, haben mit dem dreistrahligen Becken ein typisches Reptilienbecken. Ihr Fuß ist jedoch vogelartig. Sie spalten sich in die Sauropoda und Theropoda. Die Sauropoda waren zumeist große Dinosaurier mit einem langen Hals und einer Fortbewegung auf vier Beinen, wie der *Brachiosaurus*. Die Theropoda hingegen waren bipede Raubsaurier, die meist Reißzähne oder scharfe Krallen hatten. Bekannte Arten sind *Tyrannosaurus*, *Herrerasaurus*, *Compsognathus* und *Velociraptor*.

Einige Zeit wurde angenommen, die modernen Vögel würden von den Ornithischia abstammen. Untersuchungen aus dem Jahr 2000 widersprechen dem jedoch, denn ihr Knochenbau zeigt zwar Ähnlichkeiten mit dem der heutigen Säugetiere, nicht aber mit Vögeln.

Bei Ornithischia und Säugetieren ist der Verlauf der kleinen Knochenkanälchen, die die einzelnen Zellen im Knochen miteinander vernetzen und der Nährstoffversorgung dienen, geradlinig. Bei Vögeln wie auch Theropoden verlaufen diese feinen Knochenkanälchen jedoch mäanderartig durch das feste Knochengerüst.

Unter anderem auch deshalb ist es als nahezu gesichert anzusehen, dass sich die modernen Vögel aus den erwähnten Theropoda ableiten. So kann eine Vielzahl von Kongruenzen zwischen Vögeln und den reptilienähnlichen Vertretern dieser Gruppe angeführt werden. Oft wird dagegen argumentiert, dass viele der vogelähnlichen Theropoda zeitgleich mit den Vögeln der Kreidezeit lebten und somit nicht ihre Vorfahren sein können.

Mit *Eoraptor lunensis* ist jedoch inzwischen das Fossil eines kleinen theropoden Dinosauriers auch aus dem Trias entdeckt worden, der diese Argumentation entkräftigt.

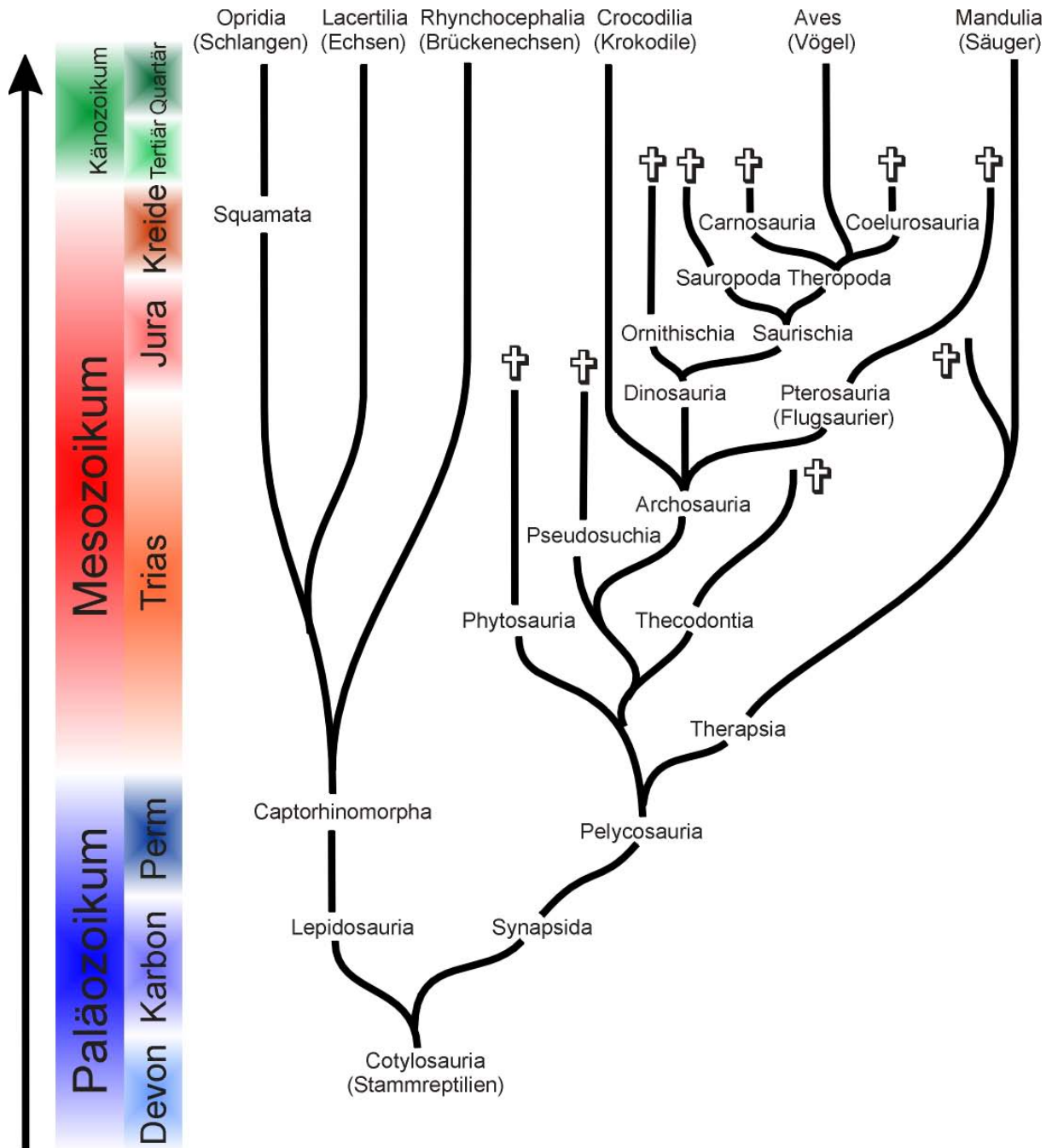


Abb. IV.1a Stammbaum der Cotylosauria und Entwicklungslinie zu den Aves. Die Seitenäste außerhalb dieser Entwicklungslinie sind der Übersichtlichkeit wegen nur teilweise wiedergegeben. [nach mehreren Quellen, besonders Bezzel, Prinzing (1990)]

1863 beschrieb Richard Owen als erster das Fossil des bekannten *Archaeopteryx*s. Er datierte das Tier in das Jurazeitalter und erläuterte dessen Merkmale, die teilweise solche von Reptilien und teilweise solche von Vögeln waren. Für ihn war *Archaeopteryx* der „Urvogel“.

Sein Zeitgenosse Thomas Huxley war jedoch der Ansicht, *Archaeopteryx* sei ein Dinosaurier. Er begründete dies unter anderem mit den großen Übereinstimmungen, die er bei dem Skelett eines kleinen Dinosauriers fand, der in der gleichen Erdschichtung wie der *Archaeopteryx* fossil gefunden wurde.

Nach mehreren unterschiedlichen Theorieansätzen wurden erst 1973 mit Untersuchungen des amerikanischen Paläontologen John Ostrom die Dinosaurier als die Vorläufer der modernen Vögel wiederentdeckt.

Ostrom konnte aufzeigen, dass zwischen *Archaeopteryx* und den Theropoden eine Vielzahl von Gemeinsamkeiten im Körperbau bestehen. Demnach seien die Theropoden die Vorfahren der Vögel.

1999 wurde in 124 Millionen Jahre alten ehemaligen Seesedimenten, der Yixian-Formation, in China das Fossil eines fleischfressenden, am Boden lebenden Dromaeosauriers entdeckt, der haarartige Fasern besaß, die als Entwicklungsstufe zu echten Federn gedeutet werden. Mit seinem Nacken und Schultergürtel trägt er wesentliche Vogelmerkmale und unterstreicht seine nahe Verwandtschaft zur Vogellinie.

Der Schultergürtel ist sehr stabil gebaut und weist auf eine Entwicklung des Vogelflugs vom Boden aus hin. Der Dromaeosaurier gleicht trotz des Fehlens echter Federn eher einem modernen Vogel als die ebenfalls dort gefundenen gefiederten Dinosaurier *Caudipteryx* und *Protarchaeopteryx*.

Bei dem 125 Millionen Jahre alten Dromaeosaurier *Sinornithosaurus millenii*, der ebenfalls in der chinesischen Yixian-Formation entdeckt wurde, konnten büschelartige Fortsätze auf der Haut nachgewiesen werden. Einige dieser Fortsätze verzweigen sich aus einem zentralen Schaft in viele dünne fadenartige Filamente. Bei anderen konnte eine blattartige Struktur erkannt werden.

Im Jahr 2001 wurde in China das Fossil eines weiteren Dromaeosauriers entdeckt.

Der nahezu unbeschädigte Skelettabdruck dieses etwa 65 Zentimeter langen Dinosauriers, der in der Zeitspanne von vor etwa 147 Millionen bis vor 125 Millionen Jahre gelebt haben soll, zeigt einen stark einem Entenkopf ähnelnden Schädel mit einer mit spitzen Zähnen besetzten Schnauze. Die Vordergliedmaße haben jeweils drei Fingern und sichelförmige Krallen. Weiterhin sind Abdrücke der, so scheint es, mit Federn besetzten Hautoberfläche zu erkennen.

Diese und andere Erkenntnisse stützen die Hypothese, dass Federn nicht alleiniges Merkmal der Vögel waren, sondern unter den verschiedenen Dinosauriergruppen, die mit den eigentlichen Vorfahren der Vögel verwandt sind, weit verbreitet waren. Federn haben sich also bereits entwickelt, bevor es die ersten Vögel gab und bevor diese die Fähigkeit hatten zu fliegen. Den Federn kommt damit aber auch eine völlig andere primäre Funktion zu als bisher vermutet wurde. Nicht der Flug ist die zentrale Aufgabe der Federn der ersten Gefiederten gewesen, sondern die Temperierung des Körpers. Konsequenz dieser Erkenntnis ist neben anderen Befunden eine Warmblütigkeit zumindest vieler Dinosaurier. Dabei wird im Zusammenhang mit dem Gefieder nicht nur die Warmhaltung des Körpers, sondern auch Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung diskutiert.

Die Entwicklung des Flugs wird in einer im Februar 2002 veröffentlichten Theorie von James Carey von der University of California dem sich entwickelnden Brutpflege-Verhalten der Vögel zugeschrieben. Carey vermutet, dass die Vorfahren der Vögel, wie alle Reptilien, ihre Nester am Boden anlegten und zu einer aktiven Brutpflege übergingen. Das Federkleid der Eltern konnte dem Gelege die nötige Wärme sichern.

Das Verlegen der Nester in hohes Gras und später in niedrige Bäume soll dem Schutz der Eier vor Feinden gedient haben.

Der Nestbau in immer höhere Bäume habe schließlich zum Fliegen und Gleiten mit Hilfe des bereits entwickelten Gefieders geführt, erläutert Carey in seiner Theorie.

In der die Entwicklung des Schnabels sieht Carey ein weiteres Indiz für die Brutpflege, da ein Schnabel wesentlich geeigneter zu einer punktgenauen Übergabe des Futters ist als eine Reptilien-Schnauze.

Im März 2002 wurde bei weiteren Grabungen in China wieder ein Dromaeosaurier gefunden. Das nahezu vollständig erhaltene, rund 128 Millionen Jahre alte Skelett mit zertrümmertem Schädel wird der Familie der Dromaeosauridae zugeordnet. Dieser Fund ist insofern als sensationell zu bezeichnen, als dass zum ersten Mal an einem echten Dinosaurier nicht nur Flaumfedern, sondern moderne Federn mit einem Kiel und einer verästelten Federfahne zu erkennen sind.

An der University of Alabama gelang im Jahr 2000 erstmals, mitochondriale DNA aus einem 65 Millionen Jahre alten *Triceratops*-Knochen zu isolieren. Die Ähnlichkeit der Sequenz von 130 Basenpaaren mit der eines Truthahns war verblüffend. Da ein *Triceratops* kein Theropode ist, wird angenommen, dass die Ähnlichkeit der DNA eines Vogels mit einem Theropoden noch größer sein muss.

Schon 1969 in Kirgisien gefunden, aber bisher nicht beachtet, wurde das Fossil eines Reptils, *Longisquama insignis*, vor kurzer Zeit näher untersucht. Dabei zeigte sich, dass das Reptil vor 200 Millionen Jahren zeitgleich mit den ersten Dinosauriern gelebt haben muss.

Das Bemerkenswerte an der Wiederentdeckung ist, dass es sich bei *Longisquama insignis* um ein Reptil und nicht um einen Dinosaurier handelt und das Tier dennoch ein sehr vogelähnliches Gefieder hat. Das vierbeinige Reptil war etwa 20 Zentimeter lang. Dessen Muskeln reichten zum Gleitflug aus, nicht aber für einen aktiven Schlagflug. Eine Besonderheit ist jedoch, dass seine „Flügel“ nicht wie bei Vögeln an den Armen, sondern an der Wirbelsäule ansitzen.

Im Jahr 2001 wurden mit zwei vier Meter hohen und sechs Meter langen Fossilien eines 90 Millionen Jahre alten *Nothronychus* in den USA ein enger Verwandter des *Tyrannosaurus rex* gefunden. Dieser war jedoch – anders als *Tyrannosaurus* – ein reiner Pflanz-

zenfresser, wie aus den blattförmigen Zähnen geschlossen werden kann. Beide gefundenen Theropoden-Fossilien zeigten ein Gefieder.

Ein anderes auch im Jahr 2001 gefundenes Fossil ist zu den Coelurosauriern, einer Untergruppe der Theropoda, zu rechnen. Es besaß vermutlich auf dem Kopf, entlang des Rückgrats und auf der Rückseite von Armen und Beinen Federn.

Andere Forschungen an Embryonen-Resten von fleischfressenden Sauriern konnten Ähnlichkeiten im Knochenwachstum mit Vögelskeletten nachweisen.

Alle bisherigen Forschungsergebnisse stützen damit die Theorie, dass die modernen Vögel (Aves) aus Theropoden, also aus Dinosauriern, entstanden sind. Zumindest eine Zweiglinie der Dinosaurier, so scheint es, ist somit nicht ausgestorben. Abbildung IV.1b (siehe folgende Seite) zeigt die nach derzeitigem Kenntnisstand konstruierte Entwicklungslinie von den Cotylosauria zu den modernen Vögeln (Aves).

Nicht verschwiegen werden dürfen allerdings Untersuchungen, die Alan Feduccia, Doktorandin an der Universität North Carolina in Chapel Hill durchführte, deren Ergebnisse im August 2002 veröffentlicht wurden. Den Resultaten ihrer Studien zufolge, entwickeln sich die drei Finger (des Flügels) der modernen Vögel embryonal aus Zeige-, Mittel- und Ringfinger, die der Theropoden entstanden jedoch aus Daumen, Zeige- und Mittelfinger.

Demnach sei es ausgeschlossen, so ihr Resümee, dass sich Vögel aus Dinosauriern entwickelt haben, vielmehr weise dies auf einen gemeinsamen Vorfahren hin und weiter: „Wer immer der Urahn der Vögel war, er muss fünf Finger besessen haben und nicht drei wie die Theropoden“ (Feduccia (2002)).

Inwieweit die Ergebnisse Feduccias richtig sind oder sich interpretieren lassen, müssen weitere Untersuchungen noch klären. Sie zeigen jedoch, dass auf dem spannenden Gebiet der Paläornithologie noch viele Fragen unbeantwortet sind und weiterer Forschungsbedarf besteht.

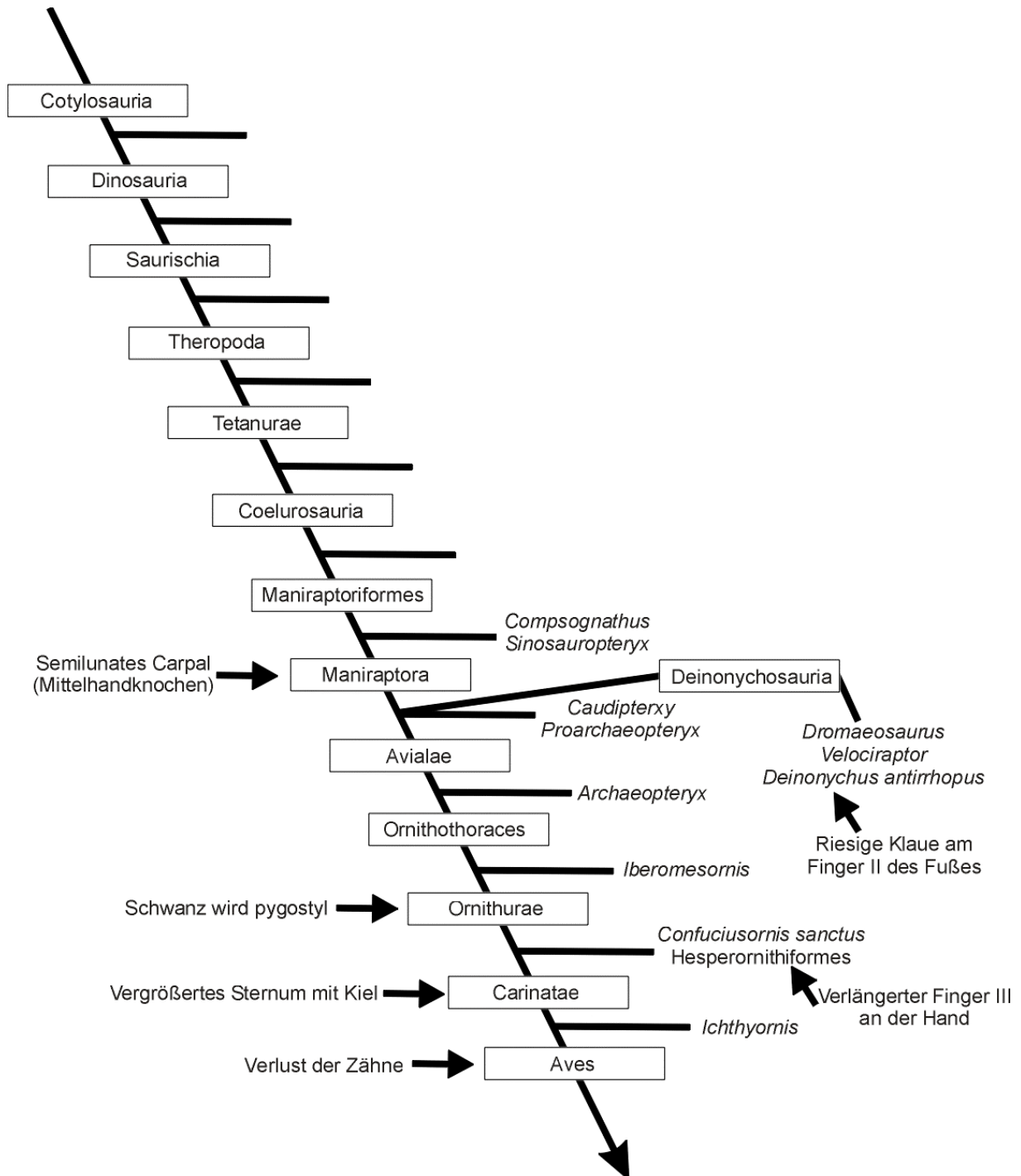


Abb. IV.1b Entwicklungslinie von den Cotylosauria zu den modernen Vögel (Aves) mit einigen exemplarischen Seitenästen und fossil überlieferten Arten. [zusammengestellt, nach mehreren Quellen]

IV.2 FOSSILIEN

Paläontologie als Wissenschaft

Der lateinische Begriff *fossilis* bedeutet übersetzt soviel wie ausgegraben.

Wurden unter Fossilien zunächst sämtliche bei Ausgrabungen entdeckte Formen und Formationen verstanden, darunter selbst Minerale, Kohle, Erze und Artefakte, erfuhr der Begriff „Fossil“ mit dem Arzt und Bergmann Georgius Agricola (1494 - 1555) eine Eingrenzung allein auf die Überreste von Lebewesen der geologischen Vergangenheit. Grundsätzlich lassen sich Körper-, Spuren- und Chemofossilien unterscheiden. Mit Fossilien beschäftigten sich bereits die antiken Griechen, allerdings mit heute merkwürdig anmutenden Interpretationen. So glaubte Aristoteles, dass Fossilien bei der „Urzeugung“ entstanden seien. Auch hielt man versteinerte Elefantenschädel für Köpfe von Zyklopen, da man das große Loch auf der Stirn, der Rüsselansatz, als Augenhöhle sah.

Leonardo da Vinci kann als Erster gesehen werden, der die wirkliche Bedeutung von Fossilien erkannte, zu einer Zeit, als noch andere Forscher glaubten, Fossilien seien nur Naturspielereien ohne tiefere Bedeutung. Die von Plinius beschriebenen Fossilien konnte er eindeutig als Haifischzähne erkennen.

Nach einer Zeit vieler Fehldeutungen, Johann Jakob Scheuchzer erklärte beispielsweise ein im Bodensee gefundenes Skelett eines Riesensalamanders zum Skelett eines in der Sintflut ertrunkenen Menschen, begründete der englische Physiker Robert Hooke (1635 - 1703) mit seinen Forschungen die Paläoklimatologie, indem er über Ammoniten- und Schildkrötenfossilien aus dem Jura auf ein einst wesentlich wärmeres Klima schloss. Seine Vermutung war, dass die gefundenen Fossilien von bereits ausgestorbenen Arten stammten. Der Stuttgarter Zoologe Georges Cuvier (1769 - 1832) gilt mit seinen Untersuchungen heute als Begründer der Paläontologie. Dem britischen Ingenieur William Smith gelang mit der Erstellung der ersten stratigraphischen Tabelle (Tabelle über die Aufeinanderfolge von Gesteinsarten geologischer Formationen) im Jahre 1799 die

Formationen) im Jahre 1799 die damals sensationelle Erkenntnis, dass bestimmte Fossilien immer zu bestimmten geologischen Schichten oder Systemen gehörten.

So wurde die Paläontologie (griech.: Lehre vom Altseienden) zu eines der jüngsten Wissenschaftsgebiete.

Prinzip der Fossilisation

Die Fossilisation, wie der Vorgang einer Fossilentstehung bezeichnet wird, ist nur dann möglich, wenn abgestorbene oder noch lebende Wesen schnellstmöglich in eine Schicht eingebettet werden, die es vor Zerstörung vor allem durch Aasfresser oder Verwesung durch Kontakt mit Sauerstoff schützt. Dieser Erhaltung realisiert sich entweder durch Versinken des Organismus in ein Sediment, durch Einschluss in Harz oder durch Bedecken mit Permanenteis. Die eigentliche Fossilisation hängt nun von der Lagerstätte und den weiteren Umweltfaktoren ab. So können verschiedene Fossilientypen unterschieden werden, die nachfolgend kurz skizziert werden.

Fossilientypen

1. Echte Versteinerung

Die Weichteile des toten Organismus, wie Muskelgewebe und Haut, verwesen oder werden abgefressen. Im Anschluss folgt eine allmähliche Bedeckung mit Sand und Sediment. Die Knochenporen füllen sich unter dem hohem Druck des über dem Organismus lastenden Materials mit Kalk und Kieselsäure. Wenn dann diese Stoffe sukzessive mit den Hartteilen der Knochen verbunden werden, bleibt der Organismus in Form eines versteinerten Skeletts erhalten.

2. Pseudomorphose

Der zeitliche Ablauf ähnelt dem der echten Versteinerung. Neben Knochen werden jedoch alle Hartteile, beispielsweise Muschelschalen durch anorganische Substanzen ersetzt. Dabei bleibt die äußere Organismenform erhalten.

3. Steinkerne

Von Steinkernen wird dann gesprochen, wenn alle Hohlräume des Organismus, zum Beispiel bei Schnecken, Muscheln oder Armfüßern, mit anorganischen Substanzen gefüllt werden und sich die Hartteile dagegen vollständig auflösen.

4. Abdruck

Weichkörper- und Hartkörper-Teile sind zerstört und die eigentliche Form des einstigen Organismus ist als Hohlraum erhalten.

5. Eisfossilien

Neuschnee bedeckte Organismen, so dass diese nach und nach mit Eis eingeschlossen wurden. Im Permanentfrostboden konnten sich auf diese Art selbst über Jahrtausende hinweg sogar Haut und Haare erhalten. Ein sehr bekanntes Beispiel eines solchen Fundes ist das in Nordsibirien vollständig erhalten gefundene Mammut, dessen Fleisch so frisch schien, dass es die Schlittenhunde auffraßen.

6. Inklusen

Insekten oder andere kleine Lebewesen wurden durch herabfließendes Nadelbaumharz erfasst und in der klebrigen, flüssigen Masse lebendig eingegossen. Über sehr lange Zeit wurde der Harz zu Bernstein, der eine Verwesung verhinderte.

7. Fossile Rohstoffe

Aus abgeknickten, abgestorbenen Pflanzen entstanden langsam absinkende Moore, die später von Sand und Ton bedeckt wurden. Unter hohem Druck kam es zur Vertorfung, dann in Jahrtausenden zur Umsetzung in Braunkohle und in Steinkohle. In Kohleschichtungen konnten schon zahlreiche Fossilien geborgen werden. Besonders bekannt sind die Fossilagerstätten in der ehemaligen Blätterkohle-Grube „Gottesseggen“ bei Hennef-Dambroich und Hennef-Rott im Rhein-Sieg-Kreis (NRW).

Eine andere Form fossiler Rohstoffe stellt Erdöl dar. Hier sanken abgestorbene Kleinstlebewesen, wie Plankton, auf See- und Meeresböden ab. Diese Schichten wurden zu Faulschlamm, der sich durch bakterielle Zersetzung in Erdöl verwandelte.

Sinosauropteryx

In der chinesischen Yixian-Formation wurden zahlreiche wertvolle Fossilien von Dinosauriern entdeckt. Mit *Sinosauropteryx* wurde dort in mehreren Exemplaren ein mit etwa 65 cm Länge recht kleiner theropoder Raubdinosaurier gefunden. Dieser mutmaßliche Zeitgenosse von *Archaeopteryx* (siehe weiter unten) zeigt gewisse Ähnlichkeiten mit *Compsognathus*, ein in Deutschland (Solnhofen) fossil überlieferter theropoder Dinosaurier.

Sinosauropteryx lief aufrecht auf den Hinterbeinen, hatte kurze Arme mit drei Fingern, besetzt mit Krallen, und einen sehr langen Wirbelschwanz. Besondere Aufmerksamkeit wurde den faserigen Strukturen entlang der Wirbelsäule geschenkt. Zunächst als primitive Federn interpretiert, werden diese heute eher als Kollagenfasern aus dem Bindegewebe unter der Haut gedeutet (Gibbons (1996)), wie sie auch im Unterhautbindegewebe im Schwanzbereich von Seeschlangen vorkommen.

Protarchaeopteryx

Protarchaeopteryx wurde anfangs als Vorfahre des *Archaeopteryx* gesehen. Diesem Umstand verdankt er seinen wissenschaftlichen Namen. Mittlerweile ist durch exaktere Untersuchungen jedoch eine nahe Verwandtschaft zum bipeden, fleischfressenden Saurier *Veliciraptor* bestimmt worden, der mit einer Körperlänge von circa 180 cm zur Oberkreide im heutigen China lebte.

Der etwa truthahngröße *Protarchaeopteryx* besitzt Zähne mit gekerbten Kanten, anders als *Archaeopteryx*, ein Gabelbein, eine Schwanzwirbelsäule, ein kürzeres Armskelett als *Archaeopteryx* und eine Befiederung nicht nur an Brust und Oberschenkeln, sondern auch an beiden Seiten des Wirbelschwanzes (Zimbelmann (1999)). Die Befiederung führte anfangs zu Unsicherheiten bezüglich seiner Einteilung zu den Vögeln, wie zunächst geschehen, oder zu den theropoden Dinosauriern. Seine Skelett-Merkmale weisen ihn jedoch eindeutig als Theropoden aus, zu denen er heute zugeordnet ist.

Caudipteryx

Der Theropode *Caudipteryx*, zu deutsch „die Schwanzfeder“, ist dem *Protarchaeopteryx* sehr ähnlich. Er ist 70 cm lang, trägt ein Gebiss aus nur vier Zähnen. Auch er besaß Federn, die fossil am zweiten Mittelhandknochen, Finger und am Ende der Schwanzwirbelsäule überliefert sind. Sind Arm- und Handskelett relativ kurz, entsprechen die Proportionen des Schwanzskeletts dagegen denen vom *Archaeopteryx*.

Zwischenbilanz

Das Vorhandensein des Gefieders bei *Protarchaeopteryx* und *Caudipteryx* ist von herausragender Bedeutung für die Kenntnis über die Evolution der Vögel. Da, wie Wellnhofer beschreibt, die Federn der beiden Theropoden jedoch vogelähnlich sind (Wellnhofer (1998)), können aus diesen Funden keine Rückschlüsse über die eigentliche Entwicklung der Feder gezogen werden. Allerdings wird davon ausgegangen, dass sich Federn aus Reptilienschuppen entwickelt haben, zumal sie wie diese aus Keratin bestehen. Die Federn der beiden Theropoden besitzen wie Vogelfedern einen Federkiel (Schaft) und davon abzweigende Federstrahlen (Zimbelmann (1999)).

Die von den Strahlen gebildete Federfahne ist anders als bei heutigen flugfähigen Vögeln sowie *Archaeopteryx* (Schwungfedern) symmetrisch (Der Schaft liegt mittig in der Fahne.), analog zu heutigen flugunfähigen Vögeln. Diese Symmetrie spricht daher nicht unbedingt für die Primitivität der Konstruktion im Vergleich zur asymmetrischen Fahne, sondern eventuell für eine sekundäre Rückbildung, zeigen aber auch, dass beide Theropoden wahrscheinlich keinen aktiven Schlagflug ausführen konnten.

Die Fossilien beider Arten wurde in 120 bis 135 Millionen Jahre alten

Erdschichten gefunden, unter anderem auch deshalb werden sie nicht als unmittelbarer Vorfahre des *Archaeopteryx* gesehen, dem aufgrund des Alters der Solnhofener Plattenkalke, in denen die *Archaeopteryx*-Fossilien gefunden wurden, ein Alter von 150 Millionen Jahren zugeschrieben wird.

Archaeopteryx

Der erste *Archaeopteryx*-Fossilfund leitete eine neue Diskussion um die Abstammung der Vögel ein. Erstmals im Jahr 1861 beschrieben, sind seitdem sieben Funde bekannt geworden, die allesamt aus den Solnhofener Plattenkalkschichten in Bayern (Fränkische Alb) stammen (siehe Abbildung IV.2a). Die taxonomische Einteilung der *Archaeopteryx*-Funde in eine oder mehrere Arten oder Gattungen ist bisher noch umstritten und nicht endgültig geklärt. Die Unsicherheiten sind so groß, dass drei der sieben Funde ursprünglich sogar als andere Dinosaurier-Arten eingestuft worden sind.

Nach bisherigen Erkenntnissen soll *Archaeopteryx* vor 150 Millionen Jahren zur Jurazeit als kleiner, etwa huhn großer Räuber Insekten



Abb. IV.2a Fossil eines *Archaeopteryx*. [aus Peterson (1965)]

und kleinen Wirbeltieren nachgestellt haben. Der Vergleich verschiedener Merkmalsausprägungen zeigt bei ihm sowohl (Dinosaurier- bzw.) Reptilienmerkmale als auch Vogelmerkmale.

Reptilienmerkmale von *Archaeopteryx* sind beispielsweise die zahlreichen freien Schwanzwirbel, bikonkave Wirbelgelenke, freie Rippen, Finger mit Krallen, ein fehlendes Brustbein, an dem bei heutigen Flügeln die Flugmuskulatur ansitzt, Zähne und ein kleines Kleinhirn. Dagegen deuten die mit Luft gefüllten Knochen (Pneumatisierung der Knochen), der Flugapparat mit den typischen Merkmalen, wie Flügel und Gabelbein, und die Endothermie, wobei hierbei noch endgültig zu klären wäre, ob Endothermie nicht schon bei Theropoden entwickelt war, auf einen Vogel hin. Mit einer Flügelspanne von 45 bis 50 cm konnte er wahrscheinlich als Kurzstreckenflieger vom Boden aus starten. Indexberechnungen der Beine zeichnen *Archaeopteryx* außerdem als guten Läufer aus.

Shenzhouraptor

Im Juli 2002 wurde gemeldet, dass Paläontologen in der chinesischen Provinz Liaoning einen bislang unbekanntem Vogelsaurier mit einem Alter zwischen 120 bis 140 Millionen Jahren entdeckt haben, der als *Shenzhouraptor sinensis* bezeichnet wurde.

Im Gegensatz zu *Archaeopteryx* konnte *Shenzhouraptor sinensis* wegen fehlender nach innen gebogener Vogelkrallen nicht auf Bäume klettern.

Indizien, wie die vollständige Federbedeckung der langen Vorderextremitäten und der Körperbau, sprechen für eine Flugfähigkeit, die vermutlich auf das Herabgleiten von Felsen beschränkt war. Anders als *Archaeopteryx* fehlen ihm die Zähne.

Aufgrund der bisherigen Befunde wird davon ausgegangen, dass sich zwei Gruppen von Vögeln entwickelt haben, eine Gruppe von Vögeln, die Bäume besiedelten und eine, die sich zu schnellen Läufern entwickelten.

IV.3 ARTBEGRIFFE UND ARTENTSTEHUNG

Evolutionstheorien

Der schon erwähnte Zoologe Georges Cuvier (1769 - 1832) galt als strenger Verfechter der Artenkonstanz. Demnach beruhen neue Arten, Veränderungen der Arten und deren Lebensgemeinschaften nicht auf Artbildungsprozessen. Er ging davon aus, dass in bestimmten geologischen Zeitabständen große Veränderungen die Fauna und Flora vernichten und im folgenden Zeitalter wieder erneuert und verbessert werden. Als Katastrophen- oder Sintfluttheorie ist seine Vorstellung bekannt geworden.

Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) vertrat dagegen in seiner „Philosophie zoologique“, erschienen im Jahr 1809, die Auffassung von der „Urzeugung des Lebens“ und der „Theorie der Vererbung erworbener Eigenschaften“. Seiner Theorie nach verändern sich Pflanzen und Tiere im Laufe der Erdgeschichte und passen sich den gegebenen Umweltgegebenheiten an. Solchermaßen erworbene Anpassungen werden dann an die Nachkommen weitervererbt. Den Beweis seiner Hypothese konnte er jedoch nicht erbringen. Zumindest weist seine Evolutionstheorie mit der Vererbung von Merkmalen, als Lamarckismus bezeichnet, in die richtige Richtung.

Die moderne Auffassung von der Entstehung der Arten entstammt von Charles Darwin (1809-1882), der in seinem Werk „On the origin of species by means of natural selection“, erschienen im Jahr 1859, die Abstammungslehre, auch Selektionstheorie oder Darwinismus bezeichnet. Darwin ging davon aus, dass jede Pflanzen- und Tierart wesentlich mehr Nachkommen erzeugt, als zur Art-erhaltung notwendig ist. Im „Kampf ums Dasein“ überleben jene, welche aufgrund erblicher Unterschiede besser an die jeweilig wirksamen Umweltfaktoren angepasst sind. Dieses heute allgemein anerkannte Prinzip wird als Selektion bezeichnet.

Hugo de Vries (1848-1935) schließlich gilt als Begründer der „Mutationstheorie“, wonach plötzlich auftretende Erbveränderungen manchmal auch zu einem Mutationsvorteil, also nicht immer zu einem Nachteil, führen können, der sich durch Selektion stabilisiert. Er ist somit einer der drei Wiederentdecker der Mendelschen Vererbungsgesetze. Selektions- und Mutationstheorien bilden die Grundlage der heutigen Abstammungslehre. Die Ursache der Entstehung neuer Arten ist damit Mutationsfähigkeit und Variabilität.

Anpassungen an die Umwelt erfolgen lediglich passiv, zufällig und über lange Zeiträume. Das Selektionsprinzip ist nur der Regulator im Mutations- und Variabilitätsgeschehen, wobei nachteilige Formen ausgelöscht werden. Hierbei zeigt jede noch so kleine Mutation und individuelle Variabilität über Selektionsprozesse im realisierten Fortpflanzungserfolg ihre Fitness der jeweiligen Umwelt gegenüber.

Artbegriffe

Bevor jedoch konkret auf die Entstehung der Arten eingegangen werden kann, muss überhaupt der Begriff der Art definiert werden. Hier schon zeigen sich erhebliche Schwierigkeiten, die in mehreren parallel existierenden Artbegriffen resultieren, die alle im jeweiligen Anwendungsbereich ihre Existenzberechtigung finden und im Folgenden kurz skizziert werden.

Biologischer Artbegriff

Ernst Mayr führte den Biologischen Artbegriff ein, der in der Evolutionsbiologie allgemein anerkannt worden ist.

Seiner Definition nach umfasst eine Art alle Populationen, deren Angehörige untereinander faktisch oder potentiell kreuzbar und von den Angehörigen anderer Populationen reproduktiv isoliert sind. Arten sind damit potentielle Fortpflanzungsgemeinschaften. Die Arten bilden eine spezifische ökologische Nische in der Natur aus. Entscheidend ist, dass die Arten über die Schärfe ihrer genetischen Abgrenzung definiert werden und nicht durch ihre (morphologischen) Unterschiede.

Das Problem des biologischen Artbegriffs ist jedoch, dass er weder auf fossil überlieferte, asexuelle, also ungeschlechtliche, oder parthenogenetisch fortpflanzende Arten, bei-

spielsweise bei der Sprossung, nicht anwendbar ist.

Der Biologische Artbegriff umfasst drei wesentliche Funktionen, die von einer Art wahrgenommen werden (nach DIFF (1987)):

- **Arten bilden**

- **Fortpflanzungsgemeinschaften:**

- Dies bedeutet, dass sich die Individuen einer Art als potentielle Geschlechtspartner erkennen und zur sexuellen Fortpflanzung finden müssen, wobei das artspezifische genetische Programm die innerartliche Fortpflanzung sichert.

- **Arten sind genetische Einheiten:**

- Eine Art besteht aus einem geschlossenen gemeinsamen Genpool, wobei ein gewisser Teil der gesamten genetischen Information der Art stets im einzelnen Individuum enthalten ist.

- **Arten sind ökologische Einheiten:**

- Die artspezifisch ökologische Nischen bildenden Arten stehen mit anderen Arten in Wechselwirkung und leben mit diesen in einer Umwelt und in einer Lebensgemeinschaft.

Morphologischer Artbegriff

Die bereits erwähnte Problematik des biologischen Artbegriffs in der Paläontologie oder auch bei asexueller oder parthenogenetischer Fortpflanzung begründet, dass auf diesem Wissenschaftsgebiet allgemein der Morphologische Artbegriff Anwendung findet. Dieser Begriffsdefinition zufolge sind Arten Gesamtheiten der Individuen, die in taxonomisch wesentlichen Merkmalen übereinstimmen und sich mit diesen Merkmalen von anderen Gesamtheiten unterscheiden. Aufgrund der stabilisierenden Selektion und der bestehenden identischen ökologischen Nische bleiben trotz Parthogenie die gemeinsamen Merkmale erhalten.

Historische, phylogenetische Einheit

Von Wiley stammt dieses hier vorgestellte Artkonzept, nachdem eine Art eine einzelne Abstammungslinie mit einem eigenem historischen Schicksal von Vorfahren-Nachkommen-Populationen ist, die von anderen solchen Linien abgetrennt werden kann.

Verschiedene Arten sind untereinander genetisch isoliert. Beim phylogenetischen Artkonzept können keine Unterspezies erkannt werden, daher ist das biologische Artkonzept genauer. Aus den Definitionsunterschieden begründet sich auch die beim biologischen Artkonzept wesentlich höhere Artenzahl als beim phylogenetischen.

Subspezies und Clines

Naturgegeben ist der Genfluss zwischen geographisch getrennten Populationen stark eingeschränkt. Die daraus resultierenden Merkmalsunterschiede in den Genfrequenzen zeigen sich in der Regel auch phänotypisch. Sind diese Merkmalsunterschiede diskontinuierlich, erfolgt die weitere Untergliederung in sogenannte Subspezies. Sind sie dagegen kontinuierlich ausgeprägt, oft mit gradientmäßig variierenden abiotischen Faktoren gekoppelt, spricht man von Clines.

Arten, die aus mehreren Subspecies bestehen, werden polytypische Arten genannt. Bei solchen polytypischen Arten besteht die Schwierigkeit, Arten überhaupt als geschlossene Fortpflanzungsgemeinschaften, als in sich homogene Einheiten zu definieren. Auch tritt der dynamische Aspekt deutlich zu Tage, dass Arten nur Momentzustände von Artbildungsprozessen sind.

Entstehung von Arten

Da die Individuen um begrenzte Ressourcen konkurrieren (Survival of the Fittest), besteht immer ein selektiver Druck, der die dank günstiger, aber zufälliger Variation besser angepassten bevorzugt. Da Arten geschlossene Fortpflanzungsgemeinschaften darstellen, müssen besondere Voraussetzungen und Bedingungen gelten, damit sich eine Stammart in neue Arten aufspalten kann. Zwei grundlegende Prinzipien, die sympatrische und die allopatrische Artbildung, sind bekannt, die kurz vorgestellt werden.

Sympatrische Artbildung

Die Entstehung zweier genetisch isolierter Arten an einem Ort aus einer vorher gemeinsamen Population wird als sympatrische Artbildung bezeichnet. Sie tritt allerdings im Wesentlichen bei Pflanzen mit der Fähigkeit zur Polyploidisierung auf. Unter Polyploidisierung

versteht man die Vervielfachung des eigenen (Autopolyploidie) oder aus zwei Arten bastardierten und verschmolzenen Chromosomensatzes (Allopolyploidie). Allopolyploidie ist von der amerikanischen Kulturbaumwolle, der Hauspflaume und dem Kulturweizen bekannt. Dabei kann der Polyploidiegrad als Maß für die Kräftigkeit einer Pflanze angesehen werden. So bedeutet ein hoher Polyploidiegrad beispielsweise beim Weizen ein hoher Ertrag. Ist die Walderdbeere diploid, zeigen sich die großen Erdbeeren jedoch bei der Erdbeere, die eine polyploide Walderdbeere ist.

Bei Tieren ist die sympatrische Artbildung jedoch lediglich bei speziellen phytophagen, also pflanzenfressenden, Insekten (Pflanzenparasiten) im Gespräch. Da bei ihnen die Wirtswahl genetisch kontrolliert ist, könnten Mutationen unter bestimmten Voraussetzungen einen Wirtswechsel und damit eine sympatrische Artbildung begünstigen. Damit sich solche Mutanten in einer Population ausbreiten können, müssten zunächst heterozygote Mutanten nicht gegenüber homozygoten Nicht-Mutanten benachteiligt sein. Paaren sich nun zwei heterozygote Mutanten, können homozygote Mutanten entstehen, so dass theoretisch ein Wirtswechsel möglich erscheint. Dies würde die Trennung von der Stammart bedeuten. Bei Vögeln, aber auch den meisten anderen Tierarten wird das Geschlecht genetisch über die Geschlechtschromosomen determiniert, daher ist Polyploidisierung nahezu ausgeschlossen. Daher tritt Artbildung unter Vögeln als allopatrische Artbildung auf.

Allopatrische Artbildung

Die allopatrische Artbildung beruht auf einer geographischen Trennung von Populationen. Diese kann beispielsweise über das Verdriften einiger weniger Individuen an einen anderen Ort (Gründerprinzip) oder durch klimatische beziehungsweise tektonische Veränderungen, wie den Eiszeiten oder einem Meeresspiegelanstieg, realisiert werden.

Eine solche geographische Trennung, als Separation bezeichnet, führt zunächst zur Rassenbildung, wie dies bei **Rabenkrähe** (*Corvus corone corone*) und **Nebelkrähe** (*Corvus corone cornix*) erfolgt ist.

Die Rassen unterscheiden sich deutlich durch ihre Gefiederfarben. Die Eiszeiten haben diesen Differenzierungsprozess aus einer Stammart in die beiden Rassen ermöglicht, da sie den freien Genfluss unterbunden haben (siehe hierzu im Kapitel VI.4.1 Populationen im Abschnitt zu disjunkten Arealen). Mit Zurückweichen der Eismassen trafen die beiden entstandenen Rassen aufeinander. Innerhalb der Zone der aneinanderstoßenden Verbreitungsgebiete kommt es zu Bastardierungen, die sich in unterschiedlich ausgeprägten intermediären Gefiederfärbungen zeigen.

Ähnlich verhält es sich mit den Rassenkreisen der **Kohlmeise** (*Parus major*).

Die Kohlmeise tritt in Eurasien in insgesamt drei allopatrischen Hauptgruppen mit etwa 30 Rassen auf.

Die südliche cinereus-Hauptform geht in Persien kontinuierlich in die westliche (major-Rassengruppe), in Südostasien in die östliche (minor-Rassengruppe) infolge durchgehender Vermischung über. So bilden die unterschiedlichen Rassen der Kohlmeise eine große Rassenkette mit ineinander übergehenden Formen.

Nach der Eiszeit konnte die major-Westform so weit nach Osten vordringen, dass sie sekundär mit der cinereus-Südform in Zentralasien und mit der minor-Ostform im Amurgebiet zusammentrifft.

Entgegen ursprünglicher Behauptungen, im Amurgebiet käme es nicht zur Hybridisierung, ist die Vermischung der Rassengruppen dort in weiten Teilen verbreitet, wie zuletzt Bernd Petri 1998 in seiner Diplomarbeit „Die Kohlmeisen (*Parus major*) – Kontaktzone am mittleren Amur – Existieren akustische Isolationsmechanismen?“ feststellen konnte. Er kommt zu dem Schluss, dass „keine wirklich effizienten ethologischen und insbesondere keine akustischen Isolationsfaktoren“ existieren. „Die Kohlmeisen im Gebiet beherrschen die, im Grunde sehr unterschiedlichen Dialekte von minor- und major-Kohlmeisen. Ebenso sind keine ökologischen Isolationsfaktoren zu erkennen. Es kommt in weiten Teilen zu Hybridisation. Einziger erkennbarer Isolationsfaktor ist die Tatsache, dass die major-Vögel überwiegend Standvögel sind und die minor-Vögel Zugvögel“ (B. Petri in einer Mitteilung im Jahr 2001 an Lönnig, der unter

anderem Nachforschungen zum Artbegriff beim Rassenkreis der Kohlmeise betreibt).

Ein ebenfalls sehr bekanntes Beispiel zur Artbildung durch Separation ist die angeführte sympatrische Lebensweise und das hybridfreie Paarungsverhalten von **Silbermöwe** (*Larus argentatus*) und **Heringsmöwe** (*Larus fuscus*), die in Europa überlappende Verbreitungsgebiete haben. Die Taxonomie von Sibley und Monroe, aber auch von Wolters und anderen, sieht in beiden Möwen eigenständige Arten.

Schon Stresemann und Timophéeff-Ressovsky haben in den Titeln ihrer Originalarbeiten (1947) zum *Larus-argentatus*-Komplex von der „Artbildung in geographischen Formkreisen“ gesprochen.

Beide Möwen-Arten werden als Endglieder einer Kette von Unterarten gesehen, welche in den nördlichen Breiten kreisringförmig (um den Nordpol) vorkommen. Alle Unterarten vermischen sich untereinander. Nur für die angeführten Endglieder, Heringsmöwe und Silbermöwe, wird dies verneint.

In der Tat verhält es sich, wie Untersuchungen ergeben haben, anders, denn Silbermöwe und Heringsmöwe verpaaren sich trotz anderslautender Behauptungen in zahlreichen Büchern erfolgreich. Es stimmt zwar, dass Bastardierungen zwischen Heringsmöwe und Silbermöwe nicht die Regel sind, sie beruhen jedoch auf der unterschiedlichen Besetzung von Brutplätzen. Siedeln einzelne Heringsmöwen in Silbermöwen-Kolonien, dann liegt der Prozentsatz der erfolgreichen Paarbildungen nach Zählungen der letzten 60 Jahren auf drei Prozent (nach Goethe, Vogelwarte Helgoland (1986)).

Die Beispiele der Rassenkreise von Kohlmeisen und der Herings- und Silbermöwen können daher heute lediglich als Indiz für eine begonnene, aber nicht abgeschlossene Artbildung durch Separation gesehen werden. Zu einer Artbildung im eigentlichen Sinne ist es jedoch nicht gekommen, auch wenn immer noch Kohlmeisen und Möwen besonders in der Schule als Paradebeispiele einer erfolgten Arttrennung vermittelt werden.

Eine endgültige Trennung zu neuen Arten kann erst durch genetische Veränderungen

vollzogen werden, durch die tatsächliche und nicht nur räumliche Fortpflanzungsbarrieren entstehen (Isolation).

Bekannt sind zwei Typen der Isolation, sogenannte metagame und progame Isolationsmechanismen. Metagame Isolationsmechanismen sind solche, die erst nach der Kopulation wirksam werden. Sie zeigen sich in einer Unterlegenheit des Bastards, Bastardsterilität, Zygotenmortalität (Das Ei wird zwar befruchtet, die Zygote stirbt jedoch.) oder Gametenmortalität (Die Spermaübertragung findet statt, aber keine Befruchtung.)

Individuen, die sich ausschließlich metagamer Isolationsmechanismen bedienen, sind gegenüber denjenigen selektionsbenachteiligt, die eine artfremde Kopulation vermeiden. Bei ihnen sind bereits vor der Kopulation sogenannte progame Isolationsmechanismen aktiv. Sie verhindern so eine Gametenverschwendung.

Die Isolation kann zunächst über räumliche oder zeitliche Mechanismen wirksam werden. Dann wird die Begegnung von Individuen unterschiedlicher Arten zur Fortpflanzungszeit verhindert.

Oft aber sind solche Begegnungen nicht vermeidbar, so dass ethologische (verhaltensbedingte) Mechanismen zum Tragen kommen. Abhängig von den beteiligten Sinnessystemen kann eine olfaktorische (geruchliche), optische und akustische Isolation unterschieden werden.

Olfaktorische Isolation spielt in der Partnerwahl von **Stockenten** (*Anas platyrhynchos*) eine wesentliche Rolle. Wie schon bereits in Kapitel II.4.4 zur Chemoperzeption im Abschnitt zum Geruchsvermögen beschrieben, reagieren sie nur auf den Geruch eines geeignet erscheinenden, potentiellen arteigenen Sexualpartners mit Balzverhalten. Andere Individuen, denen der typische Geruch fehlt, werden nicht beachtet.

Besonders deutlich wird optische Isolation bei den auf den Galapagos-Inseln brütenden drei Tölpelarten, die sich durch besonders deutlich unterscheidbare Färbungen ihrer Füße unterscheiden. Die Farben ihrer Füße sind entweder blau, grün oder rot. Bevor die eigentliche Balz beginnt, zeigen sie einem Tanz gleich



Abb. IV.3a Großgrundfink (*Geospiza magnirostris*). [Foto Bruce Coleman (Hirsch), aus Vollmer u.a. (1995)]

ihre Füße und sichern so, dass sie keine Mühe auf eine Balz mit einem artfremden Individuum verschwenden (siehe hierzu Kapitel V.1.3 zur Balz von Vögeln im Abschnitt zur sexuellen Isolation).

Akustische Isolation ist bei den sehr nah verwandten Zwillingarten **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*) und **Zilzalp** (*Phylloscopus collybita*) zu beobachten, die sich fast nur durch ihren Gesang voneinander unterscheiden und so nur arteigene Geschlechtspartner anlocken.

Adaptive Radiation

Als Charles Darwin im September 1835 auf einer Forschungsreise, die er 1831 im Alter von 22 Jahren begann, die Inseln des Galapagos-Archipels erreichte, schenkte er den dort lebenden Finkenvögeln zunächst keine besondere Beachtung.

Erst nachdem er schon wieder in England war, fielen ihm die bemerkenswerten Ähnlichkeiten der Gefieder, der Körper- und Flügelformen aller auftretenden Arten auf. Die Größe und Form der Schnäbel variierte dagegen erheblich (siehe hierzu Kapitel II.1.3.2 Überblick über Anpassungen und Techniken im Abschnitt zu Variationen und Anpassungen des Schnabels, Abbildung II.1.3.2a).

Darwin formulierte 1838 die Theorie einer Transmutation („Umwandlung“) oder Evolution, die er in der natürlichen Auslese begründet sah.



Abb. IV.3b Kactusgrundfink (*Geospiza scandens*). [Foto Bruce Coleman (Lanting), aus Vollmer u.a. (1995)]

Allerdings veröffentlicht er seine Evolutionstheorie erst 20 Jahre später 1859 in seinem Buch „Über die Entstehung der Arten“. Die Hemmung, die ihn so lange warten ließ, beschrieb er mit den Worten: „Es ist, als müsse man einen Mord bekennen.“

Erst 1945 versuchte David Lack erstmals die Klärung der genauen Zusammenhänge zwischen den 13 Galapagos-Finken-Arten, die endemisch auf den etwa 1100 Kilometer vom Festland Südamerikas entfernten Galapagos-Inseln vorkommen.

Er ging von einem dreiteiligen Stammbaum der Darwin-Finken aus, der in jüngster Zeit durch chemotaxonomische Analysen an Proteinen bestätigt werden konnte.

Das Archipel ist nach geologischen Untersuchungen durch unterseeische vulkanische Tätigkeiten vor etwa fünf Millionen Jahren entstanden und nach und nach durch Pflanzen, die sich aus angespülten oder durch Winde hergetragene Sporen und Samen entwickelt haben, besiedelt worden.

Eine von Südamerika verdriftete Gruppe Finken muss später auf die dem Festland nächstgelegene Insel, San Cristóbal, gelangt sein.

Derzeit bestehen noch Diskussionen über den genauen systematischen Ursprung der Darwin-Finken. Gesichert scheint nur die Abstammung von ammernartigen Finken Süd- oder Mittelamerikas.

Ohne Nahrungskonkurrenz und Feindgefahr, denn sie waren wahrscheinlich mit die ersten Neubesiedler, konnte sich ihre Zahl vermehren.

Erst später hat wahrscheinlich die weitere Besiedlung der anderen Inseln des Archipels eingesetzt. Die dortigen Populationen waren fortan von den übrigen geographisch isoliert. Bowman (1961) konnte zeigen, dass sich die Vegetationszusammensetzung der einzelnen Inseln und damit das jeweils verfügbare Nahrungsangebot für die Finken soweit unterscheidet, um divergente Anpassungen der einzelnen Populationen zu erklären.

Das Fehlen von Konkurrenz ermöglichte diese zunehmend spezialisierte Anpassung an bestimmte Nahrungsressourcen und mit ihr verbunden eine immer bessere Einnischung an die speziellen Nahrungsvorkommen.

Biochemische Analysen sprechen für eine erste Aufspaltung vor etwa 1,5 bis 2,0 Millionen Jahren, die mit dem sich abzweigenden **Laubsängerfink** (*Certhidea olivacea*) begonnen haben soll.

Die kreisförmige Besiedlung der Inseln, beginnend mit San Cristóbal, führte schließlich dazu, dass eine veränderte Finken-Population wieder San Cristóbal erreichte und diese besiedelte. Die Veränderungen dieser neuen Population waren jedoch gravierend genug, um eine Vermischung mit der auf San Cristóbal verbliebenen Population zu verhindern. Eine neue Art war somit entstanden. Fortan wirkte zwischen ihnen interspezifische Konkurrenz, die zu einer weiteren Einnischung über Kontrastbetonung führte. Auch heute noch kann dieser Trend beobachtet werden. Neben **Kleingrundfink** (*Geospiza fuliginosa*) und **Spitzschnabelgrundfink** (*Geospiza difficilis*) im selben Habitat, so unterscheiden sich ihre Schnabelformen stärker, als wenn sie in getrennten Biotopen auftreten.

Weitere Wanderungen und die entwickelten Divergenzen, aber auch Hybridisierungen der Finken müssen dann zur Bildung der übrigen Arten geführt haben. Dabei kann vermutet werden, dass die Zahl der entstandenen Arten in Zusammenhang mit der möglichen Zahl der unter den gegebenen Bedingungen entwickelbaren ökologischen Nischen (Lizenzen) steht. So haben sich auf den Galapagos-Inseln insgesamt 13 Finken-Formen ausgeprägt. Eine weitere Art, der **Kokosfink** (*Pinaroloxias inornata*), kommt daneben auf der nördlich gelegenen Kokosinsel vor. Verteilt auf drei Gattungen sind zwei laubsängerartige Finken, sechs Grundfinken und sechs Baumfinken-Arten bekannt.

Studien, die verwandtschaftliche Beziehungen der 14 Finken-Arten klären sollten, zeigten die Monophylie der Gruppe. Dabei wurden morphologische Ähnlichkeiten inklusive genetischer Varianzen und Kovarianzen (Selektionsdistanzen) ebenso betrachtet wie Elektrophorese-Analysen der Proteinvariation (Harvey (1985)).

Die Populationsaufspaltung der Finken auf dem Galapagos-Archipel, verbunden mit der Bildung neuer Subspezies und Spezies und zeitgleicher Ausprägung verschiedener ökologischer Nischen, ist ein besonders prägnantes Beispiel für eine adaptive Radiation.

Von einer solchen wird dann gesprochen, wenn aus einer phylogenetischen Linie durch Aufspaltung zahlreiche monophyletische Gruppen bzw. Arten entstehen, die jeweils deutliche Differenzierungen und Adaptionen an unterschiedliche Lebensweisen entwickelt haben.

Die adaptive Radiation der Galapagos-Finken beruht somit auf der erfolgten Einnischung geographisch isolierter Populationen sowie anschließender Hybridisierung noch nahe stehender Populationen und der später wirksamen interspezifischen Konkurrenz um begrenzte Ressourcen, die sich entweder im Konkurrenzausschluss oder in einer Kontrastbetonung im Sinne einer Konkurrenzvermeidung bei ökologisch ähnlichen beziehungsweise nah verwandten Arten zeigte.

Die Grundlage für dieses Phänomen liegt in der ständigen Mutation und Rekombination der Gene. So entstehen fortwährend neue mehr oder weniger gut angepasste Phänotypen. Die konkurrenzlose Neubesiedlung von Habitaten bietet hierbei besonders günstige Voraussetzungen für die adaptive Radiation.

In der Vogelwelt sind zwei weitere prägnante Beispiele adaptiver Radiation erwähnenswert. Dies sind die Aufspaltung einer Ahnenform in zwei Finken-Arten (*Neospiza*) auf Tristan da Cunha im Südatlantik, die sich ähnlich wie die Galapagos-Finken in Größe, Schnabelform und Lebensweise voneinander unterscheiden, und die Kleidervögel (*Drepanididae*) Hawaiiis, deren adaptive Radiation mit 15 bis 20 Millionen Jahre wesentlich länger andauerte als die der Galapagos-Finken. Wie auch das Galapagos-Archipel ist Hawaii vulkanischen Ursprungs, ist aber bereits in der zweiten Hälfte des Tertiärs entstanden. Sie differenzierten sich in 17, je nach Literatur auch 18, zum Teil sehr stark abweichende Gattungen mit 43 Spezies und Subspezies.

V FORTPFLANZUNG UND ENTWICKLUNG
VI.1 FORTPFLANZUNG
V.1.1 GESCHLECHTSORGANE

Einführung

Die Geschlechtsdrüsen der getrenntgeschlechtlichen Vögel werden bei der Embryonalentwicklung paarig angelegt und zeigen eine klare Gliederung in Mark (Medulla) und Rinde (Cortex). Aus dem Mark bildet sich der Hoden, aus dem Cortex das Ovar. Zum Teil verbleibt im rechten Eierstock undifferenziertes, embryonal gebliebenes Gonadensoma, so dass prinzipiell unter besonderen, beispielsweise hormonellen Bedingungen, selbst beim Adultvogel eine Ausdifferenzierung noch in beide Richtungen möglich ist. Immer sind bei beiden Geschlechtern – Weibchen und Männchen – noch Gonadenreste des jeweilig anderen rudimentär vorhanden.

Zwitter sind bei Vögeln nicht extrem selten. Teilweise, wie zum Beispiel bei **Gimpeln** (*Pyrrhula pyrrhula*), kommen sogar halbseitige Zwitter vor, die auf der einen Seite Weibchen, auf der anderen Seite Männchen sind.

Das Sexualsystem der Vögel steht mit der Niere zunächst in sehr enger Verbindung. Diese enge Verknüpfung ist selbst beim erwachsenen Vogel noch festzustellen und begründet den Begriff des Urogenitalsystems.

Männliche Geschlechtsorgane

Abgeleitet vom Mark des Gonadensomas bestehen die männlichen Geschlechtsorgane aus den Hoden und Nebenhoden, Samenleiter, den akzessorischen Geschlechtsdrüsen und den eigentlichen Kopulationsorganen. Andere bei Säugern bekannte Strukturen, wie Prostata oder Samenblase, fehlen. Die paarigen Hoden befinden sich durch zwei Häute eingekapselt in der Bauchhöhle, im Gegensatz zu den Säugern, wo sie außerhalb der Körperhöhle lokalisiert sind. Die Hoden sind artspezifisch nicht immer gleich groß, immer jedoch beide funktionstüchtig. Bemerkenswert ist die starke Größenzunahme der Hoden bei saisonalen Brutvögeln, besonders bei den Passeriformes (Sperlings- oder Singvögel). So können bei ihnen die Hoden zur Fortpflanzungszeit auf

das 500-fache der sonst üblichen Größe anwachsen, was im wesentlichen auf eine Längenzunahme und Durchmesservergrößerung der Hodenkanälchen zurückzuführen ist. Die Hoden werden überwiegend durch eine Vielzahl gewundener Hodenkanälchen (Tubuli seminiferi contortii) gebildet. Die Spermien entwickeln sich in den sogenannten Sertolizellen, die an den Hodenkanälchen anliegen. Von dort wandern sie in das Hodennetz (Rete testis), das bei einigen Vogelarten, den Rabenvögeln beispielsweise, aber auch fehlen kann. Zwischen den Hodenkanälchen liegen zahlreiche interstitielle Zellen, die Leydigischen Zwischenzellen, die das männliche Geschlechtshormon Testosteron bilden (siehe hierzu auch Kapitel II.2.2 Hormondrüsen). Die paarigen Nebenhoden (Epididymis) setzen sich größtenteils aus den Ductuli efferentes zusammen. Dies sind gewundene Gänge, die sich nach der Paarungszeit auflösen und erst mit der nächsten Fortpflanzungszeit wieder neu gebildet werden. Sie münden in den Nebenhodenkanal (Ductus epididymis), der wiederum in den Samenleiter (Ductus deferens) führt. In einer zickzackförmigen Linie neben dem Harnleiter vergrößern sich beide Samenleiter sukzessive zur Kloake hin, in die beide in einer kleinen Erhebung, der Samenleiterpapille, führen. Diese Papille vergrößert sich bei Erektionen. Eigentliche Begattungsorgane sind dagegen sehr selten ausgebildet. Bei den meisten Vogelarten ist ein penisähnliches Organ nicht mehr vorhanden oder auf einen kleinen, nicht ausschachtbaren Phallus reduziert (Bezzel, Prinzinger (1990)). Die Erektion des Phallus wird über Lymphe und nicht wie beim Säuger über Blut bewerkstelligt. Durch weitere Muskelkontraktionen wird der Phallus weiter vorgestülpt. Das Sperma wird anschließend in die Samenrinne entlassen. Die Phallusspitze wird in die dann hervorgetretene Eileiteröffnung geführt und die Erektion durch Abfluss der Lymphe sehr schnell wieder beendet.

Weibliche Geschlechtsorgane

Eierstock, Eileiter und akzessorische Drüsen bilden die weiblichen Geschlechtsorgane. Bemerkenswert ist, dass in der Regel nur die linke der beiden Anlagen funktionell ausgeprägt ist. Die rechte Anlage ist zugunsten der Gewichtsersparnis meist stark reduziert. Embryonal werden jedoch beide Anlagen angelegt. Die Reduktion setzt beim Hühnerembryo nach vier Bebrütungstagen (Bezzel, Prinzinger (1990)) ein. Diese Rückbildung führt in der Regel dazu, dass nur die linke Anlage funktionsfähig ist, während die rechte lediglich als kurzes Rudiment, teilweise aber auch als bis zu 20 cm lange Zyste verbleibt.

Bei Kiwis und einigen Raubvögeln (Ziswiler (1976)), aber auch beim **Haubentaucher** (*Podiceps cristatus*), Rallen, **Auerhuhn** (*Tetrao urogallus*) und Schneehühnern (Gille (2000)) sind derartige Asymmetrien jedoch nicht oder nur schwach entwickelt.

Wird beim Huhn die linke Anlage entfernt oder zerstört, entwickelt sich die rechte zu einer hodenartigen Gonade, die sogar aktive Spermatogenese betreiben kann, sofern der linke Eierstock sehr früh funktionslos wurde oder männliche Hormone gegeben wurden (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Eierstock (Ovar)

Das Ovar produziert neben Geschlechtshormonen (siehe Kapitel II.2.2 Sexualhormone der Gonaden) die Fortpflanzungszellen. In einer frühen Phase der embryonalen Entwicklung wandern Oogonien (weibliche Urkeimzellen) vom rechten Ovar in das linke, um dort die Zahl der vorhandenen Oogonien zu erhöhen. Bis zum 17. Entwicklungstag entstehen bereits 680 000 Oogonien (Huhn). Diese Zahl verringert sich jedoch bis zum Schlüpfen wieder auf etwa 480 000. Die mikroskopisch kleinen Keimzellen vergrößern sich bei ihrer

Entwicklung zu Oozyten 1. Ordnung und anschließend unter gonadotropem Hormoneinfluss zum ausgebildeten, dotterreichen Follikel beträchtlich in der Größe. Etwa zwei Stunden vor dem Eisprung und so noch im Follikel findet die erste Reifeteilung (Meiose) statt, bei der aus der Oozyten 1. Ordnung die Oozyte 2. Ordnung und eine Polzelle entsteht. An einem Streifen, dem sogenannten Stigma reisst bei der Ovulation der Follikel, dessen Oozyte zu den größten Zellen im Tierreich gehört.

Eileiter (Oviductus)

Der Eileiter ist, wie auch der Eierstock, in seiner Größe stark von fortpflanzungsperiodischen Zyklen abhängig (Bezzel, Prinzinger (1990)). Er gliedert sich in fünf morphologisch und physiologisch unterscheidbare Abschnitte.

1. Das Infundibulum nimmt als Trichter die Eier auf. Hier vollzieht sich, wahrscheinlich abhängig vom Eindringen einer Samenzelle, die zweite Reifeteilung (Mitose), bei der neben der zweiten Polzelle die befruchtungsfähige Eizelle, das sogenannte Ovum, entsteht. Die Polzelle aus der ersten Reifeteilung teilt sich bei Vögeln, anders als sonst üblich, nicht, so dass schließlich das Ovum und zwei Polzellen, nicht drei Polzellen, entstanden sind.
2. Nach der Befruchtung wird die Dotterkugel im Bereich der Tuba, auch als Magnum bezeichnet, mit Eiklar aus Drüsen der Oviductuswand umgeben.
3. Im Isthmus wird die Schalenhaut aufgelagert.
4. Im Uterus wird die Kalkschale einschließlich etwaiger Färbungen aus einer aus Kalkdrüsen sezernierten Kalkpaste gebildet.
5. Vor der Einmündung des Oviductus in den mittleren Koakenraum befindet sich der als Vagina bezeichnete Muskelabschnitt.

V.1.2 FORTPFLANZUNGSSYSTEME

Mono- und Polygamie

Monogamie und Polygamie sind die zwei typischen Formen von Fortpflanzungssystemen. Bei der klassischen Monogamie bilden ein Weibchen und ein Männchen ein Paar, wohingegen Polygamie verschiedene Formen der Weibchen-Männchen-Paarungen mit mehreren Geschlechtspartnern meint (siehe das Kurz-Info zur Polygamie). Im Unterschied zu den Mammalia (Säugetieren) sollen etwa 90 Prozent aller Vogelarten primär monogam sein (Bezzel, Prinzinger (1990)). Der hohe Aufwand der Bebrütung des Geleges und der Jungenaufzucht bevorteilt diese Form meist gegenüber anderen. Oft bleiben solche Paare über mehrere Fortpflanzungsperioden oder sogar zeitlebens zusammen, wie beispielsweise Pinguine, Kiwis, Entenvögel, Meisen, teilweise auch Papageien, Eulen und Störche. Allerdings ist bei etlichen monogamen Arten zumindest kurzzeitig polygynes Verhalten einiger Männchen nachweisbar, so bei etwa 39 Prozent aller Singvögel.

Fremdvaterschaften

Spatzenmann zu einem Freund: „Ich lasse mich von meiner Frau scheiden!“
„Warum das denn?“ „Seit sechs Monaten hat sie eine Meise!“

Von **Kohlmeisen** (*Parus major*) dachte man bisher immer, sie würden zeitlebens eine treue Partnerschaft zu einem Partner eingehen. In Baumhöhlen und Mauerritzen brütend wurden stets Kohlmeisen-Pärchen beobachtet, die ihre Junge in den mit Grashalmen, Moos und Haaren gepolsterten Nestmulden versorgen. Ein Gelege besteht in der Regel aus vier bis 12 Eiern, die ausschließlich vom Weibchen bebrütet werden. Das Männchen sorgt in dieser Zeit für die Nahrungsbeschaffung. Allein in einem Sommer mit zwei Brutgelegenheiten erbeutet ein Meisen-Paar rund 50 Kilogramm Insekten und Kleintiere.

Diese Form der Brut- und Fortpflanzungsgemeinschaft wurde über lange Zeit als die typische unter den Vögeln angesehen. Die Mono-

gamie wurde mit etwa 90 Prozent aller Vogelarten als das Paarungssystem bei Vögeln betrachtet. Bei nur 10 Prozent der Arten wurde von Polygamie ausgegangen. Neuere molekulargenetische Erkenntnisse zeichnen jedoch ein völlig anderes Bild von den Partnerschaftsverhältnissen bei Singvögeln. Nach diesen ist „Fremdgehen“ nicht die Ausnahme, sondern die Regel, so Thomas Lubjuhn vom Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie der Universität Bonn (Schmoll (2002)).

Untersuchungen zeigten, dass beispielsweise über 80 Prozent aller Brutten von **Tannenmeisen** (*Parus ater*) gemischte Vaterschaften haben. Etwa jedes zweite Junge ist außerhalb der Partnerschaft gezeugt worden.

Für Männchen lässt sich das „Fremdgehen“ leicht erklären. Sie steigern so ihren Fortpflanzungserfolg wesentlich. Auch bleibt ihnen die aufwändige Aufzucht der Jungen vollständig erspart. So hatte ein Tannenmeisen-Männchen neben der eigenen Aufzucht-Brut mit sechs Jungen 21 weitere Jungen in Fremdbruten gezeugt und somit den Fortpflanzungserfolg mehr als vervierfacht.

KURZ-INFO Polygamie

Die Polygamie ist ein Sammelbegriff für verschiedene Formen der Partnerschaftssysteme, bei denen mehr als ein Weibchen und ein Männchen eine Geschlechtspartnerschaft eingehen.

Polyandrie: Ein Weibchen kopuliert mit mindestens zwei Männchen, z. B. bei Wasserfasan, Seeregenpfeifer, Zwergkuckuck, Alpenstrandläufer.

Polygynie: Ein Männchen begattet mindestens zwei Weibchen, z. B. bei Straußen, Kornweihen, Kolibris, Zaunkönige, Wasseramseln, Meisen.

Polygynandrie: Mindestens zwei Weibchen kopulieren mit mindestens zwei Männchen, z. B. bei Eichelspecht, Heckenbraunelle, Galapagosbussard.

Promiskuität: Verschiedene Weibchen und Männchen kopulieren miteinander, wobei kein individueller Zusammenhalt erkennbar ist und nur ein Paarungspartner die Brutpflege sicherstellt.

Die Fremdvaterschaften sind allerdings nicht immer auf Aktivitäten der Männchen zurückzuführen. Auch Weibchen bemühen sich aktiv darum.

Die ihnen daraus erwachsenden Vorteile sind beispielsweise, dass solche Weibchen im Revier ihres „heimlichen Liebhabers“ Futter suchen dürfen, wie dies bei **Rotschulterstärlingen** (*Agelaius phoeniceus*) der Fall ist.

Ein besonderes Ritual der Balz von **Adeliepinguinen** (*Pygoscelis adeliae*) ist es, dass das Männchen dem auserwählten Weibchen einen Kiesel schenkt. Nur wenn dieser Stein angenommen wird, wird die eigentliche Balz fortgesetzt. Mit vielen kleinen solcher Steine wird schließlich ein Nest gebaut, in das zwei Eier gelegt werden. Adeliepinguin-Weibchen, die eine Fremdkopulation zulassen, gestattet das begünstigte Männchen nun, Steinchen für den Bau des eigenen Nestes zu entwenden. Es kommt sogar vor, dass Männchen schon vor einer Fremdkopulation, diese aber erwartend, bereit sind, Steinchen zu geben. Bei einem Weibchen konnte beobachtet werden, dass es 62 Steinchen bekam, ohne ein einziges Mal fremdkopuliert worden zu sein (Hunter, Davies (1998)). Solche Formen der „Bezahlung fürs Fremdgehen“ scheinen jedoch eher die Ausnahme zu sein, so Schmoll. Generell werden jedoch bessere Fitness-Werte für die Nachkommen von Fremdkopulationen angeführt.

Bei Tannen- und Kohlmeisen konnten jedoch bislang trotz jahrelanger Forschungsprogramme keine genetischen Vorteile für die Weibchen nachgewiesen werden.

„Eine abschließende Bewertung der Frage, warum die Weibchen bei unterschiedlichen Arten fremdgehen, ist zur Zeit noch nicht möglich“, meint Lubjuhn (Schmoll (2002)).

Das eigentliche Partner-Männchen versucht natürlich, solche Fremdbegattungen seines Weibchens zu verhindern. So bewachen die Männchen revierbildender Vogelarten, wie die Meisen, in der kurzen fertilen Phase, in der eine Befruchtung der Eier möglich ist, ihre Weibchen. Auch wurde beispielsweise bei **Rohrhammern** (*Emberiza schoeniclus*) beobachtet, dass „die Männchen von Rohrhammern sich bei der Fütterung der Jungtiere um so stärker einschränken, je mehr unverwandte Kuckucks-Küken in der entsprechenden Brut zu versorgen sind“, so berichtet Volker Janzon (Schmoll (2002)).

Dynamik der Paarungssysteme

Verallgemeinernd kann gesagt werden, dass die bisherigen Klassifikationsschemata bei weitem nicht so statisch sind, wie bisher angenommen. Die Übergänge zwischen verschiedenen Formen der Polygamie und Monogamie sind fließend und ständig Änderungen unterworfen. Selbst für einzelne Arten ist es nicht immer möglich, eindeutige Aussagen zum praktizierten Paarungssystem zu treffen, wie das Beispiel des **Trauerschnäppers** (*Ficedula hypoleuca*) zeigt, der sowohl in Monogamie als auch in Polygamie leben kann, dann meist in biterritorialer Bigynie. Dies bedeutet, dass ein Männchen mit zwei Weibchen in getrennten Revieren verpaart eine Bindung eingeht (Winkel, Brünn, Lubjuhn (1996)).

V.1.3 BALZ

Begriff der Balz

Um einen geeigneten Fortpflanzungspartner zu finden, mit dem die Kopulation und die Brut durchgeführt werden kann, bedienen sich Vögel besonderer Verhaltensweisen, die zum Begriff der Balz zusammengefasst werden. Dabei spielen vier grundlegende Prozesse eine Rolle. So dient die Balz zunächst einfach (1) dem Zusammenführen von Männchen und Weibchen, allerdings unter (2) sexueller Isola-

tion anderer Arten. Schließlich ist es wichtig, dass sich (3) die Fortpflanzungspartner synchronisieren und (4) die vorhandene innerartliche Aggression überwinden.

(1) Zusammenführen der Fortpflanzungspartner

Um einen potentiellen Geschlechtspartner auf sich aufmerksam zu machen, bedienen sich Vögel einer Vielzahl unterschiedlicher

Äußerungsformen. Meist sind es die Männchen, die sich um einen Partner bemühen. Besonders über weitere Distanzen und in unübersichtlichen Lebensräumen ist dabei der Gesang als akustisches Fernsignal ein weit verbreitetes Mittel. Daneben sind optische Verhaltensmuster oder Signale ähnlich vielgestaltig entwickelt.



Abb. V.1.3a Geschlechtsdimorphismus beim Dompfaff, Männchen links und Weibchen rechts. [aus Bund Deutscher Wildvogelzüchter (2002)]

Optische Erkennungsmerkmale und Verhaltensweisen

Besonders Männchen vieler Vogelarten tragen zur Balzzeit auffällige Balzkleider, worunter die typische Gefiederfärbung der Männchen zu verstehen ist.

Während Enten-Weibchen oft kryptisch und unauffällig gefärbt sind, konkurrieren Enten-Männchen mit den prächtigsten Gefiederkleidern um die Weibchen. Aber auch junge Männchen besitzen in der Regel noch kein Prachtkleid (Balzkleid). Sie sind wie die Weibchen gefärbt. Das tarnende Schlichtkleid erhöht, so die Annahme, die Überlebenschancen junger unerfahrener Männchen. Vogel-männchen bilden ihre volle Färbung erst im Laufe mehrerer Jahre aus, wobei die starken Grau- und Braunanteile sukzessive zurückgehen.

Die balzenden Männchen sind stets darum bemüht, durch Zurschaustellung ihre besonderen, positiven Merkmale und ihre im Ver-

gleich zu den Artgenossen (vermeintlich) höhere Fitness zu präsentieren.

Dabei spielen bei der Partnerwahl des Weibchens oftmals optische Schlüsselreize eine wesentliche Rolle. Diese haben bei vielen Arten zur Betonung besonderer Merkmalsausprägungen bei Männchen geführt. Diese Merkmale, beispielsweise Gefiederfärbungen, können nur zur Balz ausgeprägt oder zeitlebens sein. Solche Unterschiede lassen sich bei Männchen und Weibchen der **Amseln** (*Turdus merula*) beobachten. Während die Weibchen dunkel- bis olivbraun gefärbt sind, ist das Gefieder der Männchen rein schwarz.

Auch beim **Dompfaff** (Synonym: **Gimpel**) (*Pyrrhula pyrrhula*) ist der sogenannte Geschlechtsdimorphismus existent. Das Weibchen tritt mit seinem unauffälligem braun-grau-schwarzen Gefieder vor dem Männchen zurück, das eine hellrote Unterseite, einen weißen Bürzel und einen tiefschwarzen Kopf hat (siehe Abbildung V.1.3a). Ein weiteres Beispiel für Geschlechtsdimorphismen sind **Schönloris** (*Chamosyna placentis*), deren differierende Gefiederfärbungen in Abbildung II.6.2.5a dargestellt sind. Unter Eulen beispielsweise ist dagegen ein Geschlechtsdimorphismus nicht ausgeprägt. Als einzige Ausnahme sind **Schnee-Eulen** (*Nyctea scandiaca*) zu nennen.

(2) Sexuelle Isolation anderer Arten

Die von den potentiellen Geschlechtspartnern ausgehenden Signale sind normalerweise so spezifisch, dass nur Vertreter der eigenen Art und des anderen Geschlechts darauf entsprechend reagieren. Gerade sehr nah verwandte Arten müssen sich daher in wenigstens einem Merkmal artspezifisch unterscheiden. So ist dies bei den sehr ähnlichen Zwillingarten **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*) und **Zilzalp** (*Phylloscopus collybita*), die sich (fast) nur in ihrem Gesang unterscheiden.

Auf den Galapagos-Inseln brüten drei Tölpelarten, die sich durch die Farbe ihrer Füße unterscheiden. Die Farben der Füße sind entweder blau, grün oder rot. Um bei der Partnersuche nicht fälschlicherweise einen Partner einer der beiden anderen Arten zu wählen, werden die Füße richtiggehend zur Schau gestellt.

Schon beim Landeanflug auf ein Weibchen werden die Füße hoch gezogen und frontal gezeigt. Anschließend läuft es um das Weibchen herum und zeigt seine Füße nochmals auffällig vor. Wenn dann das Weibchen mit dem Männchen einverstanden ist, erklären beide ihre Paarungsbereitschaft durch Hochstrecken der Schnäbel und Ausbreiten der Flügel.

(3) Fortpflanzungspartner-Synchronisation

Beide Partner müssen auf die bevorstehende Kopulation vorbereitet sein. Da sie zumeist nicht über das ganze Jahr hinweg fortpflanzungsfähig sind, müssen (morphologische) Reifungsprozesse zunächst aufeinander abgestimmt werden, so dass beide zur gleichen Zeit eine erfolgreiche Kopulation vollziehen können. So wachsen bei Männchen vieler Arten nur zur Fortpflanzungszeit die Hoden auf die notwendige Größe heran. Auch die Reifung der Ovarien muss auf den Zeitpunkt der Kopulation abgestimmt sein. Bei etlichen Arten sind lange ritualisierte Handlungsabfolgen zu beobachten, die beide Partner auf gleiche oder mindestens sehr ähnliche Art und Weise vollziehen. Pelikan-Pärchen führen so mit Beginn der Balz ihre Bewegungen synchron durch. Sie fliegen nicht nur synchron mit aufeinander abgestimmtem Flügelschlag unmittelbar nebeneinander, sondern tauchen sogar gleichzeitig beim Fischen den Schnabel ins Wasser.

(4) Überwindung innerartlicher Aggression

Wenn **Lachmöwen** (*Larus ridibundus*) oder **Kolkraben** (*Corvus corax*) demonstrativ wegsehen oder **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) beim Klappern ihren Schnabel nach hinten werfen, dann verbergen sie damit ihre Waffen, in diesem Fall den Schnabel. Lachmöwen schauen sich bei der Balz sogar nur an, wenn der andere gerade den Kopf weggedreht hat (Bezzel, Prinzinger (1990)). Diese bewusst nicht aggressiven Handlungsweisen sollen helfen, die innerartliche Aggression zu überwinden. Auch die symbolische Übergabe von Nahrung, das sogenannte Balzfüttern, beispielsweise bei Papageien, Seeschwalben und Möwen, dient diesem Zweck.

Bei **Zwergseeschwalben** (*Sterna albifrons*) sind beide Geschlechter äußerlich nicht zu

unterscheiden. Das Männchen ist nur dadurch zu erkennen, dass es dem Weibchen bei der Balz ein Geschenk in Form eines kleinen Fisches überreicht (Heinrich (1986)).

Auch bei **Bartkäuzen** (*Strix nebulosa*) ist zu beobachten, dass das Männchen dem Weibchen ein Nahrungsgeschenk überreicht. Frisst er eine erbeutete Maus normalerweise direkt, so fliegt er zur Balzzeit mit ihr auf einen Ast in der unmittelbaren Umgebung des umworbenen Weibchens. Regungslos verharrt er dort, während er die Maus mit seinem Schnabel festhält und hängen lässt. Das Weibchen reagiert daraufhin, sofern es in Paarungsstimmung ist, indem es hin- und herwiegt, auf- und abhüpft und gar wie ein hungriges Eulenküken piepst. Das Männchen fliegt dann zum Weibchen hin, setzt sich ihr gegenüber, schließt die Augen, neigt den Kopf seitlich und hält ihr die Maus hin. Wenn das Weibchen nun sein Geschenk annimmt, ist der Partnerbund geschlossen (Attenborough (1994)).

Bei einigen Arten wird diese Fütterung über die Balzzeit hinaus weiter geführt und erfüllt damit eine weitere wahrscheinlich ursprünglichere Aufgabe. Dass es bei einigen Arten jedoch weniger auf die Nahrung selber ankommt als mehr auf die Aggressionsüberwindung, zeigt die Reduzierung der Futterübergabe auf das Schnäbeln, zum Beispiel bei **Wellensittichen** (*Melopsittacus undulatus*), bei dem eine Nahrungsweitergabe nur mehr symbolisch angedeutet, aber nicht vollzogen wird.



Abb. V.1.3b Tanz des Viktoria-Reifvogels (*Ptiloris victoriae*). [aus Attenborough (1994)]

Bemerkenswerte Balz

Paradiesvögel besitzen in der Regel auffällige Prachtgefieder. Eine Ausnahme stellt zweifelsfrei der **Viktoria-Reifenvogel** (*Ptiloris victoriae*) dar.

Ihm fehlt eine farbenfrohe Färbung, stattdessen beeindruckt er Weibchen durch einen bemerkenswerten Tanz, bei dem er mal den rechten, mal den linken Flügel ausbreitet (siehe Abbildung V.1.3b auf der nächsten Seite).

Mit den Paradiesvögeln nahe verwandt sind die Laubenvögel Neuguineas und Australiens, die in der besonderen Gestaltung von Balzplätzen auf sich aufmerksam machen. Der **Zahnlaubenvogel** (*Ailuredos dentiostriis*) säubert beispielsweise eine etwa zwei Meter Durchmesser große Fläche vollständig, so dass der Boden frei liegt. Von einem speziellen Baum trennt er Blätter ab, die er mit der Unterseite nach oben auf seinem großen Balzplatz ausbreitet. Täglich sortiert er dabei verwelkte Blätter aus und ersetzt sie durch frische. Laut singend macht er dann Weibchen auf sich aufmerksam, um dann geduckt über seinen Balzplatz zu kriechen und mit geöffneten Flügeln mit dem Schwanz zu wackeln.

Der **Archboldlaubenvogel** (*Archboldia papuensis*) legt Schneisen im Unterholz an, die er mit Schneckengehäusen, Beeren, Baumharz-Splittern, Käferflügeln und Paradiesvogel-Federn schmückt. Andere Laubenvögel bauen etwa 30 Zentimeter hohe Lauben, die sie mit verschiedenen gesammelten Gegenständen auslegen. Die Innenwände ihrer Laube bestreichen sie sogar mit dem Saft zerdrückter Beeren oder mit einer Mixtur aus Speichel und Grassaft.

Auch **Seidenlaubenvögel** (*Ptilonorhynchus violaceus*) legen solche gefärbten Lauben an (siehe hierzu auch Kapitel V.3.5), die als Besonderheit stets in Nord-Süd-Richtung weisen - ein Hinweis auf die Fähigkeiten zur Himmelsrichtungsorientierung mithilfe eines magnetischen Kompasses. Vorteil dieser Ausrichtung ist: Weder Männchen noch Weibchen müssen bei der morgendlichen Balz in die Sonne schauen (Mauersberger (1974)).

Die Lauben sollen Weibchen nicht nur von den Qualitäten des Erbauers überzeugen, sondern dienen zugleich auch als Ort, von dem das Weibchen den Balztänzen des Männchens zuschaut.

Goldhaubengärtner (*Amblyornis macgregoriae*) errichten aus Zweigen einen bis zu 2,7 Meter hohen Turm, den sie mit schwarzen Beeren, Pilzen und meist auch mit orangefarbenen Früchten dekorieren (Attenborough (1994)).

Sind die Balzplätze einiger polygamer Vogelarten dicht beieinander, um den Weibchen die Wahl im Wettbewerb der Männchen untereinander zu ermöglichen, errichten Laubenvögel-Männchen die Konstruktionen stets in einem deutlichen Abstand zueinander.

Prachtleierschwanz-Männchen (*Menura superba*) zeigen im Abstandhalten ein analoges Verhalten. Als etwa 97 Zentimeter große hühnerähnliche Singvögel bewohnen sie das Dickicht feuchter Wälder. Gleich mehrere Tanzhügel bauen Männchen zur Balzzeit, in dem sie auf Lichtungen Erde und Laub zu großen Hügeln aufschichten und platt treten. Dort vollführen sie abwechslungsreiche Tänze und Gesänge, in denen sie nahezu perfekt verschiedenste Vogelstimmen anderer Arten und Geräusche, die sie einmal gehört haben, imitieren. Dazu können unter anderem auch technische Audiosequenzen, wie Kettensägen-Geräusche und Fotoapparat-Klicken gehören. Können Gesang oder besondere Laute auch im dichten Unterholz von Wäldern leicht helfen, auf sich aufmerksam zu machen, würden solche Geräusche in der Weite der Steppe allzu schnell durch zu große Distanzen unmerklich bleiben.

Großtrappen (*Otis tarda*) leben in weitläufigen Grassteppen, in denen sie durch ihr braunes, der Umwelt angepasstes Gefieder gut getarnt sind. Um dennoch selbst in großen Entfernungen auf sich aufmerksam zu machen, sind Männchen in der Lage, gegebenfalls besondere optische Merkmale zu bieten. Dann richten sie sich auf, schütteln ihr Gefieder, blasen einen großen Halsluftsack auf und klappen den Schwanz auf den Rücken, um dabei die weißen Unterschwanzdecken zu entfalten. Zudem lassen sie noch die Flügel hängen, die sie dabei vollständig verdrehen. Innerhalb kürzester Zeit verwandelt sich so das Großtrappen-Männchen in ein großes weißes Federknäuel, das kaum noch als Vogel zu erkennen ist (Lingen, Rheinwald (o. J.)).

V.1.4 NEST UND NESTBAU

Aufgabe des Nestes

Bis auf sehr wenige Ausnahmen werden die Eier eines Geleges an einem Ort abgelegt, der bis zum Schlüpfen der Jungen die fixierte Stelle der Eier bleibt. Eine solche Ausnahme sind **Kaiserpinguine** (*Aptenodytes forsteri*) (siehe Kapitel V.1.6 zur Brutpflege) und **Königspinguine** (*Aptenodytes patagonicus*), die beide das einzig gelegte Ei auf ihren Füßen tragen und so durch die wärmende Bauchhaut vor der antarktischen Kälte schützen.

Bei den meisten Arten markiert der Eiablage-Ort jedoch den Platz, wo nach der Eiablage das Bebrüten und Schlüpfen der Junge erfolgt. Diese Stelle wird als Nest bezeichnet, das aus den unterschiedlichsten Materialien gestaltet, die verschiedensten Strukturen und Formen aufweisen oder auch einfach nur eine natürliche beziehungsweise in den Boden gescharrte Kuhle sein kann.

Je nach Nesttyp übernimmt das Nest mehrere Aufgaben. So dient es der Temperaturregulation der Eier und Jungen und der optimalen Lage für die Bebrütung der Eier. Daneben schützt es vor widrigen Umweltbedingungen und Feinden und spielt eine wichtige Rolle bei der Stimulation der Fortpflanzung. Bei nestflüchtenden Arten ist die Nestkonstruktion in der Regel weniger aufwändig als bei Nesthockern, mit Ausnahme der Entenvögel, so Bezzel und Prinzing (1990) (Begriffe Nestflüchter und Nesthocker siehe Kapitel V.2.2 Ontogenese).

Parasiten im Nest

„So teilt Peus (1968) aus einem Nest bei Oldenburg das Vorkommen von *Ceratophyllus g. garei* mit“. (Zitat aus: Bezzel, Helb, Witt, ursprünglich in: H. & W. Dittberner)

Peus saß natürlich nicht selbst im Nest, aber er weist daraufhin, dass Parasiten in Nestern keine Seltenheit sind.

Ceratophyllus g. garei ist eine von etwa 70 Arten der Familie der Siphonaptera, der Flöhe. Die häufig vorkommende Gattung *Ceratophyllus* ist spezialisiert auf Vögel. Die Art

gallinae findet sich vermehrt in trockenen, luftigen Nisthöhlen und Nistkästen, *garei* dagegen eher in freien Nestern (Bodennestern) und sumpfigen Regionen. Meist sind Flöhe – im Gegensatz zu anderen Parasiten der Vögel – nicht wirtsartspezifisch. Es gibt jedoch auch einige Flöhe, die relativ beständig auf einer Art parasitieren, wie beispielsweise *Ceratophyllus rossitensis* bei der **Rabenkrähe** (*Corvus corone corone*) oder *Echidnophaga gallinacea* beim **Huhn** (**Bankivahuhn** (*Gallus gallus*)).

Nestlose

Nur wenige Arten, wie der **Whip-poor-will** (*Caprimulgus vociferus*), verzichten auf eine vorbereitete, selbst gestaltete Stelle zur Eiablage. Sie legen die Eier einfach an einen geeigneten Ort, wie Fels-, Erdboden oder Baum, ab. Auch die übrigen Nachtschwalben sowie Seeschwalben sparen sich den zeit- und energieaufwändigen Nestbau.

Trottellummen (*Uria aalge*) (siehe Abbildung II.6.3.2g) legen nur ein einziges Ei auf eine vorspringende Kante eines Felsens. Das Ei ist birnenförmig, so dass es nicht so leicht hinunterrollen kann.

Offene Nester

Möwen (Laridae) haben ein offenes Nest am Boden. Offene Nester sind zumeist einfache Plattformen oder napfförmige Strukturen. **Rauchschwalben** (*Hirunda rustica*) legen ihre offenen Nester an Klippen, Hauswänden oder Höhleneingängen an. Offene Nester in der Strauch- oder Baumschicht sind stark verbreitet und weisen zahlreiche Unterschiede auf. So besteht das Nest der **Bachstelze** (*Motacilla alba*) aus mehreren Materialien. Zunächst sammelt sie Zweige und trockenes Gras. Hinzu werden an Zäunen hängen gebliebene Fellhaare von Kühen und Federn aus alten Nestern eingearbeitet. Flechten dienen der Tarnung des Nestes. Innen wird das Nest mit weichem Moos ausgepolstert, das die Nestlinge warm hält.

Kolibris haben eine sehr spezielle Methode beim Nestbau entwickelt. Sie verkleben die Zweige beim Nestbau mit Spinnenweben, die sie als Klebstoff nutzen.

Zahlreiche andere Arten legen ebenfalls offene Nester an, beispielsweise Töpel, Seetaucher, Reiher, Kraniche, Finken, Würger und Raubmöwen.

Dachnester

Kuppelförmige Nester aus verschiedensten Materialien sind besonders in den tropischen Regionen weit verbreitet, aber auch woanders anzutreffen. Sie bieten besonders Schutz vor hohen Temperaturen durch direkte Sonneneinstrahlung und Nässe durch Gewitterregen. Auch sind sie oft durch ihre Bauweise und den Nestort, zum Beispiel an Ästen angehängt, nur sehr schwer für Nesträuber zugänglich.

Auch konnte oft beobachtet werden, dass viele Vögel ihre Nester in unmittelbarer Nähe zu Wespenestern bauen. Die Wespen dulden zwar die Vögel, jedoch keine anderen Eindringlinge.

Schneidervogel (*Orthotomus sutorius*) brüten in einem oder mehreren großen, gefalteten Blättern. Die lebenden Blätter werden gefaltet und miteinander vernäht. Dabei nutzen sie Schnabel und Baumwolle oder Gräser wie Nadel und Faden. Mit dem Schnabel locht der Schneidervogel den Rand des Blattes. Anschließend schiebt er den „Nähfaden“ mit dem Schnabel und den Füßen durch das Loch. Oben oder an einer Seite lässt er einen Eingang offen. Das Weibchen polstert nun das Nest mit Pflanzenwolle, weichem Gras und Federn aus (Lingen, Rheinwald (o. J.)). Auch nach dem Vernähen und dem Auspolstern bleiben die Blätter grün und tarnen auf diese Weise das Nest hervorragend.

Echte Webervögel (Ploceinae) weben sich Nester aus grünem biegsamen Pflanzenteilen.

Beutelmeisen (*Remiz pendulinus*) bauen Kugelnester mit Seiteneingang aus verfilzten fedrigen Samen und Gräsern, die am Ende eines Astes über einem Gewässer hängen.

Aus Schlamm dagegen bestehen die Nestbauten vieler Schwalben-Arten, wie **Fahlstirn-**

Klippenschwalben (*Petrochelidon pyrrhonota*) und nordamerikanische **Felsenschwalben** (*Hirundo rupestris*). Oft kann sogar eine Verstärkung des Lehms mit Grashalmen beobachtet werden. Schlammkugel für Schlammkugel schichten sie übereinander. Felsenschwalben sammeln den Schlamm am Rand von Wasserpflüzen und mischen ihn, falls er zu feucht ist, mit trockenem Lehm. Oft liegen die so gebauten Nester dicht an dicht an vor Regen geschützten Plätzen. Oftmals werden sie über mehrere Jahre hinweg genutzt, wobei die Schäden jährlich saniert werden.

Der Nestbau mit Grashalmen und Schlamm entspricht im Grundprinzip dem Stahl-Beton-Bau oder dem Lehm-Fachwerk-Hausbau des Menschen. Die Vogelwelt bietet somit reichhaltig Vorbilder für die Technik. In der neuen Fachrichtung der Bionik versucht der Mensch, technische Umsetzungen natürlicher Vorbilder zu finden.

Der **Rosttöpfer** (*Furnarius rufus*) baut bis zu vier Kilogramm schwere, mit Pflanzenfasern und Tierhaaren verstärkte Lehmester, die einen Durchmesser von über 30 Zentimeter haben. Der Nestbau ist so aufwändig, dass er bereits im Herbst beginnt und bis in den Winter andauert, wenn feuchter Lehm überall zu finden ist. Der Eingang des Brutbaues mündet nicht unmittelbar in die Nestkammer, sondern in einen Vorraum. Nur über einen kleinen Durchgang, der sich rund um die innere Wand windet, gelangt der Töpfervogel in den eigentlichen mit Gras ausgepolsterten Nestraum. Dank dieses komplizierten Baues ist das Gelege sicher vor Feinden.

Schwanzmeisen (*Aegithalos caudatus*) bauen einen großen Nestbeutel, der vorwiegend aus Moosen besteht, den sie mit Seide und Haaren verweben. Die äußere Abdichtung erfolgt durch Flechten, die innere durch kleine Federn. Männchen und Weibchen bauen das Nest innerhalb von zwei Wochen gemeinsam aus. Während sie sich beim Nestbau oft gemeinsam im Nest ausruhen können, ist nach dem Schlüpfen der Jungen für die Eltern kaum noch Platz im Nest (Attenborough (1994)).

Höhlennester

Entweder nutzen die in Höhlen brütenden Vogelarten bereits existierende Löcher, wie der **Hauszaunkönig** (*Troglodytes aedon*), oder sie graben Löcher in den Boden (viele Sturmtaucher), in Böschungen (**Bienenfresser** (*Merops apiaster*) und einige Eisvögel), in Ameisen- oder Termitenhügel (einige Eisvögel) oder in Baumstämme (Spechte).

Der **Kaninchenkauz** (*Speotyto cunicularia*) brütet in Erdhöhlen. Früher häufig in den Wüsten und Steppen Nord- und Südamerikas anzutreffen ist er heute selten geworden. Die kleine Eule nutzt in der Regel verlassene Baue von Präriehunden, Dachsen, Erdhörnchen und Stinktieren, die sie, falls nötig, mit ihren kräftigen Füßen vergrößert. Die sechs bis zwölf Eier legt sie ans Ende der langen Bruthöhle.

Lunde und Sturmtaucher brüten gerne in Nisthöhlen auf Felsspitzen. Solche Höhlen bieten ihnen einen adäquaten Schutz vor Raubmöwen, die gerne die geschlüpften Küken fressen. Nicht selten herrscht ein großer Konkurrenzkampf um die begehrten Höhlenplätze.

Auch **Papageientaucher** (*Fratercula arctica*) brüten in Höhlen. Sie graben entweder Erdhöhlen selbst oder ziehen in verlassene Kaninchenbauten ein.

Gemeinschaftsnester

Über zehn Prozent aller Vogelarten brüten in Nistkolonien auf engstem Raum beieinander. Dennoch haben sie in der Regel ein gewisses Territorium um ihr eigenes Nest, in das kein anderer eindringen darf. Anders der in Südwestafrika heimische **Siedelweber** (*Philetarius socius*). Er baut gemeinsam mit manchmal mehreren hundert Artgenossen große Gemeinschaftsnester. An dicken Ästen befestigen sie ihre Nestbauten, die auch über lange Zeit immer weiter ausgebaut werden, so dass oft viele Generationen eine Gemeinschaftssiedlung bewohnen. Jedes Brutpaar besetzt eine eigene ausgepolsterte Nestkammer, die über einen eigenen Ausgang verfügt.

Inselnester

Die Bedrohungen, denen das Gelege, Küken und Jungvögel ausgesetzt sind, sind vielfältig. Jede Art ist daher durch arttypische Verhaltensweisen und unterschiedliche Nestbauten auf die individuellen Faktoren angepasst. Zahlreiche Wasservögel bauen ihre Nester auf Inseln im seichten Wasser, wo sie der Gefahr, die von Landräubern ausgeht, relativ gut ausweichen können. Solche Inseln sind aber fast immer natürlich entstanden. Nur das **Rüsselblässhuhn** (*Fulica cornuta*) legt sich eigene Inseln künstlich an. Mit etwa 61 Zentimetern ist es für ein Blässhuhn außergewöhnlich groß. Sein Habitat sind seichte Seen im Hochland von Chile, Argentinien und Bolivien auf circa 3600 bis 4200 Metern über Normalnull. Das Errichten schwimmender Nester aus Wasserpflanzen, wie dies bei anderen Blässhuhn-Art der Fall ist, ist Rüsselblässhühnern jedoch nicht möglich, da die Seen des Hochlandes kaum Wasserpflanzen aufweisen. Stattdessen legen sie in den Seen 60 bis 90 Zentimeter hohe und bis zu vier Metern Durchmesser große Steinhaufen an. Diese manchmal in vielen Jahren künstlich geschaffenen Inseln bestehen oft aus mehreren Tonnen Steinen. Sie ragen jedoch nicht über die Wasseroberfläche hinaus, sondern sind immer knapp vom Wasser überspült. Das eigentliche Nest bauen sie schließlich aus den spärlich verfügbaren Wasserpflanzen, die sie am Seegrund sammeln. Im nördlichen Verbreitungsgebiet in den Anden steht den Rüsselblässhühnern eine üppigere Vegetation zur Verfügung. Dort bauen sie ihre Inseln daher nur aus Pflanzenteilen (Lingen, Rheinwald (o. J.)).

„Nachnutzer“

Der etwa einen halben Meter große, meist nicht menschen scheue **Virginia-Uhu** (*Bubo virginianus*) erspart sich direkt den energie- und zeitkostenden Nestbau. Er nutzt einfach verlassene Nester von Krähen oder Bussarden, aber auch hohle Bäume oder Felsvorsprünge für die Bebrütung seines Geleges.

V.1.5 EI UND GELEGE

Einführung

Die Eiablage ist typisch für alle Vögel. Durch Vollziehung der Embryogenese außerhalb des Körpers wird Vögeln eine Nachkommenschaft auch ohne Gewichtsbeeinträchtigung beim Fliegen ermöglicht. Die Homoiothermie bedingt jedoch in der Regel eine Bebrütung des Geleges. Das Legen von Eiern ist jedoch nicht spezifisch nur für Vögel, sondern zum Beispiel auch für Reptilien und als Ausnahme unter den Säugetieren für die Prototheria (Ur-säuger), wie das **Schnabeltier** (*Ornithorhynchus anatinus*), das in Kapitel II.1.3.2 im Kurz-Info zur Analogie zum Vogelschnabel beim Schnabeltier bereits kurz vorgestellt worden ist.

Strukturen des Eies

Die Eier aller Vogelarten sind einheitlich durch bestimmte Strukturmerkmale gekennzeichnet. Von außen nach innen sind dies die Cuticula (Oberhäutchen), die anorganische Kalkschale, die Schalenhaut, das Eiweiß und der Dotter (siehe Abbildung V.1.5a).

Cuticula

Aus Proteinen, Polysacchariden und Lipiden zusammengesetzt wird die Cuticula als elastisches Häutchen aus den Uteruszellen gebildet. Sowohl die Cuticula als auch die darunter liegende Kalkschale können Farbstoffe enthalten. Somit gibt sie nicht nur die Oberflächenstruktur vor, sondern verleiht dem Ei auch die charakteristische Färbung. Daneben bewahrt sie es vor dem Eindringen von Bakterien.

Kalkschale

Unter der Cuticula befindet sich die kristalline Kalkschalenhaut, die sich in drei Schichten (von außen nach innen) gliedert, einer dünnen Kristallage aus vertikalen etwa 0,3 bis 0,9 µm-dicken Kalksäulen, einer breiten (200 µm)

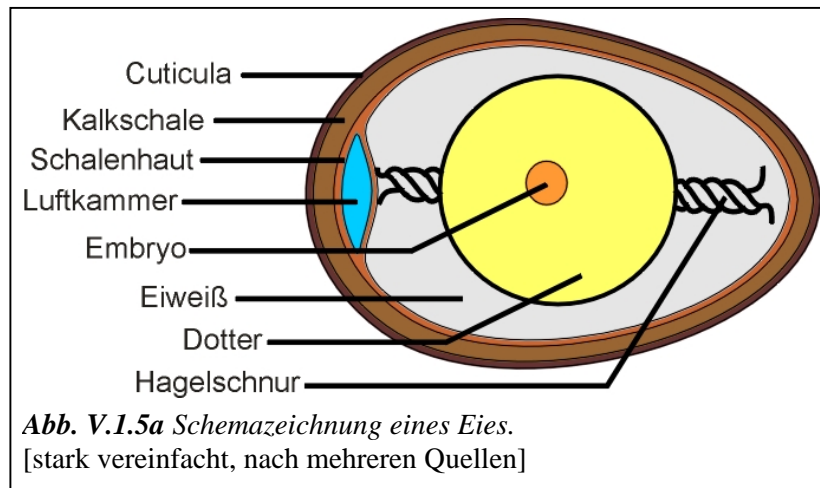


Abb. V.1.5a Schemazeichnung eines Eies.
[stark vereinfacht, nach mehreren Quellen]

Papillenschicht aus Kalksäulen und einer Mamillenschicht, die ebenfalls aus solchen Kalksäulen gebildet wird.

Der Aufbau dieser Schichten erfolgt im Uterus innerhalb weniger Stunden durch Kalksteinlagerungen in eine den Grobaufbau vorgebende organische Matrix. Die Kalkschale ist mit vielen Poren ausgestattet und erlaubt somit die Atmung des Keimlings und die Abgabe von Wasser. Ein Hühnerei enthält mehr als 15000 Poren. Die Schale verleiht dem Ei die notwendige Stabilität gegen Fremdeinwirkungen von außen. Von innen kann sie dagegen mit einer Kraftanstrengung des jungen Kükens geöffnet werden.

Schalenhaut

Die unter der Kalkschale befindliche Schalenhaut ist ein Netzwerk von Proteinfasern und besteht zum Großteil aus Protein, Kollagenfasern und Glykoproteinen.

Eiweiß und Dotter

Das Eiweiß setzt sich aus vier Lagen (äußere dünnflüssige Lage, dickflüssige Lage, innere dünnflüssige Lage und die am Dotter gebundene Membrana chalazifera) zusammen, die größtenteils aus Proteinen bestehen. Es versorgt den Embryo nicht nur mit Wasser und Proteinen, sondern dient daneben zusätzlich als Puffer gegen Erschütterungen.

Der Dotter besteht hauptsächlich aus Fetten und dem gelben Dottereiweiß und stellt den primären Energiespeicher des Keimlings dar. Der relative Anteil des Dotters am Gesamtgewicht beträgt circa 25 Prozent bei Nesthockern und etwa 40 Prozent bei Nestflüchtern (Bezzel, Prinzing (1990)).

Färbung und Tarnung

Wie schon erwähnt, können in der Cuticula und Kalkschale Farbstoffe eingelagert sein. Dabei können alle natürlichen Farben angenommen werden. Spechte, Eisevögel, Eulen und Tauben haben weiße Eier, braun bis rötliche Fasan, Rebhuhn und Nachtigall. Sind diese Eier nahezu einfarbig, so kommen daneben noch mehrfarbige gefleckte oder gezeichnete Eier vor, wie bei Greifvögeln, Kranichen und Möwen. Solche Farben werden meist in spezialisierten Farbdrüsen produziert. Bei einigen Adler-Arten stammen sie jedoch aus gerissenen Blutgefäßen.

Rote, braune und schwarze Farbtöne werden meist durch körpereigene Porphyrine gebildet, grün und blau ebenfalls körpereigen über Zyanine aus Gallenpigmenten. Gerbsäure von Pflanzenmaterialien ist in der Regel der Lieferant für Pigmente, die von außen eingebracht werden. Die Farbzeichnungen sind bei einigen Arten, wie den koloniebildenden **Trottel-lummen** (*Aria aalge*) dermaßen individuell verschieden, dass die Eltern dank der indivi-

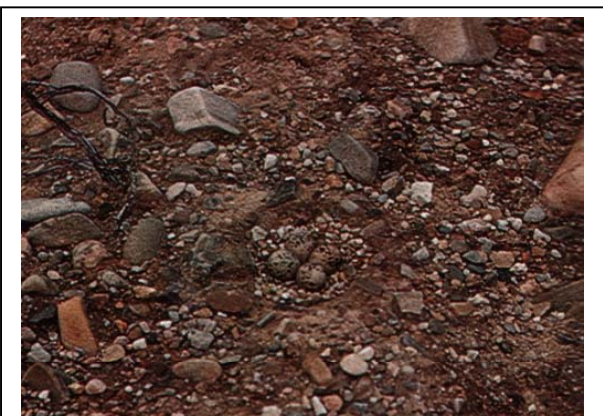


Abb. V.1.5b Nest des Sandregenpfeifers (*Charadrius hiaticula*), das dank der Tarnfärbung der Eier sehr gut verborgen ist. [aus Lingen, Rheinwald (o. J.)]

duellen Färbung das eigene Ei wiedererkennen können.

Bei **Sandregenpfeifern** (*Charadrius hiaticula*) (siehe Abbildung V.1.5b), **Kiebitzen** (*Vanellus vanellus*) und **Zwergseeschwalben** (*Sterna albifrons*) dient die spezielle Färbung der Eier deren Tarnung. Dies ist für die Erhaltung des Geleges von besonderer Bedeutung, da die Elternvögel küstennah am Strand brüten, der nur geringe Möglichkeiten zum Verbergen des Geleges bietet. Daher tragen die Eier nicht nur dieser drei Vogelarten, sondern der meisten Küstenvögel eine Tarnfärbung, die so perfekt ausgeprägt ist, dass ein ganzes Gelege unscheinbar auf dem Boden verschwindet und nicht unmittelbar sichtbar ist.

Eigröße und -form

Der Hahn bringt ein Straußen-Ei in den Hühnerstall und meint:
„Meine Damen, ich möchte Ihnen nur mal zeigen, was anderswo geleistet wird!“

| EIGRÖSSE UND -GEWICHT (in mm / g) | | |
|--|----------------|------------------|
| Kolibri (<i>Mellisuga spec</i>) | 13x8 | 0,2 |
| Wintergoldhähnchen | 14x10 | 0,7 |
| Zilpzalp | 15x12 | 1,4 |
| Zaunkönig | 16x12 | 1,3 |
| Kohlmeise | 18x13 | 1,6 |
| Buchfink | 19x15 | 2,1 |
| Amsel | 29x22 | 6-9 |
| Aaskrähe | 40x30 | 19 |
| Bläßhuhn | 52x36 | 38 |
| Uhu | 60x50 | 75 |
| Fischreiher | 61x43 | 60 |
| Storch | 70x53 | 118 |
| Steinadler | 76x58 | 140 |
| Graugans | 86x57 | 176 |
| Gänsegeier | 92x70 | 252 |
| Höckerschwan | 114x74 | 350 |
| Kaiserpinguin | 131x86 | 450 |
| Strauß | 150x130 | 1500 |
| Madagaskar-Strauß (ex) | 340x250 | ca. 10000 |

Tab. V.1.5c Absolute Eigrößen und -gewichte einiger Vogelarten.

[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

Gewicht und Größe eines Vogeleies korrelieren natürlich mit der Größe des Weibchens. Die Eier von Nestflüchtern können jedoch bis zu doppelt so schwer sein wie die von vergleichbaren Nesthockern. Das bei Nestflüchtern höhere Gesamtgewicht wie auch der höhere Dotteranteil (Energiespeicher) lassen den Schluss zu, dass diese direkt zu Beginn ihres Lebens hohe Energiemengen zugeführt bekommen müssen, um die Zeit nach der Nestflucht sicherer überstehen zu können. Nesthocker dagegen wachsen noch über eine wesentlich längere Zeit im Nest auf und sind dort geschützt.

Mit einem Ei-Gewicht von etwa 25 Prozent der Körpermasse legen Kiwi-Weibchen die im Verhältnis schwersten Eier, was jedoch nicht, wie zu erwarten wäre, in direktem Zusammenhang mit der Flugunfähigkeit des Kiwis gesehen werden kann, denn auch einige Sperlingsvögel erreichen Prozentwerte von 21, und der Strauß hat mit einem relativen Ei-Gewicht von einem Prozent einen sogar niedrigeren Wert als Kuckucke mit 4,5 Prozent, Tauben mit 6 oder Falken mit 15 Prozent (Werte aus Bezzel, Prinzing (1990)).

Die Eiform reicht von (nahezu) kreisrund bei Eulen über elliptisch bei Seglern, Kolibris und Schwalben bis zu kegelförmig bei Küstenvögeln, Möwen, Lummen und Alken (siehe Abbildung V.1.5d). Solche birnen- bzw. kegelförmigen Eier verhindern ein Wegrollen des Eies von Küstenfelsen und anderen Vorsprüngen, wie das bereits erwähnte Beispiel der **Trottellumme** (*Uria aalge*) im Kapitel V.1.4 aufzeigt. Die Eiform steht in diesem Fall in einer engen Wechselwirkung mit dem Unter-

grund und der Umgebung, in die das Ei abgelegt wird.

Gelege

Die Zahl der gleichzeitig von den Eltern bebrüteten Eier werden als Gelege bezeichnet. Die Gelegegröße kann zwischen nur einem einzigen Ei, wie bei **Flamingo** (*Phoenicopterus ruber*) oder **Kaiserpinguin** (*Aptenodytes forsteri*) (siehe hierzu auch Kapitel V.1.6 zur Brutpflege), und bis zu 14 Eiern beim **Fasan** (*Phasianus colchius*) und sogar 18 beim **Rebhuhn** (*Perdix perdix*) betragen.

Sind die Gelegegrößen bei Arten, die kleine Gelegen aufweisen, meist relativ konstant, schwanken die Werte bei Arten mit großen Gelegen (siehe Tabelle V.1.5e auf der folgenden Seite). Eine Untersuchung der Gelegegröße von **Kohlmeisen** (*Parus major*) und **Tannenmeisen** (*Parus ater*) von Winkel, Winkel (1987) konnte erhebliche Größendifferenzen sogar innerhalb einer Population nachweisen. Auch wenn es deutliche Schwerpunkt-Gelegegrößen gab, so zeigte sich doch eine breite Streuung von 5 bis 17 Eiern bei Kohlmeisen und zwischen 5 und 13 Eiern bei Tannenmeisen.

Mit einem größeren Gelege wächst zwar die Zahl der Nachkommen zunächst, allerdings auch der Aufwand, den die Eltern betreiben müssen, um die Ernährung ihrer Jungen sicherzustellen, besonders bei Nesthockern. Bei einigen Arten, wie den bereits erwähnten Kaiserpinguinen, kann nicht mehr als ein Ei bebrütet werden, da nur genau ein einziges Ei gewärmt werden kann.

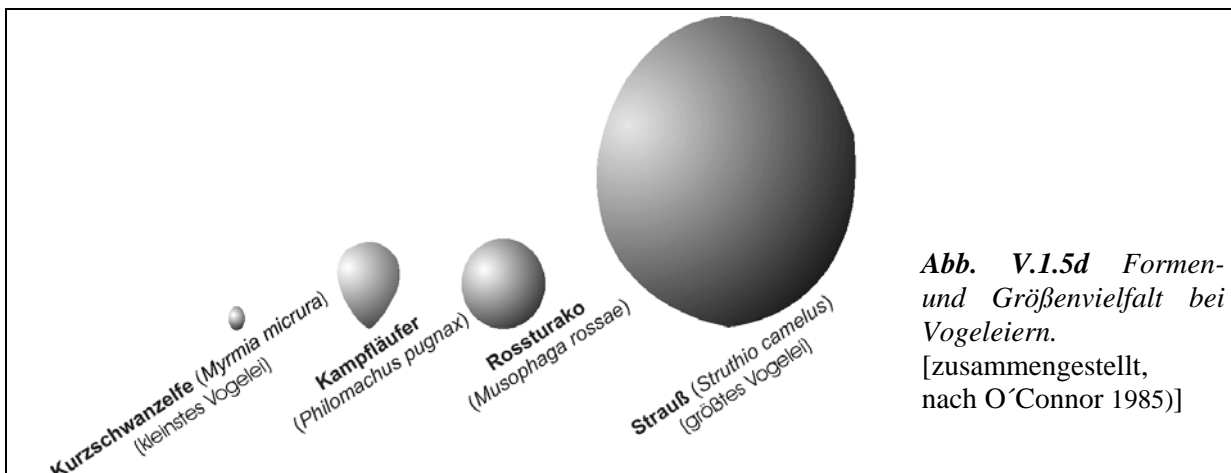


Abb. V.1.5d Formen- und Größenvielfalt bei Vogeleiern.
[zusammengestellt, nach O'Connor 1985]

| GELEGEGRÖSSE | |
|---------------------------|--------------|
| Flamingo | 1 |
| Gänsegeier | 1 |
| Königspinguin | 1 |
| Kaiserpinguin | 1 |
| Albatros | 1 |
| Kolibri | 2 |
| Amsel | 4-5 |
| Aaskrähe | 5 |
| Kohlmeise | 8-10 |
| Wintergoldhähnchen | 8-11 |
| Stockente | 8-12 |
| Truthahn | 8-12 |
| Rebhuhn | 8-18 |
| Blaumeise | 10-13 |
| Fasan | 10-14 |

Tab. V.1.5e Gelegegrößen einiger exemplarischer Vogelarten. [zusammengestellt, nach mehreren Quellen]

Trotz der großen elterlichen Anstrengungen kann oftmals davon ausgegangen werden, dass die Jungen großer Gelege weniger zu fressen bekommen als Jungen in kleinen Gelegen. Hieraus resultiert nicht selten eine erhöhte Mortalität gerade in den ersten Lebensmonaten. Größere Gelege sind zudem für Eierräuber leichter aufzuspüren, da sie ihrer Größe wegen auffälliger sind.

Es muss daher festgehalten werden, dass größere Gelege nicht zwangsläufig zu einer größeren Zahl an Nachkommen führen.

Zu unterscheiden ist weiterhin zwischen der optimalen und der produktivsten Gelegegröße. Die optimale Gelegegröße ist diejenige, die bei einem Gelege die meisten bis zur Geschlechtsreife überlebenden Jungen produziert. Die produktivste Gelegegröße ist dagegen diejenige, die über die gesamte Lebensspanne der Eltern die meisten Nachkommen zur Geschlechtsreife führt.

Große Gelege können die Eltern über Gebühr beanspruchen und so zu einer Schwächung

führen oder sie anfälliger für Räuber werden lassen, so dass sie relativ wahrscheinlicher früher ums Leben kommen als solche Eltern mit kleineren Gelegen. Die Gelegegröße ist also in ein hochkomplexes Netzwerk verschiedenster Faktoren eingebunden, das nicht ohne detaillierte Faktorenanalyse aufgeschlüsselt und bewertet werden kann.

Daan, Dijkstra und Tinbergen (1990) konnten beobachten, dass die Gelegegröße und das Legedatum bei **Turmfalken** (*Falco tinnunculus*) von der Qualität des Territoriums abhängt. Dabei zeigte sich stets eine Kombination, die zu einem maximalen Gesamtproduktionswert führte. So konnte nach Bewertung eines Territoriums sicher vorausgesagt werden, wann das Turmfalken-Weibchen die Eier ablegen und wie groß ein Gelege sein würde. Das tatsächliche Legedatum und die Gelegegröße entsprachen den im Voraus berechneten Werten. Im Kontext der Populationsökologie (Kapitel VI.4.2) wird auf dieses Beispiel nochmals eingegangen.

Ei-Geschmack

Untersuchungen des britischen Zoologen Hugh Cott konnten aufdecken, warum viele Tiere gerne Vogeleier essen: Sie schmecken, so war die bemerkenswerte Erkenntnis. 1946 gründete er in Cambridge einen „Ausschuss zum Eierschmecken“, der den Namen „Low Temperature Research Station Egg Testing Panel“ trug. In fünf Jahren wurden die Eier von 212 Vogelarten gekostet und in einer Geschmacksskala sortiert. Demnach ist das Ei des Haushuhns, das vom **Bankivahuhn** (*Gallus gallus*) abstammt, das wohlschmeckendste und das Ei der südafrikanischen **Mohrenmeise** (*Parus niger*) schmeckt am schlechtesten. Interessanterweise deckt sich die Liste der am häufigsten vom Eierraub betroffenen Vogelarten im Wesentlichen mit der Auflistung der vom Menschen als genießbar eingestuften Eier (berichtet in Becker (1993)).

V.1.6 BRUTPFLEGE

Funktionen

Zur Brutpflege werden allgemein all solche Verhaltensweisen gezählt, die eine Erhöhung der Überlebenschancen der Nachkommen zum Ziel haben. Dazu zählen demnach nicht nur die eigentliche Bebrütung und damit Temperierung des Geleges und Sorge um das Wohl der Eier und der Ernährung der Jungen, sondern im weiteren Sinn auch der Nestbau (Kapitel V.1.4).

Temperierung des Nachwuchses

Die Brutpflege des Geleges konzentriert sich bei den meisten Vogelarten für den größten Teil der Zeit auf die Warmhaltung der Eier. Eine oder bei einigen Arten auch mehrere federfreie, besonders durchblutete Stellen am Vogelkörper, die sogenannten Brutflecken, gewährleisten im direkten Körperkontakt mit den Eiern einen effektiven Wärmeaustausch. Bei einigen wenigen Arten mit fixer Gelegegröße entspricht die Anzahl der Brutflecke der der gelegten Eier.

Die Eier von Bodenbrütern sind jedoch nicht immer durch die Bebrütung vor Auskühlung

| Brutdauer / Nestlingsdauer (in Tagen; NF=Nestflüchter) | |
|---|---------------------|
| Feldlerche | 11-14 / 9-10 |
| Kuckuck | 12 / 23 |
| Buchfink | 12-13 / 14 |
| Buntspecht | 12-13 / 21 |
| Nachtigall | 13 / 11-12 |
| Kanarienvogel | 13 / 18 |
| Amsel | 13-14 / 15 |
| Aaskrähe | 18-20 / 31 |
| Mäusebussard | 34 / 45 |
| Uhu | 34 / 70 |
| Höckerschwan | 36 / NF |
| Strauß | 42 / NF |
| Steinadler | 44 / 75-80 |
| Gänsegeier | 49 / 90 |
| Königspinguin | 52 / NF |
| Königsalbatros | 80 / 243 |

Tab. V.1.6a Brutdauer und Nestlingsdauer bei einigen Vogelarten.
[zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

zu bewahren. Oftmals dient die Bebrütung auch dem Schutz vor Überhitzung durch direkte Sonneneinstrahlung. So liegt die Funktion der Bebrütung präziser formuliert in der Temperaturregulation auf konstantem Niveau.

KURZ-INFO
Bebrütung bei Kaiserpinguinen

Die Weibchen der **Kaiserpinguine** (*Aptenodytes forsteri*) legen stets nur ein einziges Ei. Mehr als dieses eine gelegte Ei könnte in der antarktischen Kälte auch nicht warm gehalten werden. Um das Ei von Beginn an zu wärmen, übernimmt das Männchen dieses Ei sofort und trägt es während der gesamten Brutzeit auf seinen Füßen, zugedeckt unter seiner warmen Bauchfalte.

Während dieser Zeit hält sich das Weibchen auf dem Meer auf und kehrt erst zur Schlupfzeit wieder zurück zum Männchen. Zielsicher findet es selbst unter mehreren tausend Tieren in der Kolonie ihr Männchen wieder. Jetzt übernimmt sie das Brüten vom Männchen, das geschwächt und ausgehungert nach etwa zwei Monaten Fastenzeit sofort ins Meer eilt, um zu fressen (Lingen, Rheinwald (o. J.)). Während der folgenden Zeit füttern beide Elternteile das Küken.

Brutdauer und Brutsitzungen

Die Brutdauer (siehe Tabelle V.1.6a) hängt von vielen verschiedenen Faktoren, wie der Bebrütungsdauer pro Sitzung und Tag, ab. Während viele Passeriformes (Singvögel) ihr Gelege kaum eine Stunde pro Brutsitzung bebrüten, dauert eine Brutsitzung bei Greifvögeln meist einige Stunden, bei manchen Albatrossen etwa 21 Tage und beim **Kaiserpinguin** (*Aptenodytes forsteri*) gar 64 Tage (siehe das Kurz-Info). Einige Arten bebrüten ihr Gelege jedoch gar nicht oder auch nur teilweise für einige Tagesabschnitte. So vergräbt der **Krokodilwächter** (*Pluvianus aegyptius*) seine Eier für einige Zeit im Sand und einige Prachtfinken Australiens (Estrilidae) bebrüten ihr Gelege nicht in den heißen Stunden des Tages.

Verhaltensweisen

Eltern bodenbrütender Arten rollen aus dem Nest gefallene Eier wieder zurück. Dieses Verhalten ist besonders bei **Graugänsen** (*Anser anser*) bekannt geworden. Viele Lappentaucher und Entenvögel decken ihr Gelege mit verschiedenen Materialien zu, wenn sie das Nest kurzzeitig verlassen müssen (Bezzel, Prinzing (1990)).

Bei einigen Arten kann auch beobachtet werden, dass die Eltern die Eier kurz vor dem Schlüpfen in eine günstige Position bringen, manchmal sogar beim Schlüpfen durch Entfernen von Schalenteilen helfen.

Nach dem Schlüpfen der Jungen halten die Eltern das Ei von Kot und sonstigen Verunreinigungen frei und sorgen für die Ernährung ihres Nachwuchses. Allerdings sind in Abhängigkeit vom Entwicklungsmodus (Nestflüchter oder Nesthocker, siehe Kapitel V.2.2 Ontogenese) erhebliche Unterschiede zu verzeichnen.

Ernährung der Jungen

Beschränkt sich die elterliche Hilfe vieler Nestflüchter-Arten bei der Ernährung ihrer Jungen auf die Hinführung zu Nahrungsstellen, so erfordert sie von Nesthocker-Eltern ein großes Maß an Aufwand und Energie. Das Futter wird dem Nachwuchs entweder direkt, vorgekaut, ausgewürgt oder aus dem Schlund gegeben. Die Anzahl der Fütterungen pro Tag variiert artspezifisch zwischen einigen wenigen bis mehreren hundert Fütterungen, wie bei vielen Singvögeln. Dabei füttert entweder ein Elternteil oder beide kümmern sich abwechselnd um die Versorgung des Nachwuchses.

Das **Habicht**-Männchen (*Accipiter gentilis*) übernimmt zur Brutzeit die Versorgung sowohl der Jungen als auch seines Weibchens. Das Weibchen ist währenddessen überwiegend mit der Jungen-Aufzucht im Horst beschäftigt und jagt daher nicht selbst.

Der Jagderfolg der Habichte beruht wesentlich auf ihrem stark ausgeprägten Jagdinstinkt. Dieser dominiert so stark ihr Verhalten, dass schon öfter beobachtet werden konnte, wie

das Weibchen durch Umschlagen des Paarungsinstinkts zum Jagdinstinkt das eigene Männchen anfällt und attackiert.

Deshalb fliegt das Männchen mit einer erlegten Beute auch nicht direkt zum Nest, sondern nähert sich diesem sehr vorsichtig und verharrt in Nestnähe. Häufig stürzt sich das Weibchen dann auf das Männchen, das dann schlagartig die Beute fallen lässt und flüchtet (Heitland, Bäumler (2002)).

Zu Ende der Nestlingszeit, kurz vor dem ersten Ausfliegen, reduzieren die Eltern ihre Fütterungen. Teilweise stellen sie sie auch völlig ein. So füttern Röhrennasen bereits ein bis zwei Wochen vor dem ersten Ausflug ihre Jungen nicht mehr.

Bei manchen Arten werden die Jungen nach Verlassen des Nestes noch eine zeitlang bewacht und sogar gefüttert. Die Jungvögel einiger Zugvogel-Arten begleiten ihre Eltern auch noch bis ins Winterquartier.

Verteidigung des Nachwuchses

Eine besondere Aufgabe kommt den Eltern in der Feindesabwehr zuteil.

Eine zu den üblichen Verhältnissen umgekehrte Rollenverteilung der Geschlechter existiert bei allen Vertretern der Familie der Wassertreter (zu Watvögeln), beispielsweise **Thorshühnchen** (*Phalaropus fulicaria*) oder **Odinshühnchen** (*Phalaropus lobatus*). Die Weibchen, die im Gegensatz zu den Männchen sehr farbenfrohe, prächtige Gefieder haben, übernehmen nicht nur die Balz sondern dominieren auch bei der Jungen-Verteidigung. Sie verteidigen ihren Nachwuchs besonders energisch und aggressiv. Ihre Aggressivität ist auf die hohe Konzentration männlicher Geschlechtshormone zurückzuführen, die sie zur Brutzeit haben. Die Konzentration übersteigt sogar die der Männchen. Dagegen wird die Brutpflegeaktivität der Männchen durch hohe Steroid- und Prolaktin-Ausschüttungen (Bruthormone) induziert, die unter anderem auch für die Bildung der federlosen Brutflecke verantwortlich sind, die bei Wassertreter-Weibchen vollständig fehlen.

Besondere Verteidigungsstrategien

Bei der Verteidigung des Nachwuchses sind aber nicht nur aggressive Verhaltensweisen zu beobachten. Ein bemerkenswertes Ablenkungsmanöver der Eltern lenkt die Aufmerksamkeit des Angreifers von den Jungen ab. **Schreiregenpfeifer** (*Charadrius vociferus*), auch Keilschwanzregenpfeifer genannt, wie auch andere Stelzvögel spielen „verletzter Vogel“, indem sie einen Flügel weit von sich strecken. Während sie langsam vom Nest weghüpfen, ziehen sie mit hohem schauspielerischem Talent den vermeintlich gebrochenen Flügel mühsam hinter sich her, für Falken und Füchse eine offensichtlich leichte Beute. Ist erst einmal der Feind weit genug vom Nest weggelockt, fliegt der „verletzte“ Vogel einfach davon.

Einer sehr ähnlichen Verhaltensweise bedient sich der **Afrikanische Strauß** (*Struthio camelus*). Da er jedoch flugunfähig ist, imitiert er einen Vogel mit einem gebrochenen Bein. „Schwer verletzt“ zieht er ein Bein hinter sich her, humpelt so mühsam von seinem Gelege oder Nachwuchs weg. Kaum ist der Angreifer erfolgreich abgelenkt, beschleunigt der nun putzmuntere Strauß auf 70 km/h Laufgeschwindigkeit (siehe hierzu Kapitel VI.6.2.3 Flugunfähigkeit als energiesparende Alterna-

tive, Abschnitt über morphologische und ethologische Anpassungen an die Flugunfähigkeit beim Afrikanischen Strauß).

Töten des Nachwuchses

Adeliepinguine (*Pygoscelis adeliae*) brüten dicht an dicht. Oft haben die Brutterritorien gerade einen Durchmesser von 60 bis 80 Zentimetern. Gerät ein Jungtier aus dem Nest, so wird es oftmals von ebenfalls brütenden Alttieren massiv attackiert, manchmal sogar getötet. Adeliepinguine unterscheiden anscheinend streng zwischen „innerhalb“ und „außerhalb“ des Nestes (Heinrich (1986)).

Koenig konnte 1951 bei in Gefangenschaft gehaltenen **Bartmeisen** (*Panurus biarmicus*) beobachten, dass die Eltern ihren Nachwuchs aus dem Nest werfen und sterben lassen. Der Grund für dieses Verhalten lag in der Überernährung der Jungen. In natürlicher Umgebung ist praktisch niemals soviel Nahrung verfügbar, dass die Jungen satt sind und das charakteristische Aufreißen des Schnabels, das sogenannte Sperren, als Zeichen des Hungers einstellen. Ein Jungvogel, der nicht sperrt, ist aus Sichtweise der Bartmeisen-Eltern krank oder tot und wird daher aus dem Nest entfernt (Koenig (1951)).

V.1.7 BRUTPARASITISMUS

Vorkommen

Von Brutparasitismus muss immer dann gesprochen werden, wenn Eltern den Aufwand der Brutpflege anderen Individuen der eigenen (Intraspezifischer Brutparasitismus) oder einer anderen Art (Interspezifischer Brutparasitismus) übertragen.

Intraspezifischen Brutparasitismus scheint es in besonderem Maße bei einigen Entenvögeln, Koloniebrütern (**Saatkrähe** (*Corvus frugilegus*), **Fahlstirnschwalbe** (*Hirundo pyrrhonoto*)) und kooperativ in Gemeinschaften brütenden Arten zu geben (Bezzel, Prinzinger (1990)). So kommt es beispielsweise oft vor, dass sich mehrere Paare der südamerikani-

schen **Pirinchos** (oder **Guira-Kuckucke**, *Guira guira*) zusammenschließen, um in einem einzigen Nest gemeinschaftlich zu brüten (König (1983)), was jedoch nur dann als Brutparasitismus bezeichnet werden darf, wenn sich einzelne Individuen aus der Gemeinschaft zurückziehen und ihre eigenen Eier von anderen bebrüten lassen.

Blässhühner (*Fulica atra*) bemerken von anderen Weibchen untergeschobene Eier aber sofort, selbst die der eigenen Art. Solche Eier entfernen sie aus ihrem Nest. Bemerkenswert ist weiterhin, dass sie sich merken können, wie viele eigene Eier sie bereits gelegt haben.

In der Regel legen Weibchen vieler Arten bis zum Erreichen einer bestimmten Gelegegröße im Nest Eier, unabhängig davon, wie viele Eier im Nest eigene oder fremde sind. Blässhühner hingegen legen stets acht eigene Eier ins Nest, sofern sie bemerken, dass ihnen fremde Eier untergeschoben wurden, sonst legen sie solange Eier, bis die Gelegegröße „8 Eier“ erreicht ist (B. Lyon, Universität Santa Cruz, zitiert in KSTA, dpa (2003)).

„Das Legen mehrerer Weibchen in ein und dasselbe Nest ist als eine der Vorstufen zum Brutparasitismus zu betrachten.“
(Zitat aus König (1983))

Das Zitat aus C. Königs Werk „Auf Darwins Spuren“ zeichnet die mögliche Entwicklung vom kooperativen Brutgeschäft hin zum echten Brutparasitismus, wie er bei europäischen Kuckucken realisiert ist. (Gemeint sind natürlich nicht die Weibchen, die sich in das Nest legen, sondern dass die Weibchen ihre Eier in dasselbe Nest ablegen.) Alle Zwischenformen vom „normalen“ Brüten bis zum echten Brutparasitismus kommen innerhalb der Familie der Kuckucke vor.

Regelmäßiger interspezifischer Brutparasitismus ist siebenmal parallel bei etwa 80 Vogelarten entstanden. Dazu gesellt sich noch eine Anzahl von Vogelarten, bei denen das Ablegen eigener Eier in fremde Gelege zumindest gelegentlich vorkommt. Entsprechend vielfäl-



Abb. V.1.7a Ein junger, vor kurzem geschlüpfter Kuckuck (*Cuculus canorus*), hebt ein Ei aus dem Nest. [Foto Gilles Martin / Bios, aus del Hoyo 4 (1997)]

tig sind die verschiedenen Prinzipien und Mechanismen, die hier zugrunde liegen.

Eine Form des Brutparasitismus ist von den schon erwähnten Kuckucken, einigen Entenvögeln, beispielsweise der **Kuckucksente** (*Heteronetta atricapilla*), allen 14 Witwenarten und allen Honiganzeigern bekannt.

Kuckucke

Besonders bei Kuckucken ist das Phänomen detaillierter untersucht worden. Dabei zeigte sich, dass etwa die Hälfte der 131 Kuckuckarten in fremden Nestern parasitieren.

Auch konnte festgestellt werden, dass Kuckucke in der Regel keine besondere Spezialisierung auf eine Wirtsvogelarten aufweisen. So parasitiert der **Häherkuckuck** (*Clamator glandarius*) im Mittelmeerraum und Vorderasien bei 6 Arten, im übrigen Nordafrika bei 8 Arten. Der europäische **Kuckuck** (*Cuculus canorus*) legt seine Eier bei 45 Wirtsvogelarten, meist Singvögeln, ins Nest, die für eine erfolgreiche Aufzucht sorgen.

Der Brutparasitismus der Kuckucke ist bereits dem indischen Großmogul Dshehangir aufgefallen, der das islamische Mogulreich von 1605 bis 1627 regierte. Als Bauherr des prächtigen Grabmals Tadsch Mahal ist er berühmt geworden. Er schrieb: „Eigenartig am Koel (Kuckuck) ist, dass er sein Junges nicht aus dem Ei aufzieht, sondern dann, wenn er ein zur Legezeit unbewachtes Krähenest findet, die Kräheneier mit dem Schnabel aufbricht und hinauswirft, sein eigenes Ei an ihre Stelle legt und davonfliegt. Die Krähe hält die Eier für ihre eigenen, brütet die Jungen aus und zieht sie groß. Diese seltsame Begebenheit habe ich selbst in Allahabad gesehen.“

Das Kuckuck-Weibchen beobachtet nestbauende Vögel genau, wartet bis zu jenem Zeitpunkt ab, wo die Wirtseltern gerade ein oder mehrere eigene Eier abgelegt und mit der eigentlichen Bebrütung noch nicht begonnen haben. Wenn diese das Nest für kurze Zeit verlassen haben, legt das Kuckuck-Weibchen seine eigenen Eier in dieses Nest. Dies bedingt eine zeitliche Synchronisation an die Eiablage des Nestbauers.

Eine andere Verhaltensweise, die die Eiablage in ein fremdes Nest ermöglicht, besteht im aktiven Fortlocken der späteren Zieheltern vom Nest.

Dabei machen sie sich ein Verhalten der Kleinvögel zunutze, das normalerweise nur bei Anwesenheit eines Greifvogels auftritt.

Zur Brutzeit reagieren Kleinvögel nicht nur in höchstem Maße aufgeregt auf Greifvögel, sondern versuchen sie anzugreifen und vom Nest zu vertreiben. Diese Verhaltensweise wird als Hassen bezeichnet. Sie wurde in der Vergangenheit gerne zur Vogeljagd genutzt, indem man einen gekäfigten oder künstlichen Uhu aufstellte und damit Kleinvögel anlockte, die den vermeintlichen Gegner angreifen wollten.

Einige Kuckucke sehen dank einer dunklen Gefiederbänderung einem **Turmfalken** (*Falco tinnunculus*) recht ähnlich, so dass Kleinvögel und damit auch die potentiellen Zieheltern auf den Kuckuck hassen. So gelingt es dem Kuckuck-Männchen, sie von ihrem eigenen Nest wegzulocken, während sein Weibchen die Eier im fremden Nest ablegt. Die Jungen einiger Kuckucksarten haben auf dem Rücken eine deutlich sichtbare Mulde, die es ihnen ermöglicht, die übrigen Eier des Geleges aus dem Nest zu hebeln (siehe Abbildung V.1.7a). So bleibt es das einzige überlebende Junge im Nest.

Die Wirtseltern des **Einsiedlerkuckuck** (*Cuculus solitarius*) (Abbildung V.1.7b) werden daher ihre ganze Kraft und Energie in die Aufzucht dieses einen Kuckucks stecken, der auch noch lange nach dem Flüggeworden

nach Nahrung bettelt. Der afrikanische Einsiedlerkuckuck parasitiert in Nestern der **Kapstelze** (*Motacilla capensis*).

Kuckucksente

Dass Enten gelegentlich ihre Eier in Nester fremder Enten legen, ist ein bekanntes Phänomen. Als ständiger Brutparasit tritt jedoch nur die Kuckucksente (*Heteronetta atricapilla*) auf. Dabei sind ihre Wirtseltern andere Enten, Wasservögel generell, aber auch Ibis, **Coskorobaschwäne** (*Coscoroba coscoroba*), **Rallenkraniche** (*Aramus guarauna*) und die **Chimangos** (*Milvago chimango*), ein Falconidae (Greifvogel). Zusammen mit den anderen Jungen schlüpfen die jungen Kuckucksenten, die jedoch schon bald danach ihre Wirtseltern verlassen, um sich selbst zu ernähren. Sie benötigen nach dem Schlüpfen nicht die weitere Hilfe ihrer Pflegeeltern.



Abb. V.1.7b Einsiedlerkuckuck (*Cuculus solitarius*). [Foto Alan Weaving / Ardea, aus del Hoyo 4 (1997)]

V.1.7 ALTRUISMUS

Der Begriff Altruismus bedeutet normalerweise uneigennütziges, selbstloses und aufopferndes Verhalten. Von den in Florida lebenden **Buschhähern** (*Aphelocoma coerulescens*) ist bekannt, dass sie ihren Eltern oft für mehrere Jahre bei der Aufzucht der nachfolgenden Geschwister helfen. Erst wenn sie durch Freiwerden eines Reviers ein eigenes Territorium gründen können, gründen sie ihre eigene Familie. In Untersuchungen konnte

ermittelt werden, dass die helfenden Geschwister bis zu 30 Prozent des benötigten Futters in die im Gestrüpp von Eichen befindlichen Nester tragen. Auch verteidigen sie das elterliche Nest gegen Greifvögel, Schlangen und Luchse vehement. Dank ihrer Hilfe kann die Überlebensrate von 10 Prozent (ohne Helfer) auf 15 Prozent (mit Helfer) gesteigert werden.

Ob das Verhalten der helfenden Geschwister altruistisch im eigentlichen Sinne genannt werden kann, darf bezweifelt werden. Die Helfer können zunächst kein eigenes Revier besetzen und damit selber brüten, wohl aber erhöhen sie durch ihre Hilfe die Überlebens-

wahrscheinlichkeit ihrer Geschwister. Die Genallele, die das Helferverhalten bedingen, werden somit durch die eigenen Verwandten eher vermehrt als solche Allele, die kein Helferverhalten hervorrufen.

V.2 ANATOMISCHE GENESE

V.2.1 EMBRYOGENESE

Das Leben des Vogels ist durch drei Lebensabschnitte gekennzeichnet:

- Embryonalentwicklung (Embryogenese),
- Jugendentwicklung (Ontogenese) und
- Erwachsenenstadium (Adultstadium)

Die verschiedenen Eihüllen (Eischale) schützen den sich entwickelnden Embryo nicht nur vor der Austrocknung. Auch das durch Räuber risikoreiche Larvenstadium vollzieht sich vollständig innerhalb der Eischale. Am animalen Pol der Eizelle liegt das Zellplasma mit dem Kern in Form einer flachen Kappe.

Nach der Befruchtung im Eileiter starten die Zellteilungen der Zygote, so dass der Embryo bei Ablage des Eies meist schon in der Gastrulationsphase (Einstülpung und Faltung des Keimes) ist.

Wenn nach der Eiablage keine Bebrütung erfolgt, ist die weitere Entwicklung in der Regel unterbrochen. Erst mit der Bebrütung, die auch mehrere Wochen nach der Eiablage erfolgen kann, ohne dass der Embryo Schaden nehmen würde, setzt die weitere Embryogenese ein.

Die Embryonalentwicklung ähnelt sich bei allen Vögeln sehr stark, lediglich die notwendige Zeit zur Embryogenese schwankt artspezifisch. Da die Entwicklung im Körper des Eltern-Weibchens zeitlich unerheblich ist (Bezzel, Prinzinger (1990)), wird die Bebrütungszeit als eigentliche Entwicklungszeit gesehen. Kleine Sperlingsvögel brüten nur 9 bis 11 Tage, während Großfußhühner (**Thermometerhuhn** (*Leipoa ocellata*)) bis zu 96 Tage brütet. Der **Königsalbatros** (*Diomedea epomophora*) brütet zwischen 80 und 90 Tagen. Die Bebrütungszeit hängt aber von der Intensität der individuellen Bebrütung durch

die Eltern und Umgebungstemperaturen ab. Auch ist die Embryogenese von der Masse des Eies abhängig.

Die Formel $T_i = 12,03 \cdot W_e^{0,217}$ beschreibt die Zeit, die die Embryogenese beansprucht. Die Eimasse W_e (in Gramm) ist die einzige Variable der Formel.

Der Funktionswert T_i ist die gemittelte Zeit der Embryogenese für die jeweilige Vogelart. Diese Formel wurde aufgrund der Kenntnisse von über 480 Vogelarten gewonnen, so dass ihr eine gewisse Berechtigung zugesprochen werden muss.

Exemplarisch wird die Entwicklung eines Embryos kurz vorgestellt, der nach 21 Tagen schlüpft.

Am ersten Tag nach der Eiablage schwebt der kugelige Dotter inmitten des Eiweißes. Dabei schwimmt die Keimscheibe mit der Keimanlage stets oben. So wird die Wärme vom brütenden Elternteil optimal ausgenutzt.

Schon am dritten Tag der Bebrütung beginnt das Herz des Embryos zu schlagen. Die Hauptblutgefäße sind ebenfalls entwickelt.

Am neunten Tag sind eine Vielzahl feinsten Blutgefäße zu erkennen, die den Embryo mit Nährstoffen aus Dotter und Eiweiß und mit über die Poren eingedrungenen Sauerstoff versorgen. Die zunehmende Gestaltbildung des Kükens geht einher mit der Rückbildung von Eiweiß und einem Teil des Eidotters.

Am 15. Tag sind bereits Auge, Schnabel und Füße deutlich zu erkennen. Dies ist auch in etwa der Zeitpunkt, in dem der Embryo seine Lungenatmungstätigkeit aufnimmt.

Am 21. Tag bricht das Küken mit seinem Eizahn auf der Schnabelspitze die Eischale auf und schlüpft.

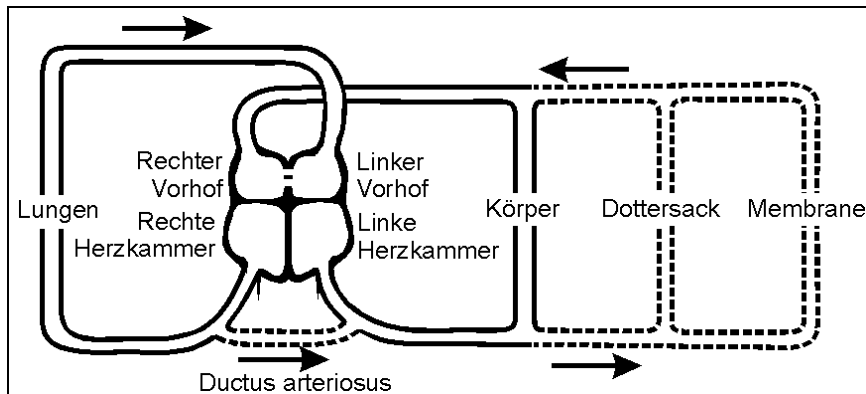


Abb. V.2.1a Während der Embryogenese fließt das Blut von der rechten Herzkammer über den Ductus arteriosus (gestrichelt) in dasselbe Blutgefäßsystem wie das aus der linken Herzkammer gepumpte Blut. Es nimmt im Wesentlichen nicht den Weg über die Lungen. Der linke Vorhof erhält das

Blut daher über ein Loch im Herzen unmittelbar aus dem rechten Vorhof. Zusätzlich zum Blutgefäßsystem des Körpers werden auch Dottersack und Membrane vom Blut durchflossen (gestrichelt). Beim erwachsenen Vogel dagegen entfallen beide Gefäßsysteme. Der Ductus arteriosus verschließt sich wie auch das Loch zwischen rechtem und linkem Vorhof. [verändert, nach Brown (1988)]

V.2.2 ONTOGENESE UND ADULTSTADIUM

Kategorisierung

Die Jugendentwicklung (Ontogenese) aller Vögel lässt sich auf drei Kategorien reduzieren. Neben Arten, die unmittelbar nach dem Schlüpfen das elterliche Nest verlassen, die Nestflüchter (praecociale Vogelarten), gibt es noch Nesthocker (altricialia Vogelarten) und Platzhocker (semialtricialia, semipraecociale Vogelarten). Die Begriffe Nesthocker und Nestflüchter finden erstmals bei Lorenz Oken im Jahr 1837 Verwendung. Seitdem sind verschiedene Klassifikationsschemata aufgestellt worden. Entsprechend der angenommenen Vorfahren der Vögel, der Saurier und Reptilien, scheinen Nestflüchter der offensichtliche Ursprung zu sein. Nach der Cracraft-Theorie soll die Altrizität (Nesthocker) sechsmal unabhängig voneinander in den verschiedenen Vogelgruppen entstanden sein. Aber auch die komplementäre Sichtweise, dass Praecoxität aus altricialen Stammgruppen entstanden sein könnte, wird kontrovers diskutiert (nach Sibley, Ahlquist (1990)).

Nestflüchter

Die Jungen nestflüchtender Vogelarten können nicht nur selbstständig Nahrung zu sich

nehmen, sondern sind im Allgemeinen auch direkt nach dem Schlüpfen in der Lage zu laufen, einige sogar zu fliegen (Mauersegler und Großfußhühner). Sie haben ein dichtes Dunengefieder und fertig ausgebildete Sinnesorgane, darunter bereits geöffnete Augen und Ohröffnungen.

Nesthocker

Im Gegensatz zu Nestflüchtern sind Nesthocker in der Regel nackt oder haben zumindest eine nur geringe Bedungung. Blind, mit geschlossenen Ohröffnungen - eine gewisse Hörfähigkeit ist dennoch schon vorhanden - und hilflos sind sie an das Nest und die Fürsorge ihrer Eltern gebunden. Besonders Singvögel schlüpfen bereits in einem quasi embryonalen Zustand.

Platzhocker

Die Vertreter dieser Gruppe weisen sehr heterogene Fähigkeiten und verschiedene Entwicklungsstufen zur Schlüpfzeit auf. Semialtricialia Platzhocker sind zwar voll bedungung, können aber nicht laufen und die Augen sind entweder noch geschlossen (Eulen) oder bereits geöffnet (Greifvögel und Reiher).

Semipraecociale Platzhocker sind ebenfalls voll bedunt, können aber auch schon laufen, auch wenn sie das Nest nicht verlassen oder sich zumindest in unmittelbarer Nähe des Nestes aufhalten. Die Augen sind stets geöffnet.

Weitere Entwicklung

Die Jugendentwicklung dauert bei Vögeln zwischen etwa 20 Tagen bei kleinen Singvögeln und 300 Tagen bei Albatrossen. Die Nestlingsdauer einzelner Vogelarten ist bereits der Tabelle V.1.6a zu entnehmen gewesen. Während der Ontogenese entwickelt sich nicht nur das Gefieder. Auch viele Organe, besonders bei Nesthockern, müssen sich noch abschließend entwickeln.

Die stoffliche Zusammensetzung des Körpers verändert sich beträchtlich. So nimmt der Wassergehalt und die Konzentrationen von Phosphor, Magnesium, Natrium und Kalium stetig ab, während der Lipidanteil und die Kalzium-Konzentration zunehmen. Die Größe der Geschlechtsorgane nimmt teilweise beträchtlich zu. Sie ist allerdings starken fortpflanzungsperiodischen Erscheinungen unterworfen und kann sich bei manchen Arten außerhalb der Fortpflanzungszeit deutlich

reduzieren. Die Geschlechtsreife tritt bei Weibchen meist früher ein als bei Männchen.

Die meisten Vögel brüten in natürlicher Umgebung erst ab dem zweiten Lebensjahr. Die erste Brut erfolgt bei Großmöwen, Schwänen, Lappentauchern und Störchen erst ab dem dritten Lebensjahr, bei großen Adlern ab dem vierten bis sechsten und bei Albatrossen noch später (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Adultstadium

Der Eintritt in die Geschlechtsreife markiert den Beginn des Adultstadiums. Der Vogel ist dann in der Regel ausgewachsen und kann sich fortan bis an sein Lebensende fortpflanzen. Auch im Erwachsenenalter verändern sich noch verschiedene Strukturen. So lassen sich an der Farbe und der Länge bestimmter Gefiederpartien das Alter des Vogels erkennen. Während beispielsweise die Beine von jungen **Wellensittichen** (*Melopsittacus undulatus*) rosig sind, werden sie mit zunehmendem Alter immer weißlich-grauer. Der Stoffwechsel sinkt zunehmend, auch Hormonausschüttungen und deren Folgen sind deutlich vom Alter bestimmt. Dem erreichbaren Höchstalter und Durchschnittsalter ist ein Teil des Kapitels VI.4.2 zur Dynamik der Populationsgröße gewidmet.

V.3 KOGNITIVE GENESE

V.3.1 PRINZIPIEN DES VERHALTENS

Verhaltensmuster

Vögel zeigen in der Interaktion mit ihrer Umwelt vielfältige Verhaltensmuster.

Ihre leistungsfähigen Sinnessysteme und das hochentwickelte Gehirn ermöglichen die Aufnahme und Verarbeitung komplexer Umweltreize und eine arttypische und angemessene Reaktion. Der Gesang vieler Vögel ist dabei ein äußeres Zeichen für eine weitentwickelte Kommunikation.

Jedes Verhalten, außer unmittelbare Reflexe, werden immer über Umschaltstellen des Gehirns gesteuert. So konnten trotz Fehlens tatsächlicher äußerer Umweltreize typische Ver-

haltensweisen, wie Angriffs-, Fluchtverhalten, Gackern oder Hudern, bei **Haushühnern** (*Gallus gallus*) allein durch Reizungen über implantierte Elektroden im Stammhirn ausgelöst werden (von Holst, von Saint Paul (1962)).

Verhaltensweisen muss ein Vogel beherrschen, um überleben und sich fortpflanzen zu können. Diese Verhaltensfähigkeiten und -fertigkeiten kann er, über verschiedene in diesem Kapitel erläuterte Grundprinzipien der kognitiven Genese realisiert, entweder von seinen Eltern geerbt oder aber auch erlernt haben.

Reaktionsauslöser

Die meisten Verhaltensweisen zeigen sich als Reaktion auf einen bestimmten Auslöser, sogenannte Reize oder Reizsituationen. Wenn nur die Silhouette eines Greifvogels am Himmel zu sehen ist, flüchten sich Haushühner in kürzester Zeit in ihr sicheres Legehaus. Dabei reicht zur Fluchtreaktion allein der Anblick eines schematisch dargestellten Greifvogels. Die einfachste Form des Verhaltens ist immer der Reflex. Reflexen ist zueigen, dass auf einen bestimmten Reiz unter gleichen Bedingungen immer die gleiche Reaktion auftritt (einfaches Reiz-Reaktionsschema). Bei komplexen Verhaltensweisen kann dagegen auf einen Reiz ein situativ und individuell angepasstes Verhalten ausgelöst werden.

Verhaltensmotive

Das Verhalten lässt sich in mehrere Funktionsmotive einteilen (siehe das Kurz-Info auf der nächsten Seite). So können meist Verhaltensweisen zur Fortbewegung von solchen zum Nahrungserwerb, zur Fortpflanzung, zur Aggression und Flucht oder zur Eigenpflege unterschieden werden. Nicht jedes Verhalten kann jedoch in eine solche Kategorisierung eingebettet werden. Oftmals dient ein Verhalten gleichzeitig mehreren Motiven oder ein identisches Verhalten

wird situationsabhängig von verschiedenen Reizen ausgelöst. Vielfach offenbart ein bestimmtes Verhalten seine eigentliche Funktion erst nach eingehenden Forschungen.

Bergmann (1987) schlägt daher eine Verhaltensenteilung vor, bei der zwischen selbstbezogenem Verhalten, wie Ruhen, Schlafen und Eigenpflege, und umweltbezogenem Verhalten unterschieden wird. Das umweltbezogene Verhalten wird des weiteren in ein soziales Verhalten zu Artgenossen und in ein nicht-soziales Umweltverhalten, wie beispielsweise der Nahrungserwerb, untergliedert.

Reizreaktionsermüdung

Nicht auf jeden Reiz wird stets mit der gleichen Intensität reagiert. Ist bei Reflexen oder in Gefahrensituationen eine gleichbleibend intensive Reaktion zu erwarten, ist bei der Nahrungsaufnahme oder Kopulation bei wiederholter Darbietung des entsprechenden Reizes eine mehr und mehr ermüdende Reaktion zu beobachten, bis schließlich die Reaktion ausbleibt. Diese Ermüdung ist allerdings reizbezogen, andere Reize werden nicht ermüdet. Nach einer bestimmten Zeit erlischt die Reiz-Reaktionsermüdung wieder, so dass die Reaktion nur temporär unterbleibt.

KURZ-INFO

Einführung in die Begriffe der Motivationsforschung

Motiv

Der Begriff des Motivs ist ein hypothetisches Konstrukt, das sich durch wiederkehrende Anliegen auszeichnet. Es ist eine überdauernde und hochgeneralisierte Wertungsdisposition für einzelne Grundsituationen. Motive gehen auf primäre Bedürfnisse wie Überleben (Gefahrabwendung), Hungerstillung, Durstlöschung, Sexualität und Neugier zurück.

Motivation

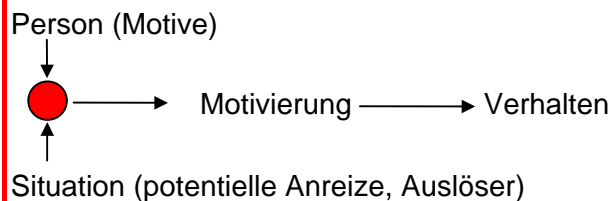
Motivation ergibt sich aus einem Prozess, der situationsabhängig zwischen verschiedenen Auswahlmöglichkeiten auswählt, auf Interaktionen zwischen Persönlichkeits- und Umweltvariablen beruht, das eigentliche Handeln steuert und sich auf das Erreichen motivspezifischer Ziele bezieht.

Verhalten

Unter Verhalten werden alle äußerlich wahrnehmbaren motorischen Erscheinungen inklusive Lautäußerungen und Farbänderungen verstanden. So ist der Nahrungserwerb ein Verhalten als Reaktion auf das primäre Bedürfnis (Motiv) der Hungerstillung.

Risiko-Wahl-Modell

Der Psychologe Atkinson stellte den kausalen Zusammenhang zwischen den Begriffen Motiv, Motivation und Verhalten 1957 in einem einfachen Schema dar, das als Risiko-Wahl-Modell bekannt geworden ist:



Der Unterschied zwischen den Begriffen Motiv, Motivation und Verhalten ist (auch in der Literatur) nicht immer klar. Das folgende Beispiel soll die Abgrenzung der Begriffe verdeutlichen:

Ein Vogel gerät in eine für ihn lebensbedrohliche Gefahrensituation. Würde er alleine sein, könnte er sich entweder verstecken oder auch fliehen, um zu überleben (Überlebensmotiv). Das jeweilige Verhalten ergibt sich aus der Motivation, also der Wechselwirkung zwischen Vogel (Motive) und Situation. In einer gleichen Bedrohungssituation könnte durch bestimmte, weitere situative Bedingungen eine gänzlich andere Motivation und ein dieser entsprechendes Verhalten resultieren. Der gleiche Vogel, der auf eine Gefahrensituation mit Flucht reagiert hatte, wird als Brutvogel eines Geleges womöglich mutig sein eigenes Leben aufs Spiel setzen, um sein Gelege zu schützen.

Alle Motive trägt der Vogel stets in sich, welches Motiv jedoch über die Motivation zu einem Verhalten führt, hängt von der Situation ab.

Aus allen vorhandenen Motiven wählt der Vogel das in der jeweiligen Situation wichtigere Motiv aus. So wird das Motiv des Hungerstillens bei kurzzeitiger Gefahr (Situation) in der Regel nicht über ein Flucht- oder Angriffsmotiv (Überlebensmotiv) überwiegen. Besteht eine Gefahr jedoch auf Dauer, so wird der Vogel nach einiger Zeit das Risiko eingehen, sich einer Gefahr auszusetzen, wenn er sonst nicht seinen Hunger stillen kann. (KURZ-INFO nach Edelman (1996), Gage, Berliner (1986), Gagné (1980), Heller, Nickel (1978), Spada (1990),

V.3.2 GENETISCH DETERMINIERTES VERHALTEN

Wenn der junge **Kuckuck** (*Cuculus canorus*) das Licht der Welt erblickt, dann wird er als Brutparasit von Zieheltern großgezogen. Seine eigenen Eltern hatten ihn in seinem Ei in ein fremdes Nest gelegt. Seine „Ersatzeltern“ werden ihn großziehen und selbst dann noch füttern, wenn er schon längst körperlich größer als seine Zieheltern ist. Das Verhalten seiner leiblichen Eltern, Eier in fremde Nester zu legen, wird er nicht imitieren können, da er sie ja nicht kennt. Er hat somit keine Gelegenheit, sich dieses Verhalten durch Anschauen und Nachahmen anzueignen. Dennoch wird er auch später als Adultvogel seine Eier in fremde Nester legen, um sie von Zieheltern

bebrüten zu lassen. Dieses Verhalten muss demnach genetisch determiniert sein.

Der junge Kuckuck „weiß“ schon mit seiner Geburt, was er schadlos fressen kann, wer seine Feinde sind, dass er im Herbst Europa in Richtung der afrikanischen Überwinterungsgebiete verlassen muss und woran er im nächsten Frühjahr einen potentiellen Paarungspartner erkennen wird.

Auch das Balzverhalten ist ihm angeboren. Die Balzhandlungen sind formkonstant und erfolgen immer auf die gleiche Weise, auch wenn er das arttypische Balzverhalten niemals beobachten konnte.

Durch Experimente konnte nachgewiesen werden, dass die Körperbewegungen und -haltungen des Balztanzes bei **Zebrafinken-Weibchen** (*Taeniopygia guttata*) weitgehend genetisch festgelegt sind. Die Zebrafinken-Weibchen wurden so aufgezogen, dass sie ältere Weibchen nicht als Vorbild nehmen konnten. Ein Nachahmungslernen konnte so ausgeschlossen werden. Dabei wurde jeweils immer nur die Darbietung einer Verhaltensweise verhindert. Völlig isoliert aufgezogene Jungvögel, sogenannte Kaspar-Hauser-Vögel, zeigen häufig abnormes Verhalten und können somit nicht als Grundlage derartiger Untersuchungen dienen. Der Name „Kaspar Hauser“ geht auf ein Findelkind dieses Namens zurück, das 1828 im Alter von 16 Jahren in Nürnberg bekannt wurde und angeblich in seiner Kindheit keinen menschlichen Kontakt hatte.

Viele andere Verhaltensweisen sind Vögeln mit ihren Genen in die Wiege gelegt. So können Nestflüchter sofort fressen. Die Küken einiger Vogelarten, wie Mauersegler oder Großfußhühner, beherrschen direkt nach dem Schlüpfen sogar schon solch komplexe Techniken wie den Flug. Auch das Hecheln zur Thermoregulation ist angeboren.

Der Magnetfeldrezeptionsmechanismus zur Navigation ist ebenfalls angeboren, demnach genetisch determiniert.

Wie bereits erwähnt, ist auch die Zugaktivität und das Zugverhalten von Zugvögeln genetisch bestimmt. In Versuchen beispielsweise

an **Mönchsgrasmücken** (*Sylvia atricapilla*) konnte dies nachgewiesen werden.

Diese wählten zu bestimmten Jahreszeiten arttypisch bevorzugte Flugrichtungen und eine deutliche Zugruhe selbst bei gekäfigten Individuen.

Viele Vogelarten beginnen schon frühzeitig den Wegzug, auch wenn die äußeren Bedingungen des Lebens noch günstig sind. Da die klimatischen und weiteren äußeren Bedingungen in tropischen Überwinterungsgebieten ganzjährig nahezu gleich sind, lässt sich auch kein äußerer Heimzugauslöser erkennen.

Der Sinn dieser endogenen Kontrolle des Vogelzugs wird schnell offenbar. Würde ein Zugvogel zu früh heimkehren, würde er zu wenig oder kein Futter finden. Auch wäre er den klimatischen Bedingungen (Kälte, Nässe, Schnee, etc.) nicht gewachsen. Kehrt er dagegen zu spät in sein Brutgebiet zurück, sind möglicherweise alle Brutplätze schon belegt, oder er findet keinen Partner mehr.

Individuen von teilziehenden Arten, die in den Brutgebieten geblieben und überlebt haben, umgehen diese Problematik.

So zeigt sich besonders in den vergangenen Jahren, dass immer mehr Individuen im Sommergebiet überwintern. Durch Zufütterung durch den Menschen und milde Winter überstehen immer mehr die karge Jahreszeit. Die Nachkommen solcher Nichtzieher unter den Zugvögeln ziehen ebenfalls in der Regel nicht mehr, haben das Nicht-Zugverhalten von ihren Eltern geerbt.

V.3.3 LERNPROZESSE

Begriffsdefinition

Stellen die angeborenen Fähigkeiten und Fertigkeiten gewissermaßen das Grundgerüst für die Existenz des Vogels dar, so bedarf es zur Bewältigung aller Lebenssituationen immer einer Erweiterung des verfügbaren Verhaltensrepertoires. Nur eine solche Erweiterung ermöglicht es dem Vogel, sich auf bestimmte Lebenssituationen anzupassen. Diese Lernvorgänge machen den Vogel flexibel in seinen Verhaltensreaktionen.

So werden alle Vorgänge, die zu einer individuellen Anpassung des Verhaltens an die jeweiligen Umweltbedingungen führen, als Lernen zusammengefasst (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Nach der Definition der Psychologen Hilgard und Bower aus dem Jahr 1970, ist Lernen ein Vorgang, durch den Aktivität im Gefolge von Reaktionen des Organismus auf eine Umweltsituation entsteht oder verändert wird.

Dabei dürfen keine angeborenen Reaktions-tendenzen, Reifung oder zeitweilige organis-mische Zustände einen Einfluss spielen.

Grundsätzlich können zwei Typen des Ler-nens unterschieden werden, das obligatorische und das fakultative Lernen (Miram, Scharf (1997)).

Obligatorisches Lernen

Möwen und Pinguine brüten in großen Brut-kolonien. Die Eltern müssen aus der großen Zahl der Nester ihr Nest und ihre eigenen Jungen sicher wiederfinden können. Nicht nur die Eltern lernen, ihre Jungen zu erkennen. Auch die Küken selbst lernen, ihre Eltern zu erkennen und reagieren mit heftigem Futter-betteln, wenn sie sie erblicken. Alle solchen zum eigenen Überleben oder das der Nach-kommen notwendigen Lernprozesse werden als obligatorisches Lernen bezeichnet.

Fakultatives Lernen

Dagegen sind fakultative Lernvorgänge dieje-nigen, die dem einzelnen Individuum zwar einen Vorteil bringen, aber nicht lebensnot-wendig sind. Störche, die es gelernt haben, unmittelbar hinter großen Landmaschinen hinterherzulaufen, können von der Vielzahl aufgebracht Kleintiere profitieren. Einige fleischfressende Vögel lauern aufmerksam an Autobahnen, ob eventuell ein Tier Opfer des Straßenverkehrs wird. Einige Blaumeisen haben gelernt, die Stanniolverschlüsse von Milchflaschen, die vor der Haustüre abgestellt sind, aufzupicken, um so an die nahrhafte Rahmschicht der Milch zu gelangen.

Prägung

Der Begriff der Prägung ist fest verbunden mit seinem bekannten Entdecker Konrad Lo-renz, dem Träger des Nobelpreises (1973) und Gründer des Instituts für vergleichende Ver-haltensforschung in Altenberg (Österreich). Lorenz schrieb: „Meine erste kleine Graugans war also auf der Welt und ich wartete. Den Kopf schief gestellt, sah sie mit großem,

dunklem Auge zu mir empor. Lange, sehr lange sah mich das Gänsekind an. Und als ich eine Bewegung machte und ein kurzes Wort sprach, löste sich mit einem Male die ge-spannte Aufmerksamkeit, und die winzige Gans grüßte“ (Lorenz (1935)). Später wollte er das im Brutkasten geschlüpfte Küken einer Hausgans unterschieben, doch es pffif mit dem typischen Laut des Verlassenseins und rannte Lorenz hinterher. Für das Küken war Konrad Lorenz die Gänsemutter. Lorenz be-schrieb dieses Phänomen 1935 als Prägung.

Unmittelbar nach der Geburt prägen sich die geschlüpfte Junge in einer kurzen sensiblen Phase das Bild der Mutter ein. Dies ist unter natürlichen Bedingungen wichtig, um unter vielen anderen Graugänsen stets die eigene Mutter finden zu können. Allerdings, so zeigten die weiteren Versuche von Konrad Lo-renz, ist es unerheblich, ob das Prägeobjekt tatsächlich eine Graugans ist oder nicht. Selbst auf eine Kiste mit angedeuteten Kopf und Schnabel oder einen Fußball ließen sich geschlüpfte Küken prägen, sofern das Präge-objekt nur mittels Lautsprechers Laute von sich gab und sich bewegte (siehe Abbildung V.3.3a). Neben dem Einprägen des Mutterbil-des werden bei zahlreichen Vögeln auch ande-re Verhaltensweisen in sensiblen Prägephasen gelernt.

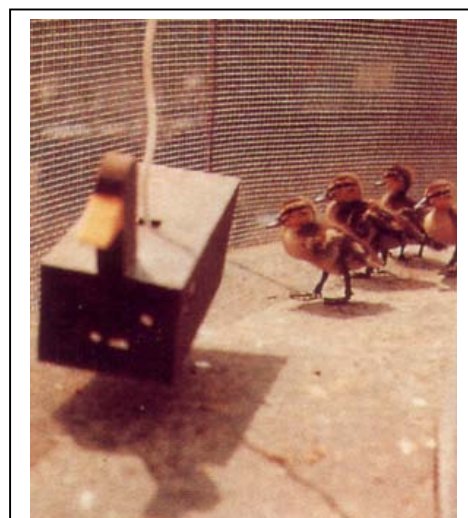


Abb. V.3.3a Prägungskarussell.
[Foto G. Gronefeld, München,
aus Miram, Scharf (1997)]

Singammern (*Melospiza melodia*) werden den für sie typischen Gesang nur dann vollständig ausführen können, wenn sie ihn selbst im Alter zwischen 10 bis 50 Tagen nach dem Schlüpfen hören konnten. Das Grundmuster des Gesangs ist genetisch determiniert. Werden Singammern so aufgezogen, dass sie den Adultgesang von Artgenossen während ihrer sensiblen Phase nicht hören konnten, war ihr späterer Gesang nur rudimentär. Interessant ist nicht nur, dass das Prägen von Gesangsdiakten anderer Singammer-Populationen möglich ist, sondern auch, dass der Adultgesang zu einer Zeit lange vor dem eigenen Singen geprägt wird, denn erst etwa 100 Tage nach der sensiblen Phase beginnen junge Singammern mit dem Gesang, zunächst nur mit einem unvollständigen Juvenilgesang. Nach und nach verfeinert sich dieser Gesang bis zum vollständigen Adultgesang. Der Ablauf der Gesangsentwicklung vollzieht sich also über die Modifizierung einer angeborenen Gesangsmatrize durch Hören des Adultgesangs eines Artgenossen in der sensiblen Phase. Erst später beginnt der unvollständige Juvenilgesang, der mit der geprägten Matrize verglichen und dieser solange angeglichen wird, bis die junge Singammer den vollständigen Adultgesang beherrscht (Marler, in Wehner, Gehring (1995)).

Habituation

Die Habituation wird oft als die einfachste Form des Lernens bezeichnet. Unter ihr wird die Abnahme einer Reaktion auf einen gegebenen Reiz verstanden, wenn der Reiz nur oft genug dargeboten wird. Diese Form der Gewöhnung an einen Reiz tritt beispielsweise dann auf, wenn ein revierbildender Vogel auf den Gesang eines Reviernachbarn kaum noch oder nicht mehr reagiert, weil er dessen Gesang schon kennt, an diesen gewöhnt ist und den Reviernachbarn nicht als Eindringling in sein eigenes Revier identifiziert. Der Aufwand für eine Reaktion wäre im Vergleich zu den negativen Folgen des „Singenlassens“ unverhältnismäßig hoch.

Bei einem fremden Gesang, den der Revierinhaber nicht kennt und demzufolge auch keine Gewöhnung eintreten konnte, ist dagegen eine intensive Reaktion zu erwarten.

Ebenfalls intensiv reagieren Vögel auf eine neu aufgestellte Vogelscheuche, die damit ihre ihr zugeordnete Aufgabe bestens ausübt. Nach relativ kurzer Zeit jedoch erkennen viele Vögel, dass von der Scheuche keine negativen (wie auch positiven) Folgen ausgehen, so dass dank Habituation die vormals fluchtauslösende Vogelscheuche sogar zu einer beliebten Sitzstange wird.

Klassische Konditionierung

Die klassische Konditionierung, auch Reiz-Reaktions-Lernen genannt, ist neben der operanten Konditionierung eine der beiden Formen des höheren, assoziativen Lernens, dessen Wesen eine unmittelbare assoziative Verknüpfung eines neutral aufgefassten Merkmals mit einem sinnhaltigen Merkmal ist.

Entscheidend für ein assoziatives Lernen ist Ähnlichkeit, Kontrast und Kontiguität (Berührung, zeitliche und räumliche Nähe) beider Merkmale.

Der russische Physiologe Pawlow (1849 - 1936) begründete mit seinen Untersuchungen zur klassischen Konditionierung die Reflexologie (amerikanisches Synonym: Behaviorismus) und damit zugleich die moderne Psychologie als Wissenschaft, die auf beweisbaren Tatsachen beruht und sich nicht auf Behauptungen und Vermutungen verlässt. Für seine Forschungen erhielt er 1905 den Nobelpreis. Die Konditionierung fußt als bewusstseinsunabhängige Form des Lernens auf der Übertragung (Substituierung) einer Bedeutung von einem Reiz auf einen bisher bedeutungslosen Reiz.

An einem Beispiel wird dies deutlicher:

Volierenvögel fliegen schon zum Futternapf, wenn der Pfleger nur die Tür zur Voliere aufschließt, weil sie gelernt haben, dass der Pfleger dann die Futtertöpfe mit Futter füllen wird.

Das Türaufschließen ist somit von einem vorher (für das Hungerstillen) bedeutungslosen Reiz zu einem bedeutsamen Reiz geworden. Das Türaufschließen wird unmittelbar mit dem Hungerstillen assoziiert. Auch wenn der Pfleger kein Futter bringen würde, würden die Vögel noch mit einem Flug zu den Futtertöpfen reagieren.

Operante Konditionierung

Operante Konditionierung ist ein Lernprozess, bei dem ein zufälliges oder nicht gezieltes Verhalten nachträglich belohnt wird und dadurch dieses Verhalten eine Verstärkung erhält. Beispielsweise fliegt ein Vogel im Winter ein Futterhäuschen keinesfalls schon beim ersten Mal gezielt an, weiß er doch gar nicht, dass er dort Futter finden kann. Er wird diese Futterstelle daher nur durch Zufall finden. Das Verhalten „zum Futterhäuschen fliegen“ wird jedoch durch das Futter verstärkt, so dass er das Häuschen zukünftig häufiger anfliegen wird. Bei dieser Form des assoziativen Lernens ist entscheidend, dass der Vogel vor dem Auftreten eines Reizes (Futter) aktiv werden musste („zum Häuschen fliegen“). Daher nannte der amerikanische Psychologe Thorndike (1874 - 1949) die operante Konditionierung auch Versuch-Irrtum-Lernen. Wesentliche Kenntnisse der operanten Konditionierung gehen auf Skinners (1904 - 1990) Experimente mit Ratten zurück. Als Skinner-Box ist diese Versuchsanordnung bekannt geworden (siehe Abbildung V.3.3b).

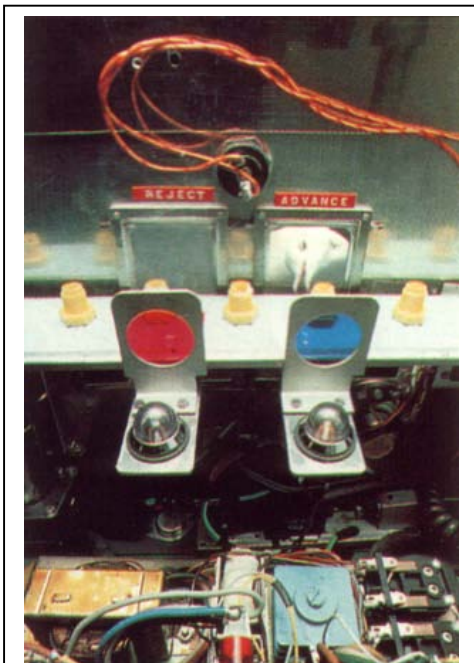


Abb. V.3.3b Skinner-Box mit Taube.
[Foto Okapia, aus Miram, Scharf (1997)]

Das von Skinner konstruierte Experiment sah vor, Ratten oder Tauben in Käfige einzusperren, die über einen Hebelmechanismus verfügten. Wenn die Ratte bzw. Taube diesen kleinen Hebels drückte, erhielt sie eine Futterpille. Nach einer Zeit ungezielten Herumlauftens im Käfig, drückte sie zufällig den Hebel, woraufhin sie eine solche Futterpille bekam. Nach kurzer Zeit hatte sie gelernt, dass das Hebeldrücken in kausalem Zusammenhang mit dem Erhalten einer Futterpille stand. Die Verknüpfung „Hebel drücken führt zum Erhalt von Futter“ musste daher über Versuch-Irrtum-Lernen gelernt werden.

Die Interpretation der Versuchsergebnisse steht jedoch bei einigen Psychologen in starker Kritik, da der Versuchsaufbau möglicherweise das Ergebnis bedingt, dazu jedoch später.

Ein Mann möchte in der Zoohandlung einen Vogel kaufen, der ganz besondere Kunststücke kann. Der Verkäufer bietet ihm ein stappendes Huhn im Käfig an, das der Mann begeistert kauft.

Am nächsten Tag kommt der Mann zurück und beschwert sich: „Das Huhn hat die ganze Nacht durchgesteppt.“ „Ja“, sagt der Verkäufer. „Sie müssen auch nachts die Heizplatte im Käfig abstellen.“

Auch bei der Dressur von Tieren, wie beispielsweise besonderen Bewegungsabläufen, greift man auf die Methodik der operanten Konditionierung zurück, indem bei jedem erfolgten Teilschritt einer erwünschten Verhaltensweise eine Belohnung gegeben wird und so schrittweise das zu erlernende Gesamtverhalten gebildet wird.

Imitationslernen

Jeder kennt das Beispiel des zahmen Papageien, der einzelne Wörter zu sprechen vermag, auch wenn er deren Bedeutung nicht kennt. Diese Form der Imitation zeigen Papageien jedoch nur in Gefangenschaft bei starkem Bezug zum Menschen. Das Phänomen der Nachahmung ist allerdings bei zahlreichen anderen Vogelarten in freier Natur weit verbreitet.

Die in Neuseeland heimischen **Keas** (*Nestor notabilis*) (siehe Abbildung V.3.3c) wurden lange Zeit fast bis zu ihrer Ausrottung gejagt, unter anderem, weil sie dank ihres starken Spiel- und Explorationstriebes alles in Einzelteile zerlegen, was zwischen ihre Schnäbel und Krallen kommt. Sie untersuchen Kisten, demontieren Geräte und ziehen Gummierungen von Autotüren und Fensterscheiben ab. Heute stehen sie unter strengen Schutzbestimmungen und sind Mittelpunkt zahlreicher Kognitionsforschungen.

Am Konrad-Lorenz-Institut in Wien, Österreich, wurden ihre kognitiven Fähigkeiten in Studien untersucht, die belegen konnten, dass ihr Lernvermögen beachtlich ist und sie zu Recht als eine der intelligentesten Vogelarten weltweit gelten.

In geöffneten Kisten wurden Keas Spielzeuge zur Verfügung gestellt. Später wurden die Kisten über verschiedene Verschlussmechanismen verschlossen. Beispielsweise ließ sich eine Kiste nur über das Drehen eines Handrades öffnen, bei einer anderen mussten zunächst mehrere Splinte gezogen und anschließend Bolzen gezogen werden. Menschen oder auch Keas zeigten den interessiert zuschauenden Vögeln, wie die ungewöhnlich verschlossenen Kisten zu öffnen sind. Selbst komplizierteste Mechanismen beherrschten die Keas selbst bei einmaligem Ansehen sofort und konnten das Verhalten zum Öffnen imitieren. Das Lernen arteigener Gesänge in all ihren Feinheiten während der sensiblen Prägephase sind ein weiteres Beispiel für das Nachahmen von Verhaltensweisen (siehe im Abschnitt zur Prägung in diesem Kapitel).

Auf diese Weise entstehen lokal unterschiedlich tradiert überlieferte Gesänge, die Dialekte einzelner Populationen. Nicht alle freilebenden Vögel ahmen nur arteigene Gesänge nach. **Gelbspötter** (*Hippolais icterina*), **Singdrossel** (*Turdus philomelos*), **Amsel** (*Turdus merula*), **Blaukehlchen** (*Luscinia svecica*), **Kohlmeise** (*Parus major*), **Gartengrasmücke** (*Sylvia borin*), **Star** (*Sturnus vulgaris*) und viele andere Arten imitieren häufig in einem sogenannten Spottgesang artfremde Gesangsbestandteile.

Oftmals werden fremde Gesänge in eigene Kompositionen eingebunden und so Imitationen mehrerer Arten miteinander kombiniert.



Abb. V.3.3c Kea (*Nestor notabilis*). [Foto Hans Reinhard, aus Vollmer u.a. (1995)]

Der wahrscheinlich beste Fremdimitator Mitteleuropas ist der **Sumpfrohrsänger** (*Acrocephalus palustris*). Nicht weniger als 75 unterschiedliche Vogelarten kann der Weitstrecken-Zugvogel imitieren, darunter 30 europäische und 45 afrikanische Vogelarten.

Der Zweck der Spottgesänge war lange Zeit unerkannt. Neuere Untersuchungen konnten jedoch verifizieren, dass sich besonders variationsreich imitierende **Spottdrossel-Männchen** (*Mimus polyglottos*) früher mit einem Weibchen verpaaren (Howard (1974)). **Schilfrohrsänger**-Weibchen (*Acrocephalus schoenobaenus*) bevorzugen Männchen, die durch ein formenreiches Gesangsrepertoire glänzen können (Catchpole (1980)). Bereits erwähnt wurde die bemerkenswerte Geräuschimitation von **Prachtleierschwanz**-Männchen (*Menura superba*) (siehe hierzu Kapitel V.1.3, Abschnitt Bemerkenswerte Balz), die zur Balzzeit nicht nur andere Vogelgesänge, sondern auch beliebige andere Geräusche perfekt wiedergeben.

Höheres kognitives Lernen

Ob Vögel zu höheren kognitiven Lernleistungen, wie einsichtigem Lernen und Problemlösungslernen, befähigt sind, ist bisher nur unzureichend untersucht worden. Ein großes Problem ist die Interpretation der Resultate solcher Experimente, da weder Vogel noch Experimentator dem jeweilig anderen gezielt detaillierte Informationen geben können.

Die Deutung einer Untersuchung ist daher stets empirisch zu belegende Annahme und vom Betrachter abhängig. Auch kann der Versuchsaufbau Ergebnisse wesentlich beeinflussen, ohne dass dies gewünscht ist.

Das Skinner-Box-Experiment ist ein klassisches Beispiel für das Lernen im Sinne operanter Konditionierung. Aus den Versuchsergebnissen wurde immer interpretiert, dass Ratten oder Tauben lediglich durch Versuch-Irrtum-Verhalten lernen. Eine berechtigte Kritik an dieser Versuchsanordnung ist jedoch, dass der Hebelmechanismus dank seiner nicht sichtbaren Konstruktion für die Ratte bzw. Taube nicht einsichtig sein konnte und aus diesem Grund ein höheres kognitives Lernen ausgeschlossen sein müsste, selbst wenn es möglich wäre. Daher müsse auf eine solche Interpretation verzichtet werden. Das Problem bei Experimenten ist stets, dass der Vogel in der Regel nur Verhaltensweisen zeigen wird, die ihm etwas „nützen“. Er wird nicht „beweisen wollen“, dass er zu höheren Lernleistungen befähigt ist.

Dies stellt besondere Anforderungen an den Aufbau solcher Untersuchungen.

Trotz aller Schwierigkeiten sind aber besonders bei Rabenvögeln, beispielsweise **Kolk-**

raben (*Corvus corax*), und **Graupapageien** (*Psittacus erithacus*) Formen kognitiven Lernens beobachtet worden. In gewissen Grenzen sind sie zur Generalisation und Klassifizierung in der Lage. So bot der Forscher Otto Koehler einer **Dohle** (*Corvus monedula*) mehrere mit einem Deckel verschlossene Futterschüsseln an, die jeweils durch eine unterschiedliche Anzahl von aufgedruckten Punkten gekennzeichnet waren. Auf einer Anzeigertafel wurde die Anzahl von Punkten dargestellt, die der Futterschüssel entsprach, unter deren Deckel sich Futter befindet. Dohlen waren nach einer Lernphase in der Lage, bis zu acht Punktbilder zu unterscheiden.

Elstern (*Pica pica*) zeigen im Experiment die Fähigkeit zur Objektpermanenz. Ohne Probleme sind sie daher in der Lage, vor ihnen versteckte Gegenstände wiederzufinden. Des Weiteren können sie Artgenossen individuell unterscheiden. Sie erkennen sich selbst im Spiegelbild, eine Fähigkeit, die den meisten anderen Vogelarten, wie beispielsweise dem **Wellensittich** (*Melospittacus undulatus*), dem in singulärer Gefangenschaftshaltung gerne ein Spiegel in den Käfig gehängt wird, fehlt (Nano (2001)).

V.3.4 AKUSTISCHE KOMMUNIKATION

Lauterzeugung im Syrinx und Larynx

Strukturen des untersten Luftröhrenabschnittes und meist auch der obersten Bronchienabschnitte bilden den nur bei Vögeln vorkommenden Syrinx (griechisch: Panflöte), den unteren Kehlkopf.

Am oberen Kehlkopf, dem Larynx, fehlen Bänder völlig, die Stimmlaute erzeugen könnten. So ist der Syrinx das Hauptstimmorgan der Vögel. Zwei bis sieben Bronchienknorpelringe und zwischen ihnen ausgespannte Membranen, die Paukenhäute, lassen den Ton entstehen, indem sie durch Luftstrom in Schwingungen versetzt werden. Dabei können die Bronchienringe durch Muskelzüge nicht nur gegeneinander verschoben werden, sondern auch die Spannung der Paukenhäute

verändert werden, wodurch die Frequenz (Tonhöhe) variiert werden kann (Ziswiler (1976)).

Bei den meisten Vogelarten sind Luftröhre und Bronchien an der Bildung der Syrinx beteiligt. Nur bei wenigen ist der Syrinx entweder auf die Bronchien oder auf den unteren Teil der Luftröhre beschränkt.

Entenvögel haben trommel- oder paukenähnliche Gebilde an der Syrinx. Diese hohlen Resonanzkörper verleihen den Lauten dieser Wasservögel den charakteristischen Klang. Der Syrinx ist vor allem bei den Singvögeln gut entwickelt. Bei einigen Arten, wie Neuweltgeiern und Störchen fehlt der Syrinx dagegen.

Auch wenn der Syrinx das für Vögel typische Stimmorgan ist, sind die morphologischen Unterschiede selbst nahverwandter Vogelarten sehr groß. Sogar geschlechtsspezifische Unterschiede sind nicht selten. Auch die eigentliche Technik der Lauterzeugung variiert mitunter erheblich.

Typische Merkmale eines Lautes sind neben der schon erwähnten Frequenz die Lautstärke, die vom Druck des Luftstromes abhängt und die Dauer. Sie variiert in Abhängigkeit vom Luftvorrat und kann beim **Feldschwirl** (*Locustella naevia*) beispielsweise bis zu 95 Sekunden andauern (Bezzel, Prinzing (1990)), ohne dass er zwischenzeitlich atmen muss.

Über besondere Fähigkeiten verfügen **Schamadrosseln** (*Copsychus malabaricus*), **Keilschwanz-Sturmtaucher** (*Puffinus pacificus*) und **Ziegenmelker** (*Caprimulgus europaeus*). Sie können sowohl beim Ein-, als auch beim Ausatmen singen, so dass ihnen ein kontinuierlicher Gesang möglich ist.

Bemerkenswerterweise können die beiden symmetrischen Hälften des Syrinxs unabhängig voneinander arbeiten. Aus dieser Tatsache resultiert die besondere Fähigkeit vieler Vögel zweistimmig zu singen (Bergmann (1987)).

Der bereits kurz erwähnte Larynx spielt zwar bei der Lauterzeugung eine untergeordnete Rolle, dennoch hat er einen gewissen Anteil. Durch Luftstöße können Vögel mit seiner Hilfe Zisch- und Fauchlaute erzeugen.

Instrumentale Lauterzeugung

Neben der Lauterzeugung im Syrinx und Larynx erzeugen Vögel durch unterschiedliche Verhaltensweisen, die teilweise sogar mit besonderen morphologischen Umbildungen einhergehen, weitere Laute, die unter dem Begriff Instrumentallaute zusammengefasst werden.

So klappern beispielsweise die Männchen der **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) bei der Balz lautstark durch schnelles rhythmisches Aufeinanderschlagen der beiden Schnabelhälften. Spechte trommeln im Frühjahr mit dem Schnabel gegen trockene Baumstämme. Eulen knacken mit ihren Schnäbeln.

Ein trommelnder „Meckerlaut“ entsteht beim Herabgleiten einer **Bekassine** (*Gallinago*

gallinago) durch Luftströmungen an den äußeren Schwanzfedern.

Auch Enten und Hühner erreichen eine Tonerzeugung durch Luftströme an ihrem Gefieder. **Schellente** (*Bucephala clangula*) und **Kiebitz** (*Vanellus vanellus*) bilden speziell zur Lauterzeugung besondere Schallschwingenfedern aus (Bezzel, Prinzing (1990)).

Vogelrufe

Vogelrufe sind einfache kurze Laute, die von beiden Geschlechtern meist über das ganze Jahr erzeugt werden. Sie müssen von Vogelgesängen unterschieden werden, die meist nur von den Männchen während der Balz ausgehen.

Die ausgestoßenen Vogelrufe erfüllen hingegen auch über die eigentlich Balzzeit hinaus eine Vielzahl verschiedenster kommunikativer Aufgaben.

Singvögel können bis zu 20 unterscheidbare Rufe erzeugen, die unmittelbar vor bestimmten Gefahrensituationen warnen, drohen, auf Schmerzen hinweisen oder dem Bekräftigten des Zusammenhalts und der Entspannung dienen, wie dies während der sogenannten Sozialstunden bei der gegenseitigen Gefiederpflege und dem Ausruhen und Dämmern der **Wellensittiche** (*Melopsittacus undulatus*) gehört werden kann. Der „wachhabende“ Wellensittich sitzt dann auf einer Stelle, die einen guten Überblick gewährt und beobachtet die Umgebung. Droht keine Gefahr, gluckst er ununterbrochen. Die übrigen Wellensittiche dösen währenddessen mit geschlossenen Augen und teilweise einem zur Entspannung ins Gefieder eingezogenem Bein vor sich hin. Sobald er jedoch aufhört, sind alle Wellensittiche sofort hellwach und höchst aufmerksam.

Die Variationsbreite der Rufe ist so vielfältig, dass Vögel beispielsweise nicht nur generell vor einem Feind warnen, sondern durch den speziellen Ruf auf einen Bodenfeind, einen sitzenden oder fliegenden, aber nicht jagenden oder aber jagenden Luftfeind hinweisen können.

Dabei werden solche detaillierte Warninformationen auch über die eigene Art hinaus verstanden. Wenn zum Beispiel eine **Amsel** (*Turdus merula*) vor einer Gefahr warnt, reagieren sehr viele kleinere Vögel darauf.

Spezielle Rufe, die sogenannten Stimmfühlerufe, dienen der Kommunikation zwischen Alt- und Jungvögeln. Junge zeigen so ihren Hunger und wo sie sich gerade aufhalten. Auch während des Vogelzugs wird das Beisammensein durch Rufe erleichtert. Bekannt sind beispielsweise die Rufe der ziehenden **Graugänse** (*Anser anser*).

Gesänge

Vogelgesänge unterscheiden sich von Rufen durch die längeren und bisweilen sehr komplexen Lautfolgen, wobei sie meist nur von Männchen zur Balzzeit zu hören sind. Die Gesangsvariationen sind so zahlreich, dass sie die Zahl von 300 bei der **Amsel** (*Turdus merula*) oder beim **Sumpfrohrsänger** (*Acrocephalus palustris*) mühelos übersteigen. Dazu addieren sich noch individuelle Motivunterschiede.

Entgegen der weitverbreiteten Meinung, Gesänge wären nur auf die Singvögel (Passeriformes) beschränkt, singen auch viele Non-Passeriformes.

Gesänge dienen oft der Arterkennung. So können **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*) und **Zilzalp** (*Phylloscopus collybita*), zwei Zwilingsarten (siehe Kapitel VI.5.2 Interspezifische Konkurrenz), fast nur über den Gesang unterschieden werden. Hier dient der artspezifische Gesang der (akustischen) Isolierung von der sonst nicht zu unterscheidenden jeweils anderen Art (siehe Kapitel IV.3 im Abschnitt zur allopatrischen Artbildung).

Gesänge haben jedoch noch weitergehende soziale Funktionen. Sie dienen der Reviermarkierung und -verteidigung, der gegenseitigen Stimulation beispielsweise mehrerer Männchen, aber auch dem Finden eines Fortpflanzungspartners. Die Gesänge sind dann besonders abwechslungsreich, wenn das

Männchen noch ledig ist und ein Weibchen durch den Gesang anlocken möchte. Ist die Partnerin jedoch gefunden, werden die Gesänge bei vielen Arten einfacher und weniger komplex strukturiert. Sie erfüllen dann „nur“ noch den Zweck der Bekräftigung des Partnerschaftsbündnisses. Bei etlichen Arten kann beobachtet werden, dass Männchen die Gesänge anderer Arten, aber auch verschiedene Geräusche imitieren, um Weibchen von sich zu überzeugen (siehe voriges Kapitel V.3.3 Lernprozesse, aber auch Kapitel V.1.3, Abschnitt Bemerkenswerte Balz).

Männchen singen zu arttypischen Tageszeiten mit einer circadianen Rhythmik, die sich während der Gesangs- beziehungsweise Fortpflanzungsperiode verändern kann. Im Frühjahr und Sommer ist früh morgens und spät abends der meiste Gesang zu hören, im Herbst dagegen am späten Vormittag.

Am frühesten, kurz nach Mitternacht, ist der **Waldkauz** (*Strix aluco*), der **Drosselrohrsänger** (*Acrocephalus arundinaceus*) und die **Feldlerche** (*Alauda arvensis*) zu hören.

Es schließen sich **Singdrossel** (*Turdus philomelos*), **Gartenrohrschnabel** (*Acrocephalus baeticatus*) und **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*) an.

Kurz nach 2 Uhr nachts beginnen **Kuckuck** (*Cuculus canorus*), **Zaunkönig** (*Troglodytes troglodytes*) und **Amsel** (*Turdus merula*) zu singen.

Nachdem auch **Kohlmeise** (*Parus major*), **Zilzalp** (*Phylloscopus collybita*) und **Buchfink** (*Fringilla coelebs*) den Gesang begonnen haben, folgt zu guter letzt der **Haussperling** (*Passer domesticus*).

Die **Nachtigall** (*Luscinia megarhynchos*) singt dagegen erst gegen 21 Uhr in der Abendzeit (nach Irsch (1986)).

V.3.5 WERKZEUGGEBRAUCH

Einführung

Stets war der Mensch um eine Abgrenzung von Tieren und sich selbst bemüht. Er suchte nach Unterscheidungen, nach besonderen Leistungen, die der Mensch wohl, aber ein Tier nicht leisten konnte.

Eine erste Definition des Menschen zur Abgrenzung von Tieren lieferte der griechische Philosoph Platon um 400 vor Christus. Er bezeichnete den Menschen einfach als „zweibeiniges Lebewesen ohne Federn“.

Diese Definition konnte Platon solange aufrecht halten, bis Diogenes einen Hahn rupfte und auf einem Tisch der Akademie platzierte und meinte: „Das ist Platons Mensch.“ Platon sah sich daraufhin gezwungen, seiner Definition des Menschen den Anhang „mit platten Nägeln“ beizufügen, im Griechischen „platyonychos“, was auch als Anspielung auf ihn selbst gemeint war. Bis zur Entdeckung der ersten Menschenaffen war diese Definition im Wesentlichen unbestritten. Einige Zeit hielt sich auch noch die Sichtweise, dass Menschen Lebewesen wären, die Werkzeuge gebräuchten. Auch diese These wurde später verfeinert. Friedrich Engels leistete 1876 in seinem Werk „Anteil der Arbeit an der Menschwerdung des Affen“ diese Präzisierung, indem er in der *Herstellung* des Werkzeugs die wesentliche Abgrenzung zum Menschen sah. Heute ist jedoch bekannt, dass auch Tiere Werkzeuge selbst herstellen und sie nach ihren Vorstellungen bearbeiten.

Schritt für Schritt mussten die Abgrenzungskriterien immer weiter zurückgenommen werden. Bisher nur dem Menschen zugetraute Bereiche des Seins sind kein alleiniges Merkmal des Menschen, wie immer wieder festgestellt werden musste. Dies gilt für kognitive Leistungen und Emotionen, wie auch in besonderem Maße für den Gebrauch von Werkzeugen, der oft als Zeichen hoher Intelligenz angeführt wird..

Werkzeugbenutzung ist in vielen Tiergruppen bekannt, selbst in solchen, denen man solches nicht zutrauen würde. **Spitzkreiselschnecken** (*Tegula brunnea*), die umgefallen sind, richten sie mit Hilfe kleiner Steine wieder auf. Sie transportieren Steine mit wellenförmigen Bewegungen auf das Ende ihres Fußes und wuchten sich dank Schwunggewichts wieder auf den Fuß.

Gartenkreuzspinnen (*Araneus diadematus*) beschweren ihr Netz einem Senklot gleich mit Holzstücken, Steinen oder Schneckengehäusen, um es senkrecht zu stabilisieren.

Unter den Insekten ist Werkzeuggebrauch selbst bei einzelnen Wanzen, Ameisenlöwen, Wurmlöwen, Grabwespen und Ameisen bekannt.

Beispielsweise klopfen **Grabwespen** (*Amophila hungarica*) mithilfe eines Steines als Rammhammer die Erde über dem Eingang zu ihrer Larvenkammer fest (Haeseler (1985)).

Selbst einige Fische, wie Schützenfische und Fadenfische, benützen Werkzeuge. Unter den Säugetieren finden sich neben Nagetieren, **Seoottern** (*Enhydra lutris*), **Eisbären** (*Ursus maritimus*), **Zeboramangusten** (*Mungos mungo*), Elefanten, **Pferde** (*Equus przewalskii caballus*), die sich mit einem Stock im Maul am Körper kratzen, und Hirschen natürlich werkzeuggebrauchende Primaten, wie Neuweltaffen, Altweltaffen, Menschenaffen und schließlich Menschen.

Auch etliche Vögel bedienen sich verschiedener Gegenstände, um sich durch ihre Nutzung einen Vorteil zu verschaffen.

Dabei ist der Werkzeuggebrauch innerhalb der großen Gruppe der Vögel unter allen übrigen nicht nur am weitesten, sondern auch in der größten Variationenvielfalt verbreitet. Oft müssen solche Verhaltensweisen erst in kognitiven Prozessen gelernt werden. Diese Fähigkeit zum Lernen zeichnet Vögel als hoch entwickelt und in vielen Fällen in hohem Maße anpassungsfähig aus. Besonders Papageien, Reiher, Drosselvögel, Rabenvögel, einige Greifvögel und Geier zeigen vielfachen Werkzeuggebrauch.

Daneben gibt es noch etliche weitere Arten mit Werkzeugnutzung. In den folgenden Abschnitten werden alle bisher bekannten Arten mit Werkzeugnutzung zumindest namentlich genannt.

Definition

Aus der Vielzahl der vorgeschlagenen Definitionen, was Werkzeuggebrauch bedeutet, soll hier die von Lawick-Goodwill aus dem Jahr 1970 Verwendung finden, da sie ohne zu sehr einzuengen, die eigentlichen Funktionen und Merkmale des Werkzeuggebrauchs benennt. Sie lautet:

Werkzeuggebrauch ist die Anwendung externer Objekte zur funktionalen Erweiterung des Körpers, um ein unmittelbares Ziel zu erreichen.

Etliche Autoren verstehen unter Werkzeugen nur solche Objekte, die das Tier permanent selbst hält oder trägt. Demnach sehen sie in einer **Singdrossel** (*Turdus philomelos*), die ein Schneckengehäuse mit dem Schnabel hält und gegen einen Stein schmettert, um an das Innere zu gelangen, keinen Werkzeugnutzer, auch wenn der Vogel den Stein gezielt zum Aufbrechen der Schale nutzt.

Steine-Schleudern

Schmutzgeier (*Neophron percnopterus*) gehören mit vergleichsweise nur 0,7 m Gesamtlänge und 1,60 m Flügelspannweite zu den kleineren Geierarten.

Sie ernähren sich von Insekten, kleinen Wirbeltieren, Aas, Kot und Vogeleiern. Kleinere Eier hacken sie geschickt mit ihrem Schnabel in kurzer Zeit auf. Große Straußeneier sind jedoch eine besondere Delikatesse auf dem Speisezettel der Schmutzgeier. Da die Eischale allerdings zu fest ist, um sie direkt mit dem Schnabel zu öffnen, bedienen sie sich eines besonderen Tricks. Haben sie ein Straußenei entdeckt, suchen sie sich im Umkreis von etwa 50 m einen meist zwischen 100 und 300 Gramm schweren Stein, den sie dann im Schnabel zum Ei transportieren. In einem Fall ist sogar die Aufnahme eines ein Kilogramm schweren Steins beobachtet worden.

Straußeneier sind so attraktiv, dass Schmutzgeier bei Fehlen geeigneter Steine in der unmittelbaren Umgebung eine Distanz bis zu vier Kilometer (pro Richtung) zurücklegen, um einen passenden Stein zu bekommen.

Das Ei zerschlagen sie, indem sie den Stein im Schnabel halten, den Kopf nach hinten werfen, um ihn dann schnell nach vorne zu bewegen und den Stein auf das Ei zu schleudern (siehe Abbildung V.3.5a).

Die Trefferquote liegt bei etwa 50 Prozent. Jeder zweite Wurf trifft das Ei. Bis das Ei



Abb. V.3.5a Ein Schmutzgeier (*Neophron percnopterus*) hat einen Stein aufgenommen, um ihn auf ein Ei zu schleudern. [Foto dpa, aus Vollmer u.a. (1995)]

schließlich einen Sprung hat, den sie mit ihrem Schnabel erweitern können, schleudern sie ausdauernd ihren Stein immer wieder auf das Ei. Oft betätigen sich mehr als ein Schmutzgeier gleichzeitig an einem Ei, um an den schmackhaften Inhalt zu gelangen.

Das Steinschleudern scheint genetisch determiniert zu sein. Ein von anderen Artgenossen isoliert aufgezogener Schmutzgeier nahm bei einem Erstkontakt mit einem Straußenei im Alter von sieben Monaten sofort nach kurzer Ansicht einen Stein auf, um ihn auf das Ei zu schleudern. Nach einigen fehlgeschlagenen Versuchen, konnte er das Ei mit einem größeren Stein öffnen.

Das Verhalten des Öffnens von Eiern mithilfe von Steinen tritt nicht nur bei afrikanischen, sondern auch bei bulgarischen Schmutzgeiern auf. Markanter Unterschied zwischen beiden Populationen ist jedoch, dass bulgarische Individuen Straußeneiern keinerlei Beachtung schenken, eventuell auch, weil Strauße in Bulgarien nicht heimisch sind. Afrikanische Schmutzgeier hingegen reagieren je größer das Ei ist, um so intensiver, selbst wenn es sich um ein künstliches aus Gips, sechsmal größeres Ei im Vergleich zum Straußenei handelt.

Neben dieses Steingebrauchs zeigen Schmutzgeier weitere interessante Verhaltensweisen. Einige Individuen konnten dabei beobachtet werden, wie sie nicht zu große Eier in den Schnabel nehmen, um sie aus großer Höhe auf den Boden fallen zu lassen, wobei das Ei beim Aufprall in der Regel zerbricht. In Israel wurde bisher einmal gesehen, dass ein Schmutzgeier eine Landschildkröte in seinen Klauen in die Luft trug und auf den Boden fallen ließ. Ebenfalls in Israel trug ein Schmutzgeier einen **Wüstenwaran** (*Varanus griseus*) empor und ließ ihn auf die gleiche Weise fallen. Das Reptil überlebte verletzt. Der Schmutzgeier suchte sich daraufhin einen Stein und hämmerte bis zum Tod des Warans auf dessen Kopf ein (Boswall (1977, 1983)).

Steinbomben-Werfen

Palmgeier (*Gypohierax angolensis*) zeigen ein zum Steinschleudern ähnliches Verhalten. Sie werfen die Steine jedoch nicht, sondern lassen sie aus einer bestimmten Höhe auf Straußen-Eier fallen (Tembrock (1983)).

Dieses Verhalten führt zur nächsten Kategorie der Steinnutzung zum Öffnen von Eiern, deren Inhalt ohne solche Werkzeugtechniken nicht erreichbar wäre.

Besonders drei Arten sind für Steinbombardements von Eiern aus der Luft bekannt. **Kapkrähen** (*Corvus capensis*), **Schildkrähen** (*Corvus albus*) und australische **Bussardmilane** (*Hamirostra melanosternon*) werfen gezielt große Steine über Gelege ab. Anschließend verspeisen diese Vögel die so zerstörten Eier. Der Bussardmilan vertreibt zuvor im Tiefflug mit einem großen Stein in den Krallen brütende Hähne des **Emus** (*Dromaius novaehollandiae*) von seinem etwa 20 Eier umfassenden Gelege. Berichte bombardierter Gelege liegen neben solchen von Emus auch von **Wammentrappen** (*Ardeotis australis*), **Brolgakranichen** (*Grus rubicunda*) und wegen seiner Federn in australischen Farmen gehaltenen Straußen vor (Bergmann (1987)). Anders als die Bombardements auf Nahrungstiere, wie Muscheln oder Schnecken, bombar-

dieren **Kolkraben** (*Corvus corax*) und **Kaffernadler** (*Aquila verreauxi*) gezielt potentielle oder tatsächliche Angreifer zu ihrer eigenen Verteidigung, wie einige Ornithologen bereits schmerzhaft erfahren mussten. Als Wurfmittel nehmen Kolkraben Steine von circa acht Zentimeter Durchmesser und Kaffernadler 30 bis 40 Zentimeter lange Äste.

Zwei **Gelbhaubenkakadus** (*Cacatua galerita*) konnten dabei beobachtet werden, wie sie auf Greifvögel, in diesem Fall ein **Fledermausaar-Pärchen** (*Macheiramphus alcinus*), hassen (siehe zum Gebriff des Hassens auch den Abschnitt zu Kuckucken im Kapitel V.1.7). Sie suchten sich im Baum eine Sitzstelle oberhalb der beiden Greifvögel und bewarfen sie gezielt mit Blättern und Zweigen, die sie mit ihren Schnäbeln abrissen.

In einem bekannt gewordenen Fall hat ein australisches **Buschhuhn** (*Alectura lathamii*) einen etwa zwei Meter langen **Buntwaran** (*Varanus varius*) mit Sand, Steinen und Abfällen vertrieben, die es dem Reptil mit den kräftigen Füßen entgegen schleuderte.

Hämmern

Für die in Südost-Australien heimischen **Bergkrähen** (*Corcoray melanorhamphos*) sind die in etwa drei Zentimeter Tiefe zu findenden Muscheln neben den sonst akzeptierten Insekten und Mäusen eine besondere Mahlzeit. Wenn sie beim Stochern im Schlamm eine große Muschel finden, entfernen sie zunächst den Schlamm und bringen die Muschel auf einen trockenen Boden. Scheitern sie in den Versuchen, die Muschelschale mit ihrem Schnabel zu öffnen, suchen sie sich eine leere Muschelschale und hämmern mit dieser auf die mit einer Kralle festgehaltene Muschel. Gelegentlich schlagen sie auch lebende Muscheln gegeneinander oder gegen Steine.

Über die **amerikanische Krähe** (*Corvus brachyrhynchos*) liegt ein Bericht vor, dass diese, analog zum Verhalten der Bergkrähe, eine Eichel mit den Krallen festhielt und mit einem im Schnabel gehaltenen Stein zertrümmerte.

Amboss-Klopfen

Das Schneckengehäuse-Aufschmettern der **Singdrossel** (*Turdus philomelos*) ist als Grenzfall der Werkzeugnutzung bereits kurz erwähnt worden. Besonders kleinere Vögel, wie die Singdrossel, aber auch **Rotdrossel** (*Turdus iliacus*) oder **Misteldrossel** (*Turdus viscivors*), wären ohne diese Methode kaum in der Lage, an den nahrhaften Inhalt des Schneckengehäuses zu gelangen. Immer halten die Vögel das Schneckengehäuse im Schnabel und zertrümmern es mit Schlägen gegen feste Gegenstände, meist Steine. Dabei werden in der Regel dieselben Steine genutzt, so dass sich rund um den Stein im Laufe der Zeit zahlreiche zertrümmerte Schneckengehäuse ansammeln. Diese Gehäuse sind nicht nur Abfallprodukt, sondern dienen den Drosseln zugleich als charakteristische Wiederfundmarkierungen. In einem Experiment wurden bei zwei von 15 benutzten Steinplätzen die Schalenreste entfernt, woraufhin diese beiden Plätze in der Folgezeit nicht mehr aufgesucht wurden (Richards (1977)).

Von vielen Drosselarten ist das Zertrümmern von Schneckengehäusen nachgewiesen, aber auch andere Vögel nutzen Steine als Amboss. Die folgende Liste nennt die bisher bekannten Vertreter:

- **Singdrossel** (*Turdus philomelos*)
- **Rotdrossel** (*Turdus iliacus*)
- **Misteldrossel** (*Turdus viscivors*)
- **Peliodrossel** (*Peliocichla pelios*)
- **Purpurpfeifdrossel** (*Myophonus coeruleus*)
- **Schwarzkehlchen** (*Saxicola torquata*)
- **Trauerschnäpper** (*Ficedula hypoleuca*)
- **Blauracke** (*Coracias garrulus*)
- **Lärmpitta** (*Pitta versicolor*)
- **Blauflügelpitta** (*Pitta moluccensis*)
- **Kappenpitta** (*Pitta sordida*)
- **Blauschwanzpitta** (*Eucichla guajana*)
- **Feuerliest** (*Entomothera coromanda*)
- **Zahnlaubenvogel** (*Ailuroedus denti-rostris*) (siehe Kapitel V.1.3 Balz, Abschnitt „Bemerkenswerte Balz“)
- **Delalande-Seidenkuckuck** (*Coua delalandei*), seit 1834 ausgestorbenen

Die bekannte und auch in Deutschland heimische **Amsel** (*Turdus merula*) beherrscht die

Amboss-Technik nicht. Sie kann jedoch häufiger dabei beobachtet werden, wie sie Singdrosseln und Rotdrosseln auflauert, um ihnen ihre gerade „zubereitete“ Schnecke zu entwenden (Morris (1954)).

Fegen und Parasiten-Schutz

Auch wenn **Amseln** (*Turdus merula*) die Amboss-Technik fehlt, gehören sie trotzdem zu den Werkzeugnutzern, wurde doch ein Individuum in Großbritannien dabei gesehen, wie es einen acht Zentimeter langen Zweig im Schnabel hielt und mit seiner Hilfe etwa 10 Quadratzentimeter Fläche von einer vier Zentimeter dicken Schneeschicht befreite, um an der so schneefrei gefegten Stelle nach Nahrung zu suchen.

Die **Wanderdrossel** (*Turdus migratorius*), ein von Nordamerika bis Guatemala heimischer Verwandter der Amsel, fegte auf analoge Weise Laub beiseite, um an darunter krabbelnde Ameisen zu gelangen. Viele Kleinvögel nutzen Ameisen, um mit ihrer Ameisensäure Milben und andere Ektoparasiten im Gefieder zu vertreiben und abzutöten. Dazu legen sie sich entweder auf Ameisenbauten, oder sie nehmen einzelne Ameisen in den Schnabel und stecken sie sich ins Gefieder. Die Ameisen verspritzen dann als vermeintliche Abwehrmaßnahme ihre Ameisensäure in das Federkleid.

Beute-Fallen-Lassen

Eine besonders häufig bei Möwen und Rabenvögeln anzutreffende Technik, um an das Innere von Schneckengehäusen, Muscheln und Eiern zu gelangen, ist es, die Beute mit in die Luft zu nehmen und aus großer Höhe auf den Felsboden oder generell harten Untergrund fallen zu lassen. Beim Aufprall zer springt das Gehäuse oder die Schale und die begehrte Nahrung liegt frei.

Für sehr viele Möwen- und Rabenarten liegen Berichte einer solchen Verhaltensweise vor, darunter beispielsweise von **Silbermöwen** (*Larus argentatus*), **Beringmöwen** (*Larus glaucescens*), **Sturmmöwen** (*Larus canus*), **Skuas** (*Stercorarius skua*), eine Raubmöwe, **Rabenkrähen** (*Corvus corone*), **Sundkrähen** (*Corvus caurinus*) und **Saatkrähen** (*Corvus frugilegus*), um nur einige zu nennen.

Zwei wesentlich größere Arten, die ebenfalls ihre Beute in große Höhen tragen, um sie dann fallen zu lassen, sind die mit 2,80 Metern Flügelspannweite beachtlichen **Bartgeier** (*Gypaetus barbatus*), die nur noch in den Pyrenäen, spanischen Hochgebirgsregionen, im südlichen Balkan, Kaukasus, Ost-, Südafrika und Nordindien vorkommen, und die mit etwa zwei Metern Flügelspannweite auch großen **Steinadler** (*Aquila chrysaetos*). Während Steinadler Landschildkröten auf den Felsböden fallen lassen, kommen beim Bartgeier neben der Schildkröten noch Knochen hinzu.

Aufstöbern und Aufspießen

Das Fehlen von Spechten auf dem Galapagos-Archipel führte bei der Neubesiedlung durch Finken zu dem Umstand, dass bis zu diesem Zeitpunkt die in Baumritzen und Baumlöchern sitzenden Larven und Insekten von keiner Art als Nahrungsressource erschlossen worden waren.

Auf das in den Baumrinden befindliche Nahrungsangebot konnten diese Finken so konkurrenzlos zugreifen.

Auch zahlreiche andere Nahrungsquellen waren noch ungenutzt. In einer beispielhaften adaptiven Radiation entstanden so über einen evolutiv relativ kurzen Zeitraum die mannigfachen Formen und Einnischungen der Darwinfinken, wie sie bereits in Kapitel IV.3 zu Artbegriff und Artentstehung im Abschnitt „Adaptive Radiation“ beschrieben wurden.

Die zu den Spechten vergleichbaren, ähnlichen Lebensbedingungen führten zur Entwicklung einiger konvergenter Anpassungen und Verhaltensweisen. So gleichen die Verhaltensweisen der **Galapagos-Spechtfinken** (*Cactospiza pallida*) in vielerlei Hinsicht jenen von Spechten (Eibl-Eibesfeldt (1963)), auch wenn die Finken längst nicht so spezielle morphologische Anpassungen an eine „specht-typische“ Lebensweise haben, wie beispielsweise eine lange Zunge, um an die verborgenen Insekten und Larven zu gelangen.

Galapagos-Spechtfinken können jedoch gleichermaßen geschickt wie Spechte an Baum-

stämmen und Ästen aufwärts klettern und mit ihrem Gehör Insekten und Larven lokalisieren, wenn sie den Kopf an morsche Stämme halten. Anders als Spechte können sie an den Stämmen sogar abwärts klettern.

Deutliches Handicap der Galapagos-Spechtfinken bei der Nahrungssuche ist jedoch der zu kurze Schnabel und die ebenfalls zu kurze Zunge. Ohne weitere Hilfsmittel können sie so nicht an besonders tief in Baumritzen und Bohrlöchern sitzende Larven und Insekten gelangen.

Durch eine bemerkenswerte Verhaltensweise sind sie jedoch in der Lage, diesen Mangel mehr als nur zu kompensieren.

Mit einem Stöckchen oder Kakteenstachel im Schnabel stochern sie in Vertiefungen und Ritzen von Bäumen nach Insekten und Larven. Ihre Beute stöbern sie entweder einfach auf, so dass sie sie direkt mit dem Schnabel fassen können, oder aber sie hebeln sie heraus oder spießen sie geschickt auf den Dorn auf.

Ob als Stocher-Werkzeug Stöckchen oder Kakteenstachel verwendet werden, hängt allein von der Vegetation ab.

Von Bäumen brechen sie kleine trockene Ästchen und von Feigenkakteen Stachel ab. Wenn sie geeignetes Material auf dem Boden finden, nehmen sie auch dieses. Ästchen oder Stachel müssen dabei eine bestimmte Länge haben. Zu kurze Stocher-Werkzeuge werfen sie weg und suchen sich neue. Sind die Ästchen oder Kakteenstachel zu lang, kürzen sie sie mit dem Schnabel entsprechend. Bei gegabelten Ästchen entfernen sie die störenden Seitentriebe. Bei der Auswahl und Bearbeitung ihres Werkzeugs haben sie konkrete Vorstellungen. Sie testen nicht die Eignung ihres Werkzeugs, um es dann gegebenenfalls anzupassen. Vielmehr wird es direkt „auf Maß“ hergestellt und dann mehrmals genutzt. ~~Spechtfinken~~ gehören damit nicht nur lediglich der Gruppe der Werkzeugnutzer unter den Vögeln an, sondern sind die einzigen Vögel, von denen eine Wiederverwendung und Herstellung von Werkzeug nach eigenen Vorstellungen bekannt ist.

Untersuchungen zur Entwicklung des Werkzeuggebrauchs lassen vermuten, dass das Bedürfnis zum Umgang mit länglichen Gegenständen zur Werkzeugnutzung angeboren ist, das eigentliche, zum Erfolg führende Verhalten jedoch in einer sensiblen Phase durch Nachahmung von Artgenossen erlernt wird.

Dementsprechend versuchen junge Spechtfinken zunächst noch, direkt mit dem Schnabel an die verborgenen Insekten zu gelangen, wobei sie aber schon zu diesem frühen Zeitpunkt längliche Gegenstände in den Schnabel nehmen. Erst nach einiger Zeit des Übens und Verbesserns beherrschen sie jedoch die Aufspieß-Technik.

Da **Opuntien-Grundfinken** (*Geospiza conirostris*), **Waldsängerfinken** (*Certhidea olivacea*) und **Mangrofefinken** (*Cactospiza heliobates*), die alle Kontakt zu Spechtfinken hatten, beobachtet werden konnten, die die Technik des Insekten-Spießens ebenso mehr oder weniger erfolgreich beherrschten, muss davon ausgegangen werden, dass das Imitationslernen dieser Werkzeugnutzung sogar über die eigene Artgrenze hinaus erfolgreich betrieben wird.

Bei folgenden weiteren Arten außerhalb der Finken-Gruppe ist das Aufspießen und Aufstöbern von Insekten mittels Ästchen ebenfalls zumindest in einem Fall berichtet worden:

- **Gambelmeise** (*Poecile gambeli*) - Beim Stochern im toten Holz mit einem Holzsplitter in Arizona gesichtet.
- **Blaumeise** (*Parus caeruleus*) - Bereits zwei Berichte des Aufstöberns mithilfe kurzer Stöckchen oder Kiefernnadeln.
- **Meisendickkopf** (*Falcunculus frontatus*) - Ist in einem vorliegenden Fall beim Inspizieren von Rindenfurchen mit kleinen Zweigen beobachtet worden.
- **Strichelkopfschnäpper** (*Bradornis microrhynchus*) - Es liegt ein Bericht vor, nachdem ein Individuum mit einem Grassalm nach Termiten stocherte.
- **Graubrust-Gudilang** (*Colluricincla harmonica*) - Aufstöbern eines Insektes mit einem im Schnabel gehaltenen Stöckchen aus einem Ziegelstein.
- **Spiegelkleiber** (*Neositta chrysoptera*) - Schilderung einer erfolgreichen Suche

nach Insekten in Astlöchern unter Zuhilfenahme eines Holzstücks.

- **Grünhäher** (*Cyanocorax yncas*) - Benutzt kleine Äste zum Stochern und als Hebel, um Rindenstücke zu entfernen.
- **Geradschnabelkrähe** (*Corvus moneduloides*) - Ein Nachweis, der das Stochern mit einem etwa 10 Zentimeter langem Ästchen beschreibt.
- **Marabu** (*Leptoptilos crumeniferus*) - Dieser Großstorch ist überwiegend Aasfresser, ist laut eines Berichts aus Zimbabwe jedoch auch beim Aufspüren von in Verstecken verborgenen Beutetieren gesehen worden. Als Stocherwerkzeug verwandte er etwa 50 Zentimeter lange Zweige (Marshall (1982)).

Ködern

Wie Angler nutzen auch **Grünreiher** (*Butorides virescens*) ihren Köder zum Anlocken von Fischen. Als Köder nehmen sie Brotstückchen, Pressfutter, Federn, Eintagsfliegen und wahrscheinlich noch zahlreiche andere Dinge. Sie konnten bereits mehrfach dabei beobachtet werden, wie sie einen Brotkrumen nicht selber fressen, sondern ins Wasser werfen und so Fische anlocken.

Sobald sich einer dem auf dem Wasser treibenden Brotstückchen genähert hat, packen sie mit dem Schnabel blitzschnell zu. Droht der Köder aus der unmittelbaren Reichweite abzudriften, nehmen sie ihn mit dem Schnabel und werfen ihn in unmittelbarer Nähe wieder ins Wasser. Wenn der Reiher einige Fische in Distanz bemerkt, wirft er das Brotstückchen sogar in Richtung der potentiellen Beute. Ein Bericht liegt vor, nachdem ein Grünreiher mit seinem Schnabel eine weiße Feder über die Wasseroberfläche zog und so Fische anlockte. Bei einem mit Pressfutter ködernden Grünreiher konnte der Fang von 24 Fischen in nur 25 Minuten gezählt werden.

Aufwendiger als bei der Köderung mit Brotkrumen und Pressfutter, die den Grünreihern zugeworfen wurden, gestaltet sich das Anlocken mit Eintagsfliegen. Diese müssen Grünreiher zunächst in der Luft fangen, um sie dann ins Wasser zu werfen.

Die Jagdstrategie des Ködern hat sich bewährt, da der Energiegewinn durch gefangene Fische wesentlich höher ist, als Brot oder Fliegen direkt zu fressen.

Das Ködern mit gleicher Technik ist auch von **Mangroveihern** (*Butorides striatus*), **Rallenreihern** (*Ardeola ralloides*) und **Schwarzmilanen** (*Milvus migrans*) durch direkte Beobachtungen belegt. Als Köder werden viele kleinere Gegenstände, wie Brot, Kuchen, Maiskörner, Insekten, Larven, Regenwürmern, Federn, Beeren, Blätter oder auch Plastikteile, verwendet.

In zwei Fällen wurden Mangroveiher gesichtet, die kleine Ästchen mit ihrem Schnabel auf eine Länge von etwa sechs bis sieben Zentimeter brachen, um diese anschließend als Köder zu verwenden. Grünreiherr müssen in ihrer Juvenilphase erst lernen, dass es lohnender ist, mit einem Insekt einen Fisch zu fangen, als das Insekt selbst zu verspeisen. Folglich ernähren sie sich zunächst hauptsächlich von Insekten und Regenwürmern und werden erst mit viel Übung und wachsender Erfahrung im Ködern erfolgreicher. So lernen sie durch Erfahrung, dass kleine Köder besser geeignet sind als große, tierische Köder besser als pflanzliche.

Die australischen **Schmuckspinte** (*Merops ornatus*) gehören der Familie der Bienenfresser an und ernähren sich, wie der Familienname bereits offenbart, hauptsächlich von Bienen und anderen Insekten. In den von ihnen bewohnten etwa einen Meter langen Erdnisthöhlen werden immer wieder helle Gegenstände, wie gebleichte Knochen- und helle Muschelreste, gefunden, die sie allen Anschein nach dort zum Anlocken von Schmeißfliegen deponieren.

Angeln

Köderten Grünreiherr, Mangroveiher, Schwarzmilane und Schmuckspinte selbst, so teilte der Schwede Lars Holmberg in einem Bericht mit, dass **Nebelkrähen** (*Corvus corone cornix*) und **Kolkkraben** (*Corvus corax*) das mühselige Ködern Menschen überlassen. Schon mehrfach konnten sie dabei beobachtet

werden, dass sie über Nacht ausgelegte Angelschnüre und Hechtgarne der Eisangler einziehen. Sie nehmen den Faden in den Schnabel und laufen dann über das Eis zurück. Wenn sie die Schnur neu mit dem Schnabel fassen müssen, halten sie sie mit dem Fuß fest. Gelegentlich beteiligen sich auch mehrere Individuen am Einholen einer Angelschnur. Anschließend fressen sie den am Haken hängenden Fisch, sofern einer angebissen hatten, oder zumindest den angebrachten Köder.

Feuer legen

Dass der **Schwarzmilan** (*Milvus migrans*) Fische und Flusskrebse mit Ködern anlockt, ist bereits erwähnt worden. Seiner weiteren, nur für die australische Population typischen Verhaltensweise, die aus dem Rahmen des bisher Beschriebenen völlig herausfällt, verdankt er unter den australischen Ureinwohnern, den Aborigines, den Namen Feuerfalke. Aborigines, aber auch Wissenschaftler berichten, Schwarzmilane würden nach Buschfeuern und von offenen Feuerstellen noch glimmende Äste in ihren Klauen forttragen. Über trockenen Grasflächen ließen sie diese fallen und entfachen auf diese Art dort ein Feuer. Oftmals auch in kleinen Gruppen warten die Schwarzmilane anschließend auf die zahlreich vor dem Feuer fliehenden Reptilien und Nagetiere, die ihnen als leichte Beute entgegenlaufen.

Anstreichen

Die bemerkenswerten Laubpflanzenkonstruktionen, die die Männchen der **Seidenlaubenvögel** (*Ptilonorhynchus violaceus*) zur Balz bauen, sind bereits im Kapitel V.1.3 zur Balz im Abschnitt „Bemerkenswerte Balz“ erwähnt worden. Ein naher Verwandter des Seidenlaubenvogels, der **Zahnlaubenvogel** (*Scenopeetes dentirostris*), ist als Amboss-Klopfer (siehe dieser Abschnitt in diesem Kapitel) bekannt. Auch bei Seidenlaubenvögeln kann ein Werkzeuggebrauch beobachtet werden.

Anders als bei allen bisher beschriebenen Werkzeug-Techniken, mit Ausnahme der Bombardements auf Eindringlinge handelt es sich hier jedoch nicht um eine Methode zur Nahrungsgewinnung.

Seidenlaubenvögel halten beim Bestreichen ihrer Balz-Laube mit aus Speichel und Pflanzenextrakten gebildeten Farbe meist in der Schnabelspitze Rindenfasern oder trockene Grashalme. Dies bedingt eine geringe Öffnung des Schnabels und verhindert jedoch zugleich, dass die im Schnabel gehaltene Farbe nach vorne ablaufen kann. Überschüssige Farbe wird daneben aufgesaugt (Marshall (1932, 1954, 1960)).

Auch andere Laubenvögel-Arten konnten schon bei der Anwendung dieser Technik beobachtet werden, so **Kragenlaubenvögel** (*Chlamydera maculata*), **Braunbach-Laubenvögel** (*Chlamydera cerviniventris*), **Graulaubenvögel** (*Chlamydera nuchalis*) und **Samtgoldvögel** (*Sericulus chrysocephalus*).

Trommeln

Eine weitere zur Balzzeit auftretende Verhaltensweise zeigt sich bei Männchen der **Arakakadus** (*Probosciger aterrimus*). Die auch Palmpapageien genannten Bewohner Australasiens (Aruinseln, Neuguinea, Queensland/Australien) locken potentiell paarungswillige Weibchen durch lautes Trommeln an. Dieses Geräusch erzeugen sie, indem sie sich zunächst in der Kronenschicht großer, toter Eukalyptusbäume einen Sitzplatz suchen und anschließend mit einem in den Krallen gehaltenen circa zwölf Zentimeter großen Holzstück gegen den Stamm schlagen. Aus dem sonst einheitlich gräulich-schwarzen Gefieder stechen besonders die bei Erregung tief rot gefärbten großen nackten Hautstellen zwischen Schnabel und Augen hervor. Verbunden mit den gleichzeitigen, akrobatisch anmuten-

den Turnübungen, der Haube lanzettförmiger Kopffedern und dem weit gespreizten Gefieder ist ihnen die Aufmerksamkeit der Weibchen sicher.

Nüsse und Früchte knacken

Nicht nur im Trommeln gebrauchen Arakakadus Werkzeuge, besonders harte Nüsse knacken sie, indem sie mit dem scharfen Unterschnabel ein kleines Loch in die Nuss sägen, nun ein Stück eines Pflanzenblattes unter den Oberschnabel legen und erst dann die glattschalige Nuss vollständig aufbrechen. Mit dem Blatt können sie die wirksame Reibung deutlich erhöhen. Ohne diese eindrucksvolle Methode wären sie kaum in der Lage, an das Innere der besonders beliebten und nahrhaften Kanariennuss zu gelangen.

Einige kalifornische **Amerikanische Krähen** (*Corvus brachyrhynchos*) haben sich dagegen darauf spezialisiert, Walnüsse und harte Früchte, wie die von der Washington-Palme, von Autos knacken zu lassen. Gezielt legen sie sie auf die Straße und warten darauf, dass sie von Autos zermalmt werden. Etliche **Rabenkrähen** (*Corvus corone corone*) der Shetland-Inseln lassen sich auf gleiche Weise große Meeresschnecken öffnen.

Bein schienen

Weder mit Nahrungsbeschaffung, noch mit der Balz steht dieses Verhalten in Zusammenhang, dass von australischen und europäischen Schnepfen und **Drosselstelzen** (*Grallina cyanoleuca*) berichtet wird. Sie sollen sich, so unglaublich es auch klingt, verletzte Beine mit Federn und Schlamm selbst schienen, so ein Bericht von Chisholm (1971). Der Wahrheitsgehalt dieses Berichtes ist jedoch leider nicht überprüfbar, da der Autor keine Originalzitate und Quellenverweise liefert.

VI ÖKOLOGIE

VI.1 HISTORIE DER ÖKOLOGIE ALS WISSENSCHAFT

Ökologie vor dem zweiten Weltkrieg

Teilbereiche der Ökologie werden schon seit langer Zeit behandelt. Auch wenn der Begriff der Ökologie (griech.: oikos = Haus(-halt),

logos = Lehre) erst von Ernst Haeckel (1834-1919) geprägt wurde, gab es selbst im antiken Griechenland bereits erste Ansätze für ökologisch orientierte Sichtweisen.

| | |
|-----------------|--|
| - | Empedokles - Erste Beschreibungen von Stoffkreisläufen und Organismen-Organisationsformen |
| 384-322 v. Chr. | Aristoteles - Klassifizierung von Organismen, Kontinuum zwischen unbelebten Dingen und belebten Tieren. Die Pflanzen nehmen eine Mittelstellung ein. |
| 371-286 v. Chr. | Theophrast - Leiter des ersten Botanischen Gartens, zwei überlieferte Schriften: "Die Naturgeschichte der Gewächse" (9 Bände) und "Über die Ursache des Pflanzenwuchses" (6 Bände) |
| 1516 - 1565 | Gesner - Analyse von Verwandtschaftsbeziehungen von Pflanzen und erste Gliederung der Vegetation in Höhenregionen |
| 1798 | Malthus - Mathematische Beschreibung des menschlichen Bevölkerungswachstums und der Ressourcenlimitierung |
| 1840 | von Liebig - Nachweis der Mineralstoffernährung und Bedeutung des Minimumfaktors |
| 1859 | Darwin - "The origin of species" und "The variation of animals and plants under domestication" (Grundlagen der Evolutionstheorie und der Populationsbiologie) |
| 1866 | Haeckel - Definition des Begriffs Ökologie |
| 1870 | Haeckel - Neufassung der Definition des Begriffs Ökologie |
| 1853 - 1901 | Bonnier - Versetzungsversuche mit Pflanzen. Von 200 ins Hochgebirge versetzten Pflanzenarten überlebten 80, die jedoch Zwergwuchs und Abnormitäten zeigten. |
| 1860er / 1870er | Kerner von Marilaun - Versetzungsversuche im Botanischen Garten Wien. Wichtige Erkenntnisse zur Vererbung |
| 1877 | Möbius - "Die Austern und die Austernwirtschaft" (Definition des Begriffs Biozönose) |
| 1887 | Forbes - "The lake as a microcosm" |
| 1908 | Dahl - Verwendung des Begriffs Biotop und Biozönose |
| 1913 | Gründung der British Ecological Society und der britischen Zeitschrift Journal of Ecology |
| 1914 / 1915 | Gründung der Ecological Society of America |
| 1920 | Gründung der amerikanischen Zeitschrift Ecology |
| 1935 | Tansley - "Ecosystem - not only the organism-complex, but also the whole complex of physical factors forming what we call environment" |

Tab. VI.1a Übersicht über die Historie der Ökologie bis zum zweiten Weltkrieg.

Dies begründet sich mit Sicherheit auch darin, dass die Ökologie wie kaum eine andere Teildisziplin der Biologie in ihrer vernetzenden Art in die übrigen Teilbereiche hinein reicht. Die Ökologie wird meist im Spannungsfeld von Genetik, Physiologie, Evolution und Verhalten gesehen, schließt aber eigentlich auch die übrigen Teilgebiete der Biologie mit ein. In der nur groben Übersicht (siehe Tabelle VI.1a) werden die wichtigsten Eckpfeiler der Geschichte der Ökologie von den Anfängen bis zum zweiten Weltkrieg dargestellt.

Ergänzungen zu Persönlichkeiten

(zur Tabelle VI.1a)

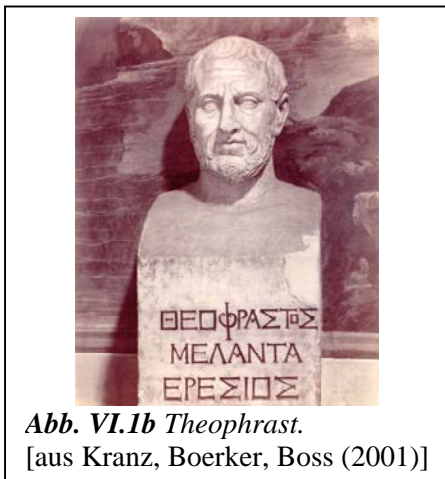


Abb. VI.1b Theophrast.
[aus Kranz, Boerker, Boss (2001)]

Empedokles

Empedokles lieferte die ersten Beschreibungen von Stoffkreisläufen. Er postulierte die vier ewigen und unveränderlichen Elemente Wasser, Feuer, Erde und Luft. Seiner Hypothese nach, erkläre sich die Entstehung und der Untergang der Körper nur durch wechselseitige Anziehung und Abstoßung derselben. Er vertrat die Ansicht, dass Pflanzen wie Tiere eine Seele hätten, die verlangen und sich betrüben könne, ja sogar Verstand und Vernunft zeige. Die Richtung der Zweige und Blätter gegen die Sonne und die Wiederherstellung dieser Richtung, wenn sie niedergebeugt werden, schien die beseelte Natur zu bestätigen. Auch meinte er, Pflanzen seien früher entstanden als Tiere. Schließlich gäbe es keine Einheit in ihrem Organismus, sondern jeder Teil lebe für sich (Sengbusch (2001)).

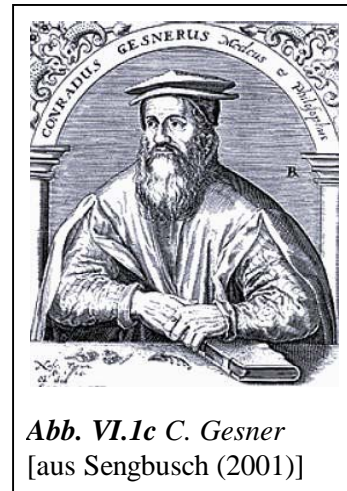


Abb. VI.1c C. Gesner
[aus Sengbusch (2001)]

Gesner

Auf dem Pilatus bei Luzern am Vierwaldstätter See (Schweiz), auf dessen Gipfel heute die steilste Zahnradbahn der Welt führt, entwarf C. Gesner als erster die Gliederung der Vegetation in Höhenregionen. Er teilte die Höhenstufen in

- eine Region des dauernden Winters
- eine Region des Frühlings, in der mitten im Sommer Pflanzen blühen, die in der Ebene sonst schon im Frühling blühen, wie Veilchen, Huflattich und Pestwurz
- eine Region des Sommers. Hiermit meinte er Täler und Ebenen
- eine Region des Herbstes. Hier kommen einige Bäume, besonders Kirschen, zur Fruchtreife. In dieser Region existieren alle Jahreszeiten ausgeprägt.

Kerner von Marilaun

Anton Kerner, Ritter von Marilaun, wurde am 12. 11. 1831 in Mautern (Niederösterreich) geboren.

Als Botaniker ist er der Gründer der Disziplin „Alpine Pflanzengeographie“ und einer der Mitbegründer der Pflanzengesellschaftslehre. Als Universitätsprofessor in Innsbruck schuf er die Lehrkanzel für Botanik. Auch in Wien war er als Professor tätig, wo er am 22.06.1898 verstarb. Bedeutende Werke sind „Das Pflanzenleben der Donauländer“, erschienen 1863 und das „Pflanzenleben“ in zwei Bänden, erschienen 1888 und 1891.

Seine berühmten Versetzungsversuche im Botanischen Garten Wien und im Hochgebirge ließen ihn wesentliche Erkenntnisse zur Vererbung gewinnen. Sein Resümee aus diesen Experimenten war, dass die durch den Wechsel des Bodens und Klimas bewirkten Veränderungen der Gestalt und Farbe sich nicht in der Nachkommenschaft erhalten und die Merkmale, welche als Ausdruck dieser Veränderungen in Erscheinung treten, nicht beständig sind.



Abb. VI.1e Anton Kerner Ritter von Marilaun, Lithographie von R. Fenzl, 1895. [aus Bildarchiv der Österreichischen Nationalbibliothek (2002)]

Haeckel

Ernst Haeckel, geboren 1834 in Potsdam und gestorben 1919 in Jena, promovierte in Würzburg in Medizin über den Flußkrebs. Zunächst als Arzt tätig, wechselte er später zur Biologie und war Professor der Zoologie von 1860 bis zu seinem Tode in Jena. Er griff nicht nur die Darwin'schen Theorien auf, sondern bestimmte die Definition der Ökologie. Somit kann er als der Begründer der Ökologie als systematisches, wissenschaftliches Teilgebiet der Biologie angesehen werden. Er schrieb ein Buch über die Abstammung des Menschen von Tieren (Evolutionsbetrachtungen) und gründete das Phyletische Museum (Entwicklungsmuseum). Weltberühmt geworden ist das mit seinen Zeichnungen erschienene Buch „Kunstformen des Natur 1899-1904“.

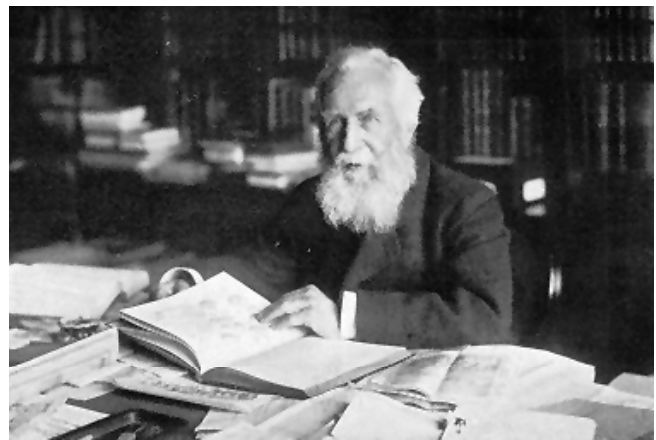


Abb. VI.1f Ernst Haeckel. [aus Breidbach (2002)]

Eine Online-Version inklusive der Farbtafeln ist im Internet abrufbar unter:

*<http://www.zum.de/stueber/haeckel/kunstformen/natur.html>
Ernst Haeckels Wanderbilder, erste und zweite Serie: Die Naturwunder der Tropenwelt, Ceylon und Insulinde im Internet unter:
<http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/haeckel/wanderbilder/index.html>*

In der Fassung von 1866 lautet die Definition der Ökologie wie folgt: „Unter Oecologie verstehen wir die gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt, wohin wir in weiterem Sinne alle Existenzbedingungen rechnen können.“ (Haeckel: Generelle Morphologie der Organismen)

1870 erläutert er in seinem Werk „Über Entwicklungsgang und Aufgabe der Zoologie“ den Begriff „Ökologie“ mit folgenden treffenden Worten: „Unter Oecologie verstehen wir die Lehre von der Oeonomie, von dem Haushalt der thierischen Organismen. Diese hat die gesammten Beziehungen des Thieres sowohl zu seiner anorganischen als auch zu seiner organischen Umgebung zu untersuchen, vor allem die freundlichen und feindlichen Beziehungen zu denjenigen Thieren und Pflanzen, mit denen es in directe oder indirecte Berührung kommt; oder mit einem Wort alle diejenigen verwickelten Wechselbeziehungen, welche Darwin die Bedingungen des Kampfes um's Dasein bezeichnet.“

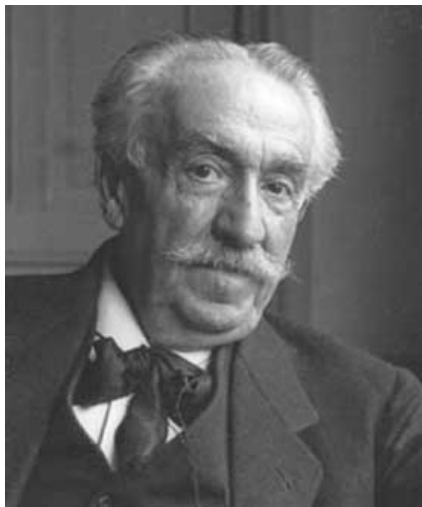


Abb. VI.1d Gaston Bonnier
[aus Bory (2001)]

Entwicklung der Ökologie nach dem zweiten Weltkrieg

Die weitere Entwicklung der Ökologie als Forschungsgebiet nach 1945 ist gekennzeichnet von immer tiefer gehenden, detaillierteren Frage- und Problemstellungen in einzelnen Teilgebieten der Ökologie. Damit ist die Schaffung immer neuer Fachbegriffe verbunden, die der Spezialisierung Rechnung tragen. So beschreibt V. N. Sukacev 1947 in den „Grundlagen der Theorie der Biogeozönologie“ den Abschnitt der Erdoberfläche, in dem die Biozönose und entsprechende Teile der Atmosphäre, Lithosphäre und Hydrosphäre eine einheitliche Gestaltung und gleichförmige Wechselwirkungen aufweisen, als die sogenannte Biogeozönose. 1953 erscheint das Buch „Fundamentals of Ecology“ von E.P. Odum. Die Kernaussage über das Ökosystem ist: „The ecosystem is the basic functional unit in ecology, since it includes both organisms (biotic communities) and abiotic environment, each influencing the properties of the other and both necessary for maintenance of life as we have it on the earth.... From the functional standpoint an ecosystem may be conveniently analyzed in terms of the following: (1) energy circuits, (2) food chains, (3) diversity patterns in time and space, (4) nutrient (biogeochemical) cycles, (5) development and evolution, and (6) control (cybernetics).“ Hutchinson erläutert 1957 seine Nischendefinition.

Schließlich wird (erst) 1970 im deutschsprachigen Raum die „Gesellschaft für Ökologie“ (GfÖ) gegründet.

Heute zählt die Gesellschaft für Ökologie bereits fast 2000 Mitglieder. Sie treffen sich jährlich einmal zu einer einwöchigen Tagung mit Vorträgen, Ausstellungen und Exkursionen zu wechselnden ökologischen Themenkreisen, für die auch eigene Arbeitskreise eingerichtet werden. Weiterhin steht sie mit Bildungseinrichtungen (Schulen, Hochschulen und Universitäten) in Kontakt und wirkt auf eine Berücksichtigung ökologischer Belange bei allen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Aktivitäten, die Raum und Umwelt beeinflussen, hin.

Aus der Satzung werden die Ziele der GfÖ deutlich (Auszugsweise §2):

§ 2 Zwecke und Tätigkeiten

1. Die Gesellschaft verfolgt als internationale deutschsprachige Vereinigung ausschließlich und unmittelbar den gemeinnützigen Zweck, die Zusammenarbeit aller ökologisch arbeitenden Disziplinen zu fördern und die Ökologie in der Öffentlichkeit zu vertreten.

2. Die Gesellschaft setzt sich dafür ein,

- a) die Umwelt und die Umweltbeziehungen von Organismen, einschließlich des Menschen, zu erforschen,
- b) die ökologische Ausbildung in den Schulen, Hochschulen und Universitäten zu fördern,
- c) die Belange der Ökologie in der Öffentlichkeit und vor den Behörden zu vertreten sowie die Anwendung ökologischer Kenntnisse und Methoden in der Praxis zu fördern mit dem Ziel, umweltfreundliche Verhaltensweisen und eine umweltgerechte Planung und Raumordnung herbeizuführen.

(Auszug aus der Satzung der GfÖ)

Erwähnenswert ist auch das Solling-Projekt (IBP) – „Ökosystemforschung“ unter H. Ellenberg 1966/73. G. Schaefer (1974) sieht in der Ökologie die Wissenschaft von Ökosystemen, das heißt von biotischen und abiotischen (Groß-)systemen, die sich selbst erhalten. Larcher greift 1976 nochmals den Begriff

„Ökologie“ auf und erläutert seine Sichtweise in einer Definition. Die Bedeutung der Ökologie nicht nur als Fachgebiet der Biologie, sondern auch als Thema der Bevölkerung wächst seit den 1960er Jahren. Seitdem werden Problemfelder angesprochen, denen bis dato keine Aufmerksamkeit geschenkt wurde, für die keine Sensibilisierung gegeben war. Davon zeugen zahlreiche Bücher, wie „Der stumme Frühling“ von Rachel Carson über den Einsatz von Pestiziden und die Auswirkungen auf die Lebenswelt und die Menschen, „Die Grenzen des Wachstums“ von Dennis Meadows, dem Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit, oder „Ein Planet wird geplündert“ von Dr. Herbert Gruhl, einem ehemaligen Mitglied der CDU, später erster bundesweiter Spitzenkandidat der Grünen zusammen mit Petra Kelly. Herbert Gruhl (1921-1993) trennte sich nach dem Linksdrift der Grünen von der Partei und gründete die Ökologisch-Demokratische Partei (ÖDP), aus der er nach Querelen 1990 austrat. Er gründete danach mit anderen Umweltschützern die überparteiliche Gruppierung der „Unabhängigen Ökologen Deutschlands“.

Weitere Ereignisse waren 1989 die Gründung mehrerer Ökosystemforschungszentren in Kiel, Göttingen, Halle/Leipzig, Bayreuth und München. 1992 erschien der Ökologie-Band der Wörterbücher der Biologie von M. Schae-

fer, der die Ökologie als „Wissenschaft von den Beziehungen der Organismen untereinander und mit ihrer Umwelt“ auffasst. Schließlich lieferte Etter 1994 eine neuformulierte Definition der ökologische Nische.

Das zoologische Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig leistet mit seiner neuen Ausstellungskonzeption „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“, deren erste Teilausstellung im Oktober 2003 eröffnet wurde, einen wichtigen Beitrag zur Bewusstwerdung der ökologischen Fragestellungen unserer und kommender Generationen.

Als Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottlieb Wilhelm Leibniz (WGL) bildet das Museum Koenig mit 19 weiteren Einrichtungen innerhalb der WGL die Sektion „Lebenswissenschaften“.

Fünf dieser Institute (Deutsches Primatenzentrum in Göttingen, Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen in Braunschweig, Institut für Zoo- und Wildtierforschung im Forschungsverbund in Berlin, Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt und das Zoologische Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig in Bonn) haben sich im Rahmen eines Kooperationsvertrages zum Kompetenzfeld „Biodiversität“ zusammengeschlossen.

VI.2 GRUNDLAGEN

Ökologie

Ernst Haeckel sah in der Ökologie die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt. Diese erste, bis heute gültige Sichtweise der Ökologie als Wissenschaft, spiegelt sich auch noch in Larchers (1976) Sichtweise der Ökologie wider, indem er Ökologie als „die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen und -wirkungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt, vom Stoffhaushalt und den Energieflüssen, die das Leben auf der Erde möglich machen, und von den Anpassungen der Organismen an die Lebensbedingungen“

beschreibt. Krebs modulierte 1994 die Definition der Ökologie auf das „wissenschaftliche Studium der Interaktionen, die die Verteilung und Häufigkeit der Organismen bestimmen.“ Dies entspricht im Wesentlichen der Sichtweise Andrewarthas von 1961.

Die Begriffe „Ökologie“, „Umweltschutz“ und „Naturschutz“ dürfen nicht synonym verwendet werden. Auch wenn im allgemeinen, umgangssprachlichen Sprachgebrauch kaum unterschieden wird, bedeuten die drei Begriffe doch nicht das Gleiche.

Umweltschutz

Als Umweltschutz wird nach der WHO-Definition von W. Engelhardt (1977) die Gesamtheit der Maßnahmen bezeichnet, die notwendig sind, um dem Menschen eine natürliche Umwelt zu sichern, wie er sie für seine Gesundheit und für ein menschenwürdiges Dasein braucht, um Boden, Luft, Wasser, Pflanzen und Tierwelt vor nachteiligen Wirkungen menschlicher Eingriffe zu schützen und um Schäden oder Nachteile aus menschlichen Eingriffen zu beseitigen.

Naturschutz

Naturschutz ist nach M. Schaefer (1992) die Gesamtheit der Maßnahmen zum Schutz wertvoller, schützenswerter Gebiete mit natürlicher oder naturnaher Flora und Fauna (Naturschutzgebiete, Reservate) oder auch schöner, für die Erholung bedeutsamer Landschaftsteile (Landschaftsschutzgebiete) sowie zum Schutz von Naturdenkmälern und seltenen Pflanzen- und Tierarten.

Teilgebiete der Ökologie

Wird als Ökosystemforschung die Untersuchung von Ökosystemen verstanden, so wird die Ökologie selbst üblicherweise in drei Teilgebiete untergliedert, die Autökologie, Demökologie und Synökologie. Die Zuordnung einzelner ökologischer Themen, Grundregeln und Begriffe in diese drei Teilgebiete ist nur mit Kompromissen möglich, da gerade die Komplexität, Vernetzung und gegenseitige Beeinflussung verschiedenster Faktoren, verbunden mit der Passung eines Begriffes gleichzeitig in mehrere Teilgebiete, ein Kennzeichen der Ökologie ist. So lässt sich beispielsweise der wichtige Begriff der ökologischen Nische in der Literatur unter allen drei Teilgebieten abhängig vom Autor wiederfinden. Die Problematik, die das Streben nach einer übersichtlichen Ordnung der Ökologie

mit sich bringt, ist Segen und Fluch zugleich. In ihr begründet sich das Spannende und Interessante dieser biologischen Teildisziplin.

Die hier verwendete Einteilung orientiert sich im Wesentlichen an die von Leuschner und Schaefer (2003). Der Begriff der ökologischen Nische wurde jedoch abweichend in Anlehnung an Kneitz (1997/98, 1998/99) in das Kapitel Autökologie übernommen.

Autökologie

Unter Autökologie wird die Wissenschaft von den Wechselwirkungen zwischen Individuen und ihrer biotischen und abiotischen Umwelt verstanden. Sie beschreibt die Ökologie des Einzelorganismus beziehungsweise der Art und wird daher auch als physiologische Ökologie bezeichnet.

Demökologie

Die Demökologie ist die Wissenschaft von den Wechselwirkungen der Individuen innerhalb einer Population sowie zwischen dieser und ihrer Umwelt (Populationsökologie), darunter fallen beispielsweise das Vorhandensein oder Fehlen bestimmter Arten, deren Häufigkeit oder Seltenheit, Trends und Schwankungen ihrer Anzahl.

Synökologie

Als Synökologie wird die Wissenschaft von den Wechselwirkungen zwischen den in einer Biozönose zusammenlebenden Arten untereinander und mit ihrer Umwelt bezeichnet. Dabei ist der „Wohnort“ der Artengemeinschaften ein bestimmter Lebensraum (Biotop, Habitat, Standort). Einfach ausgedrückt ist sie die Ökologie der Lebensgemeinschaft (Biozönose). Thematische Inhalte sind unter anderem Zusammensetzung, Struktur, Durchsatz von Energie, Nährstoffe und Beziehungen von Lebensgemeinschaften zu ihrer Umwelt.

VI.3 AUTÖKOLOGIE

VI.3.1 GESETZMÄSSIGKEITEN UND REGELN

Minimumgesetz

Sogenannte limitierende Faktoren bestimmen das positive Gedeihen von Organismen. Nach Justus von Liebig's Gesetz des Minimums oder Pessimums, das er im Jahre 1840 im Zusammenhang mit der Düngung von Pflanzen erkannte, ist „die relative Wirkung eines Faktors um so größer, je mehr sich dieser den anderen Faktoren gegenüber im Minimum befindet.“ Einfach ausgedrückt: Derjenige Faktor, der sich im Minimum befindet, entscheidet über die Lebensmöglichkeiten eines Individuums. Shelford hat dieses Gesetz richtigerweise so erweitert, dass er nicht nur einem Zuwenig, sondern auch einem Zuviel eines Faktors eine entscheidende Wirkung zuschreibt. Thienmann formuliert schließlich das „Wirkungsgesetz der Umweltfaktoren“: Die Zusammensetzung einer Lebensgemeinschaft nach Art und Zahl wird durch denjenigen Umweltfaktor bestimmt, der sich am meisten dem Pessimum nähert.

RGT-Regel

Die Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel (RGT-Regel) besagt, dass der Umsatz biochemischer Stoffwechselprozesse pro Zeiteinheit im Bereich des Temperaturoptimums der jeweiligen Art bei einer Temperaturerhöhung von 10° Celsius doppelt bis dreimal so ist. Zu Ehren von Jacobus Henricus van't Hoff (siehe das Kurz-Info hierzu), der diese Regel aufstellte, wird sie auch als van't Hoff'sche Regel bezeichnet.

Da Vögel endotherme, homoiotherme Organismen sind, sind sie von der Umgebungstemperatur jedoch weitgehend unabhängig. Die notwendige Wärmeproduktion erfolgt im Vogelorganismus selbst. Die RGT-Regel ist daher für Vögel nicht maßgeblich.

Bergmannsche Regel

Diese Regel, die nur für die Mammalia und Aves aufgrund ihrer Homoiothermie gilt, besagt, dass innerhalb eines Verwandtschaftskreises die größeren Arten beziehungsweise Rassen einer Art meist in den kälteren Regio-

nen, nicht in den wärmeren zu finden sind, da ein größerer Körper ein günstigeres Körpervolumen im Vergleich zur Körperoberfläche bedingt, was ein niedrigeres Auskühlpotential dieser im Vergleich zu kleinen Körpern zur Folge hat (Nähere Erläuterungen: siehe das Kurz-Info zur mathematischen Potenz). Ein beliebtes Beispiel dieser Regel ist die Gegenüberstellung des in Äquatornähe lebenden **Galapagospinguins** (*Spheniscus mendiculus*) (Galapagos-Inseln, Körpergröße ca. 50 cm, ca. 2 kg) mit dem weiter südlich lebenden **Humboldtpinguin** (*Spheniscus humboldti*) (Westküste Südamerikas, Körpergröße ca. 65 cm), dem **Magellanpinguin** (*Spheniscus magellanicus*) (Südspitze Südamerikas, Körpergröße ca. 75 cm, 5 kg) und schließlich dem **Kaiserpinguin** (*Aptenodytes forsteri*) (Antarktis, Körpergröße ca. 125 cm, 30 kg). Die 17 Arten in 6 Gattungen umfassende Familie der Pinguine (Spheniscidae) ist nur auf der Südhalbkugel heimisch.

KURZ-INFO

Jacobus Henricus van't Hoff (30.08.1852 - 01.03.1911)

Der niederländische Chemiker und Nobelpreisträger war einer der ersten Forscher auf dem Gebiet der physikalischen Chemie und ist mit seiner Lehre vom asymmetrischen Kohlenstoffatom Mitbegründer der sogenannten Stereochemie. 1901 erhielt er für die Entdeckung des osmotischen Druckes bei verdünnten Lösungen den ersten Nobelpreis für Chemie („van't Hoff'sches Gesetz“).

KURZ-INFO

Die mathematische Potenz bei Volumen- und Oberflächen-Formel

Das Volumen wächst mit dritter Potenz, die Oberfläche dagegen nur mit quadratischer Potenz. Ein Beispiel wird im Kapitel zur Temperatur als abiotischem Faktor ausführlich diskutiert.

Alle vorkommenden Arten lassen sich im Wesentlichen nach der Bergmannschen Regel sortieren, so dass sich eine Korrelation zwischen Außentemperatur (Breitengrad) und Körpergröße ausmachen lässt. Eine Ausnahme stellt hierbei jedoch der Gelbaugenpinguin von Neuseeland dar, der nach der Regel vergleichsweise zu groß scheint.

Allensche Regel

Exponierte Körperpartien wie Ohren, Extremitäten, Schnauze oder Schwanz sind bei Tieren der kälteren Regionen, beispielsweise die Polarregionen, relativ kurz und in Fell oder Gefieder gehüllt, um den Wärmeverlust möglichst gering zu halten. In wärmeren Regionen sind die Körperanhänge dagegen oft weit ausladend. Auch diese Regel gilt – neben der Bergmannschen Regel – nicht für poikilotherme Arten, wie beispielsweise Amphibien, Reptilien oder Insekten.

VI.3.2 ABIOTIK

Einführung

Die Abiotik beschreibt die Einflüsse unbelebter Faktoren, wie Klima (mit Strahlung, Lufttemperatur, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Nebel, Wind, Gewitter usw.), Relief (Hangrichtung und -neigung, Lage zur Umgebung), Boden (Körnung, Struktur, Feuchtigkeit, chemische Zusammensetzung, Humus, geologisches Ausgangsmaterial), Licht (als Energiequelle und Reiz), Wärme (als Energiequelle für Prozesse), Wasser (Wassergehalt der Luft, des Substrats etc.), chemische Faktoren (Nährstoffe, Spurenelemente, Kohlendioxid- und Sauerstoffkonzentration, Gift und Schadstoffe, pH-Wert) und mechanische Faktoren (Wind, Raumeinengung, Schneelast etc.), auf Organismen. Nicht alle hier aufgezählten Faktoren sind unbedingt für eine bestimmte Organismenart bedeutsam. Die abiotischen Faktoren einer Art sind vielmehr nur diejenigen physikalischen und chemischen Komponenten, die für das Leben eben dieser Organismenart relevant sind. Mit dem Themenkomplex der Abiotik beschäftigt sich jedoch nicht nur die Ökologie. Auch die Physiologie hat hier einen Schwerpunkt ihrer Forschung.

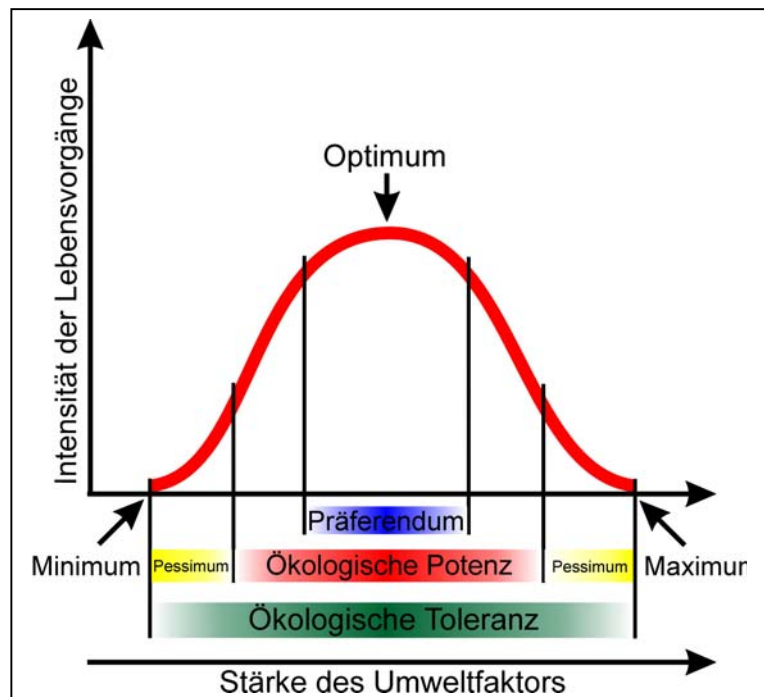


Abb. VI.3.2a Allgemeine Toleranzkurve.

Ökologische Toleranz: Bereich, in dem ein Überleben des Organismus möglich ist.

Ökologische Potenz: Reaktionsbreite einer Art in Bezug auf einen bestimmten Umweltfaktor. In diesem Bereich ist der Art eine Fortpflanzung möglich.

Präferendum: In diesem Bereich gedeiht die Art am besten.

Pessimum: Dies kennzeichnet den Bereich, in dem ein Individuum gerade noch existieren kann.

Minimum/Maximum: Grenzpunkte der Überlebensfähigkeit.

[nach mehreren Quellen]

Die thematische Übereinstimmung bei der Untersuchung abiotischer Umweltfaktoren führte zu Anfang des 20. Jahrhunderts zeitweise zur vollständigen Kongruenz zwischen Ökologie und Physiologie. Der entscheidende Unterschied lag und liegt jedoch darin, dass die physiologische Arbeitsweise Experimente unter streng kontrollierten Außenbedingungen im Labor vorsieht, die in der Regel nur eine einzelne Lebensfunktion erfassen. Der Ökologe dagegen muss in die Interpretation seiner Untersuchungen, die nicht selten im Freiland erfolgen, die Ganzheit des Organismus mit einbeziehen und die vielfältigen Einflussmöglichkeiten auch anderer Faktoren, die ein sich gegenseitig beeinflussendes, mehrdimensionales Faktoren-Gefüge bilden (siehe Kapitel VI.3.4 Ökologische Nische), beachten.

Abiotische Faktoren der Vögel sind beispielsweise Lichtbedingungen, der Salzgehalt des aufgenommenen Wassers - Salz muss über die Salzdrüsen (siehe Kapitel II.1.6.3) abgegeben werden - und herrschende Außentemperaturen.

So steuert der Tag-Nacht-Wechsel den circadianen Lebensrhythmus und die Tageslichtlänge in Verrechnung mit einem endogenen Rhythmus die Zugsruhe bei wandernden Vogelarten.

Exemplarisch wird hier auf den abiotischen Faktor Temperatur detaillierter eingegangen und einzelne Komponenten aus dem Themenkomplex näher beschrieben.

Toleranzbereiche

Organismen können - bezogen auf einen Umweltfaktor - nur innerhalb eines bestimmten Toleranzbereiches überleben. Typischerweise lässt sich für jeden Umweltfaktor eine Grafik darstellen, die die Intensität der Lebensvorgänge mit der Stärke des jeweiligen Umweltfaktors in Beziehung setzt (siehe Abbildung VI.3.2a). Der hier wiedergegebene Kurvenverlauf ist stark generalisiert und ist in dieser Form nicht nur bei Homoiothermen, sondern in besonderem Maße bei Poikilothermen (Aktivität in Abhängigkeit zum abiotischen Faktor Umgebungstemperatur) ausgeprägt.

Ein spezielles Beispiel einer Toleranzkurve ist im Abschnitt über die Temperatur als abiotischem Faktor gegeben.

Die Toleranzbereiche können innerhalb gewisser Grenzen aufgrund der genetischen Variation innerhalb einer Art bei den Individuen variieren. Einige Arten sind sogar in der Lage, in gewissen Grenzen die Grenzbereiche einiger Umweltfaktoren zu verschieben. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn sich Bergsteiger über längere Zeit in großen Höhen an die dünnere Luft gewöhnen, in dem durch Bildung von mehr Erythrocyten und Steigerung der Hämoglobinsynthese eine Anpassung erfolgt, die als Akklimation bezeichnet wird. So „ist die Körpertemperatur vieler Arten in gewissem Umfang auch abhängig von der Umgebungstemperatur, dem Ernährungszustand oder der Aktivität“ (Bairlein (1996)). Akklimationen sind nicht ein alleiniges Merkmal der Homoiothermen, sondern sind auch bei Poikilothermen feststellbar, wie beispielsweise die Akklimation der Sauerstoffrate in Abhängigkeit von der Außentemperatur von **Leopardfröschen** (*Rana pipiens*) (Rieck et al. (1960)).

Umgebungstemperatur als abiotischer Faktor und Körpertemperatur des Vogels

Homoiothermie

Als endotherme, homoiotherme Organismen haben Vögel eine relativ konstante, von der Umgebungstemperatur unabhängige Körpertemperatur, wie dies neben den Vögeln nur noch bei den Mammalia der Fall ist. Die hohen Stoffwechselumsätze, die durch schnelle Bewegungen und das hohe Reaktionsvermögen bedingt sind, begründen die mit 38 bis 42 Grad Celsius etwas höher als bei den Säugetieren liegenden Körperkerntemperaturen (Bairlein (1996)). In diese Argumentation fügt sich ein, dass flugunfähige Vögel, wie Strauß und Kiwi, durchschnittlich niedrigere Körpertemperaturen haben.

Da die mittlere Körpertemperatur bei Vögeln höher als bei Säugetieren ist, sind Vögel in heißer Umgebung äußeren Wärmebelastungen, d.h. die Lufttemperatur ist höher als die Körpertemperatur, wesentlich kürzer ausgesetzt (Serventy, in Farner, King (1993)).

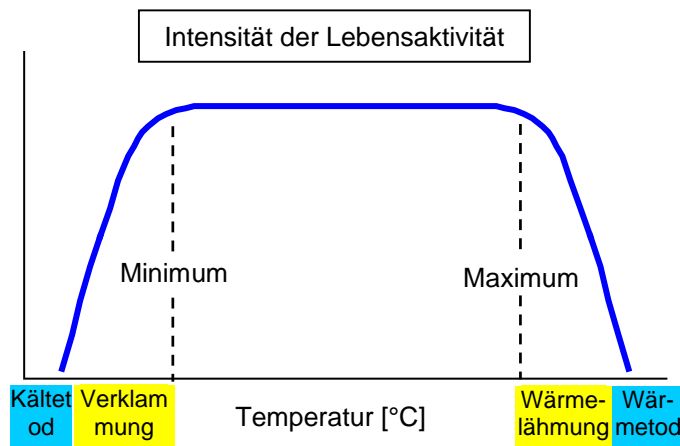


Abb. VI.3.2b Abhängigkeit der Intensität der Lebensaktivitäten bei homoiothermen Tieren, wie beispielsweise Vögeln. [nach Löhrl (1998)]

Die Homoiothermie verleiht Vögeln eine relative Unabhängigkeit von den in der Umgebung herrschenden Temperaturen.

Somit ist ihnen auch die Besiedlung von Lebensräumen möglich, die für Poikilotherme, bezogen auf die Außentemperatur, keine Überlebensbedingungen bieten. Die Lebensaktivitäten sind, anders als bei den poikilothermen Organismen, auch nahezu über das ganze Jahr (Jahreszeiten) in gleicher Intensität möglich. Die im vorigen Abschnitt („Toleranzbereiche“) vorgestellte allgemeine Toleranzkurve ist daher entsprechend abgeflacht ohne ausgeprägten oberen Extremwert (Optimum-Maximalwert) (siehe Abbildung VI.3.2b).

Ist die Temperaturspanne zwischen unteren und oberen Temperaturgrenze groß, spricht man von einer eurythermen Art, ist sie dagegen klein, wird sie als stenotherme Art bezeichnet.

Verhalten und Anpassungen

Vögel bedienen sich artabhängig verschiedener Mechanismen, um bestimmte Umgebungstemperaturen im eigenen Lebensraum zu überstehen oder ihnen auszuweichen. Der bereits im Kapitel III beschriebene Vogelzug, wie der der heimischen Zugvögel **Star** (*Sturnus vulgaris*), **Grünfink** (*Carduelis chloris*), **Kuckuck** (*Cuculus canorus*) oder **Schwarz-** (*Ciconia nigra*) und **Weißstorch** (*Ciconia ciconia*), ist eine der eindrucksvollsten Möglichkeiten, die Vögel nutzen, um zu niedrige

Außentemperaturen mit allen damit zusammenhängenden Faktoren, wie beispielsweise die Nahrungsverfügbarkeit, zu vermeiden.

Blaumeisen (*Parus caeruleus*), **Kohlmeisen** (*Parus major*), **Buntspechte** (*Picoides major*) und **Rabenkrähen** (*Corvus corone*) überstehen den Winter aber auch ohne Zug im selben Lebensraum, indem sie sich als Kälteschutz eine dicke Speckschicht anfressen und ein dichtes Wintergefieder zulegen.

Von Kolibris sind Starrezustände bei sehr niedrigen Außentemperaturen bekannt, die sogenannte Torpedität (siehe hierzu auch das Kurz-Info zu Kolibris im Kapitel II.1.3.3). Experimentell konnten Kolibris durch Hunger- und Kälteeinwirkung in einen tiefen Lethargiezustand versetzt werden, aus dem sie erst, abhängig von der Tiefe des Zustands, nach 15 bis 30 Minuten erwachten. Sogar die Torpidität während des nächtlichen Ruheschlafs konnte nachgewiesen werden. Selbst bei völliger Erstarrung nehmen sie keinen Schaden.

Bei Schwalben, **Mauerseglern** (*Apus apus*) und **Alpenseglern** (*Apus melba*) sind lethargie-ähnliche Zustände beobachtet worden. Zusammengekauert können sie so selbst mehrere Tage ohne Nahrungsaufnahme bei sehr niedrigen Außentemperaturen überstehen. Bei Untersuchungen an Mauerseglern ist hierbei eine deutliche Hypothermie verbunden mit einer Stoffwechselverminderung registriert worden.

Auch wenn diese Zustände nicht mit einem echten Winterschlaf verwechselt werden dürfen, lässt sich dennoch feststellen, dass gerade Vogelarten, die sich weitgehend als Insectivore ernähren, über Anpassungsmöglichkeiten verfügen, die es ihnen erlauben, durch kurzfristige Einschränkung des Stoffwechsels, kurzzeitige Notsituationen und niedrige Temperaturen zu überdauern. Die oftmals anzu-führende Kopplung von Nahrungsmangel an niedrige Außentemperaturen beruht in der dann nur noch geringen Verfügbarkeit an (poikolothermen) Insekten.

Besondere Ausprägung zeigt die Lethargieperiode der im Südwesten Nordamerikas heimischen **Winternachtschwalbe** (*Phalaenoptilus nuttallii*) (siehe Abbildung II.6.2.6b im Kapitel II.6.2.6). In ihrem etwa 85 Tage andauernden Lethargiezustand während des Winters fällt die normale Körpertemperatur von 38° Celsius auf nahezu die Außentemperatur. Gemessen wurden Körpertemperaturen bis zum Minimum von 10° Celsius.

Auch bei anderen Vogelarten, wie den **europäischen Ziegenmelkern** (*Caprimulgus europaeus*) sind derartige Starrezustände zu beobachten. Der Biologie Peiponen unterscheidet bei ihnen zwischen einer leichten und einer tiefen Kältestarre.

Über besondere Anpassungen und Verhaltensweisen verfügen Pinguine der Antarktis, wie der **Kaiserpinguin** (*Aptenodytes forsteri*). Um die in der Antarktis herrschenden extrem niedrigen Temperaturen überstehen zu können, sind sie durch eine dicke Fettschicht geschützt, die unter dem dichten, wasserabweisenden Gefieder liegt. Das Daunengefieder enthält außerdem viele Luftblasen, die sich wie eine isolierende Luftschicht um den Körper legen. Das durch die Arterien in Richtung der Beine fließende Blut gibt seine Wärme zuvor in einem speziellen Gefäßnetz an das wieder zum Herzen rückfließende venöse Blut ab. So wird die Bluttemperatur innerhalb der Beine von etwa 37 auf 2 Grad Celsius abgesenkt und so einem Wärmeverlust vorgebeugt. Wie bei anderen Tieren wird auch Wärme durch Muskelzittern erzeugt.

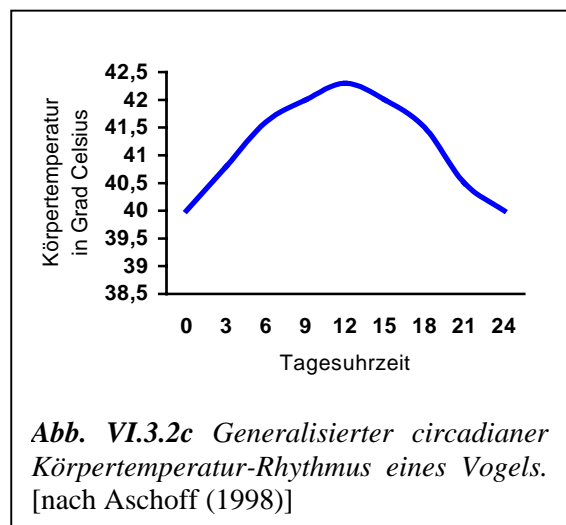
Ein besonderes Verhalten zeichnet sie des weiteren aus. In großen Gruppen kauern sie

sich dicht an dicht. So sind nur die jeweils außen stehenden Tiere einer Gruppe den kalten Winden ausgesetzt. Ständig wechseln sie sich dabei ab, wer am Rand stehen muss, indem sie sich von außen nach innen bewegen.

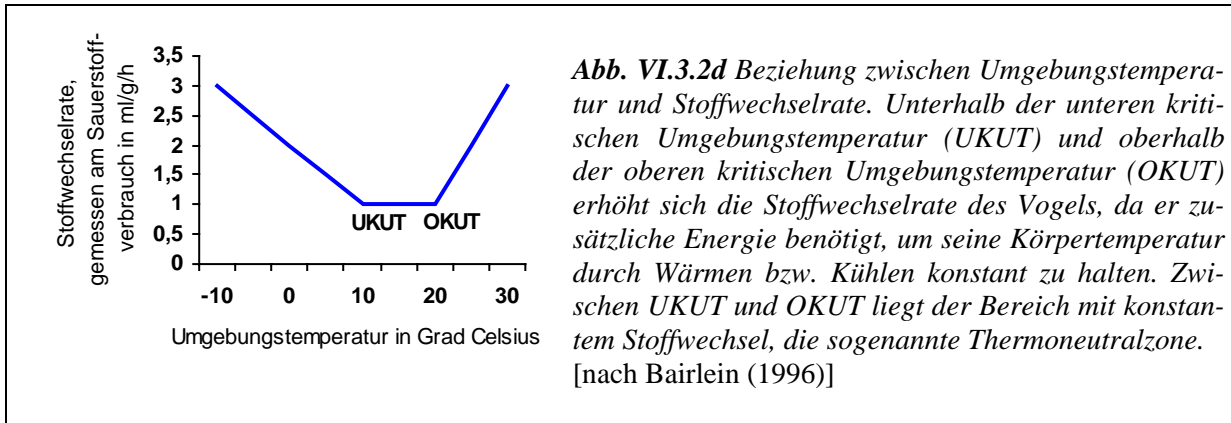
Circadiane Rhythmik

In der Regel unabhängig von den (abiotischen) Außenfaktoren, demnach endogen gesteuert, schwankt die Körpertemperatur zwischen einem Minimum- und Maximalwert mit circadianer Rhythmik (siehe Abbildung VI.3.2c). Bei normalen Tagesbedingungen entspricht dieser Rhythmus allerdings den natürlichen Ruhe- und Aktivitätsphasen. Experimentelle Bedingungen zeigen dagegen die endogene Kontrolle deutlich auf.

Der tageszeitabhängige Rhythmus (siehe Abbildung VI.3.2c) darf jedoch nicht mit einer Toleranzkurve verwechselt werden. Hier besteht kein Zusammenhang. Bei allen Vogelarten zeigen sich circadiane Schwankungen.



Verallgemeinernd kann man sagen, dass bei kleineren Vogelarten die Differenz zwischen Minimal- und Maximalwert der Körpertemperatur größer ist als bei größeren Vogelarten. Nicht nur die Körpertemperatur eines Vogels wird durch eine circadiane Rhythmik gesteuert, auch andere Prozesse oder Verhaltensweisen sind circadian abhängig, so beispielsweise die Steuerung der Gesangszeiten der Singvögel (Passeriformes) oder die Wach- und Schlafphasen.



Thermoneutralzone

Unabhängig von der Körpergröße der Vogelart ist ein weiteres Phänomen in Zusammenhang mit der Körpertemperatur interessant.

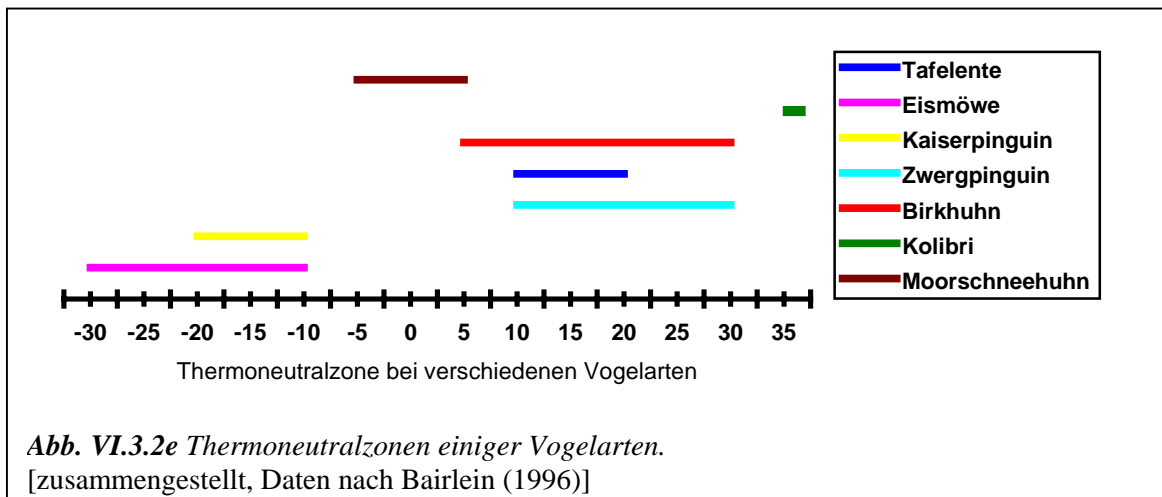
Der Sauerstoffverbrauch eines Organismus wird in der Regel als Maß für sein Stoffwechselaktivität gesehen.

Als Ruheumsatz wird der Stoffwechselumsatz bezeichnet, in dem sich der Vogel in Ruhe befindet und keine Nahrung verdaut. Die Messung des Ruheumsatzes bei verschiedenen Außentemperaturen offenbart, dass innerhalb einer bestimmten Temperaturspanne ein Basalstoffwechsel zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur ausreicht und konstant über diese Temperaturspanne ist.

Wird eine bestimmte kritische obere Temperatur überschritten beziehungsweise eine untere Temperatur unterschritten, so steigt die Stoffwechselrate an, um die notwendigen Energien für die Abkühlung oder Aufheizung des Körpers bereitzustellen.

Die Temperaturspanne mit gleichbleibendem Basalstoffwechsel wird als Thermoneutralzone bezeichnet (siehe Abbildung VI.3.2d).

Die Lage der Thermoneutralzone ist artspezifisch von der Außentemperatur des umgebenden natürlichen Lebensraumes abhängig. So liegt sie bei der **Eismöwe** (*Larus hyperboreus*) erheblich niedriger als beispielsweise beim **Moorschneehuhn** (*Lagopus lagopus*), der **Tafelente** (*Aythya ferina*) oder bei Kolibris (siehe Abbildung VI.3.2e). Bemerkenswert ist der Vergleich der den natürlichen Umweltbedingungen angepassten Temperaturspannen der Thermoneutralzone. Sie zeigen eine korrelierte Weite zu den auftretenden Schwankungen der Außentemperaturen im Lebensraum. So ist die Thermoneutralzone beim **Birkhuhn** (*Tetrao tetrix*) mit etwa 27 Grad Celsius Spanne sehr weit, bei Kolibris mit nur wenigen Grad Weite dagegen sehr eng.



VI.3.3 BIOTIK

Biotische Faktoren umfassen all jene Beziehungen zwischen Lebewesen, die direkt oder indirekt auf einen Organismus einwirken können, so beispielsweise das Verhalten von Artgenossen, Feinden, Konkurrenten, Parasiten, Symbionten, Krankheitserregern, Nahrungspflanzen oder auch Beutetieren. Diese Einflüsse können sehr vielgestaltig sein und teilweise ist es auch kaum möglich, sie messbaren Größen zuzuordnen. Grundsätzlich können innerartliche (intraspezifische) und interspezifische (zwischenartliche) biotische Fak-

toren unterschieden werden. Gemäß der Einteilung von Leuschner und Schaefer (2003) sind intraspezifische Einflüsse der Demökologie, interspezifische Einflüsse der Synökologie zugeordnet und in den jeweiligen Kapiteln detaillierter beschrieben. Dies entspricht der allgemein zu beobachtenden Tendenz, in der Autökologie eher auf die abiotischen Faktoren einzugehen und die biotischen Einflüsse in den Teilgebieten Dem- und Synökologie zu behandeln, so Filser (2002).

VI.3.4 ÖKOLOGISCHE NISCHE

Einführung

Wie die Ökologie in andere biologische Teildisziplinen einstrahlt und sich ihrer bedient, so ist, wie schon kurz erwähnt, auch die Zuordnung einzelner Begriffe zu den drei ökologischen Teilgebieten Aut-, Dem- und Synökologie in der Literatur umstritten und uneinheitlich. Dies trifft in besonderem Maße für den Begriff der ökologischen Nische zu, der abhängig vom Autor seine Ansiedlung in jedem dieser Teilgebiete findet. Da die ökologische Nische jedoch deutlich die abiotischen und biotischen Faktoren einer bestimmten Art beschreibt und ihre Gesamtheit zur ökologischen Nische einer Art führt, ist sie hier thematisch, analog der Einteilung von Kneitz (1997/98, 1998/99), zur Autökologie zugeordnet, auch wenn sie erst innerhalb von Lebensgemeinschaften ihr Dasein entfalten kann und durch die Beziehungen zwischen den Organismen ihre eigentliche Ausprägung erfährt. Daher sind die Nischen bildenden Prozesse auch erst in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Das Leben einer Art wird nicht allein durch die für sie relevanten abiotischen Faktoren bestimmt. Auch vergleichsweise einfache

Räuber-Beute-Schemata (siehe Kapitel VI.5 Synökologie) und andere biotische Faktoren vermögen nicht die Komplexität der äußeren Einflüsse auf einen Organismus darzustellen. Eine Art ist stets in ein mehrdimensionales Gebilde wechselseitiger Einflüsse und Beziehungen eingebunden. Zahlreiche Arten leben in einem einzigen Lebensraum und stehen in nicht vollständig zu erfassenden Wechselwirkungen zueinander. Alle diese Faktoren inklusive der abiotischen bestimmen letztlich, ob eine Art in einem bestimmten Lebensraum dauerhaft überleben kann oder nicht.

Um all diese Verknüpfungen und die Stellung einer Art in ihrem Lebensraum besser beschreiben zu können, kann man den oft zitierten Begriff der ökologischen Nische anführen. Dieser von verschiedenen Autoren auch unterschiedlich definierte Begriff basiert auf dem ebenfalls nicht eindeutig, sondern auf verschiedene Art und Weise definiertem Artbegriff. Die Definitionen des Artbegriffs sind bereits im IV. Kapitel Evolution dargestellt, die variierenden Definitionen der ökologischen Nische werden hier wertfrei nacheinander vorgestellt.

Definitionen

Die ersten, die den Begriff der Nische prägten, waren Johnson (1910) und Grinnell (1913). Eine exakte Definition fehlte jedoch, bis der Amerikaner Elton 1917 die Nische im Journal of Animal Ecology als die Stellung einer Art in der Nahrungsstufenpyramide und den Ort in einem definierten Lebensraum bezeichnete (Trommer (1993)).

In den 1920er Jahren verfasste Elton aus Sichtweise der Zoologie heraus das Konzept der trophischen Nische als „Beruf“ einer Art (siehe weiter unten das Kurz-Info Nischen-Definitionen). Er sah in der ökologischen Nische die Stellung einer Art im Ökosystem. Sie beschreibt die Rolle einer Art in der biotischen Umwelt. Für Elton war die Beziehung zu Nahrung und Feinden am wichtigsten, auch wenn er durchaus praktische Gründe anführte, auch andere Faktoren, wie beispielsweise Brutplätze, mit einzubeziehen.

Demgegenüber steht der Begriff der Habitats-nische, die sich stets auf einen konkreten Raumausschnitt bezieht, den eine Art besiedeln kann, beispielsweise eine Felsküste.

Eine zur Nischenbildung sehr wichtige Grundlage ist, dass zwei Arten niemals die gleiche ökologische Nische besetzen können. Zwei Arten, die um gleiche Faktoren konkurrieren, müssen sich demnach ausschließen und verdrängen. Der sowjetische Mikrobiologe Gauze konnte eben dieses Konkurrenz-Ausschluss-Prinzip 1934 durch Experimente mit zwei Pantoffeltierchen-Arten, die ökologisch ähnliche Ansprüche stellten, nachweisen.

Jede Art hat eine autozoische Dimension, also Anpassungen und Verhalten, und eine ökologische Dimension, die Umweltbedingungen. Beide Dimensionen decken sich. Der sich überlappende, kongruente Deckungsbereich zwischen den Merkmalen, deren Grundlage die genetische Information ist, und der Umwelt bezeichnete Günther (1950) als ökologische Nische. Die Art als ökologische Einheit bildet eine ökologische Nische. Der Begriff der ökologischen Nische darf nur verwendet werden, wenn die Art auch wirklich existiert. Daher kann es auch keine freien, unbesetzten ökologischen Nischen geben. Somit gibt es immer nur so viele ökologischen Nischen wie

es Arten gibt, denn im Genom ist die genetische Information für die ausgebildete Nische verborgen. Nischen werden daher stets gebildet, aber nicht besetzt. Gerade im Meinungsbild der Bevölkerung herrschen hier zum Begriff der ökologischen Nische Missverständnisse, die von einer Ausstellung zur Naturkunde, speziell zur Ökologie – eine solche Ausstellung ist neben der VogelWelten-Ausstellung im Rahmen der „Unser blauer Planet - Leben im Netzwerk“-Konzeption geplant –, ausgeräumt werden müssten.

Hutchinson führte 1957 die Begriffe der Fundamentalnische und der Realnische ein. Er sah die ökologische Nische durch ein n-dimensionales Gebilde verschiedener Umweltfaktoren bestimmt. Die Gesamtheit der Möglichkeiten einer Art bezeichnete er als Fundamentalnische, die eingeschränkte Nische, in der die Existenz einer Population dauerhaft möglich ist, dagegen als Realnische. Die Fundamentalnische ist somit eine Erfassung nur der relevanten abiotischen Umweltparameter. Die Realnische stellt lediglich den Teil der Fundamentalnische dar, der unter Berücksichtigung der biotischen Faktoren und Wechselwirkungen zu anderen Organismen verbleibt. Diese Begriffsbildung erscheint sinnvoll, da oft beobachtet werden kann, dass die ökologische Nische einer Art bei völliger Abwesenheit biotischer Umweltfaktoren, wie Feinden und Konkurrenten, größer ist.

Der Begriff der ökologischen Nische hat sich im Lauf der Geschichte der Ökologie ständig weiter entwickelt und präsentiert sich heute meist in dieser Beschreibung:

Die ökologische Nische ist ein als Projektion der Ansprüche einer Art an ihren Lebensraum n-dimensionales Hypervolumen, innerhalb dessen lebensfähige Populationen erhalten werden können. Als Abstraktum kann sie nicht vollständig gemessen werden. Sie kann aber beschrieben werden als die Summe der Eigenschaften der Einzelindividuen. Die ökologische Nische ist ein dynamisches System und zeigt ein komplexes Verhalten in der Biozönose. Die ständige Auseinandersetzung der Individuen untereinander, sowie der verschiedenen Arten in einem Biotop und die Veränderung der Lebensbedingungen wirken sich auch auf andere Arten aus.

Die abiotischen Faktoren mit ihren Valenzbereichen stellen gewissermaßen Eckwerte für die Lebensfähigkeit eines Organismus dar.

Die meisten Individuen sind an einen bestimmten Mittelwert angepasst. Dennoch sind (nach Darwin) die Individuen einer Art nicht völlig gleich. Diese Variationen zeichnen die

sogenannte individuelle ökologische Nische aus und spiegeln sich in einer unterschiedlich guten Passung der Individuen an die ökologische Nische ihrer Art wider, die sich in unterschiedlich hohen Reproduktionsraten zeigen, ein Beleg für die starke Dynamik der Nischenfortentwicklung.

KURZ-INFO Nischen-Definitionen im Überblick

Trophische Nische (Elton)

Die trophische Nische ist entsprechend der Stellung einer Art im Ökosystem der „Beruf“ einer Art. Sie beschreibt die Rolle einer Art in der biotischen Umwelt.

Minimalumwelt

Minimalbedingungen, unter denen eine Art existieren und sich fortpflanzen kann.

Ökologische, fundamentale und reale Nische (Hutchinson, 1957)

Die ökologische Nische wird durch ein n-dimensionales Gebilde verschiedener Umweltfaktoren gebildet. Die Gesamtheit der Möglichkeiten einer Art wird als Fundamentalnische, die eingeschränkte Nische, in der die Existenz einer Population unter biotischen Faktoren dauerhaft möglich ist, als Realnische bezeichnet.

Habitatnische

Die Habitatnische bezieht sich auf einen konkreten Raumausschnitt, den eine Art besiedeln kann, beispielsweise eine Felsküste.

Individuelle ökologische Nische

Die meisten Individuen sind zwar an einen bestimmten Mittelwert angepasst, die Variationen jedes Individuums führen jedoch zu einer Ausprägung individueller ökologischer Nischen.

Ökologische Nische (Günther, 1950)

Jede Art hat eine autozoische (Anpassungen und Verhalten) und eine ökologische Dimension (Umweltbedingungen). Beide Dimensionen decken sich. Der kongruente Deckungsbereich zwischen den Merkmalen, deren Grundlage die genetische Information ist, und der Umwelt stellt die ökologische Nische einer Art dar.

VI.4 DEMÖKOLOGIE

VI.4.1 POPULATIONEN

Einführung

Arten sind Fortpflanzungsgemeinschaften von Individuen. Deren Angehörige sind untereinander faktisch oder potentiell kreuzbar. Doch ist es sehr unwahrscheinlich, dass beispielsweise eine **Amsel-Männchen** (*Turdus merula*), das in Schleswig-Holstein lebt, sich mit einem Amsel-Weibchen aus Bayern paaren wird. Das potentielle Vermögen zur Paarung sagt so nichts über die Wahrscheinlichkeit einer Paarung aus. Der Begriff der Population,

so wie Mayr ihn definierte, bezeichnet dagegen eine Gruppe von Individuen einer Art, die räumlich so zusammengehören, dass beliebige zwei Individuen verschiedenen Geschlechts eine gleiche Wahrscheinlichkeit haben, sich miteinander zu paaren und Nachkommen zu zeugen. Diese Gesamtheit von Individuen einer Art halten sich in einem zusammengehörigem Areal auf (Kontinuitätsprinzip) und ist von anderen Populationen gleicher Art getrennt (Diskontinuitätsprinzip).

Ideale Populationen

In einer sogenannten idealen Population tritt keine Mutation auf. Auch ist sie unendlich groß, so dass Zufallsereignisse keinen Einfluss haben. Selektion ist ebenso ausgeschlossen wie Zu- und Abwanderung. Die schon angesprochene Paarungswahrscheinlichkeit ist bei allen verschiedenen geschlechtlichen Individuen gleich groß, so dass Panmixie herrscht. Die Gesamtzahl aller Gene und Allele innerhalb einer Population werden zum Genpool der Population gezählt, deren Allele eines jeweiligen Gens bei einer solchen idealen Population stets gleich häufig bleiben (konstante Allelfrequenz). Diese Regel wurde unabhängig voneinander von Hardy und von Weinberg im Jahre 1908 erkannt, so dass sie ihnen zu Ehren als Hardy-Weinberg-Gleichgewicht bekannt geworden ist (siehe das Kurz-Info hierzu).

KURZ-INFO Hardy-Weinberg-Verteilung

Wenn p die Allelfrequenz von Allel A und q die von a eines Gens ist, dann gilt folgende Beziehung: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

Da jedoch in natura keine Art existent ist, die eine solche Population aufweisen könnte, bestehen ideale Populationen nur als theoretisches Gedankenkonstrukt, zumal selbst reale Populationen selten von den übrigen Populationen vollständig getrennt sind, so dass keinerlei Austausch zwischen diesen erfolgt. Oft kommen die Populationen einer Art in einem geschlossenen Areal vor, so dass selbst eine Einteilung in einzelne Populationen nicht möglich ist.

Disjunkte Areale

Sollte es jedoch zu einer vollständigen Trennung einzelner Populationen voneinander kommen, beispielsweise durch geologische (Gebirgsbildung, Kontinentaldrift) oder klimatische Bedingungen (pleistozäne Eiszeiten), spricht man von disjunkten Arealen. In

solchen Fällen können sogenannte Zwillingarten entstehen. Hierunter werden Arten verstanden, die nachweislich reproduktiv isoliert sind, ohne sich für den Taxonomen deutlich zu unterscheiden. Demnach sind sie morphologisch sehr ähnlich und manchmal kaum voneinander zu unterscheiden. Zilpzalp und Fitis sind solche Zwillingarten. Im Kapitel zur Einnischung wird auf beide Arten detaillierter eingegangen. Bei **Rabenkrähe** (*Corvus corone corone*) und **Nebelkrähe** (*Corvus corone cornix*) sind die genetischen Gemeinsamkeiten dagegen noch so groß, dass sie keine eigenständige Arten, sondern zwei Rassen darstellen, die nicht mehr eine regelmäßige gemeinsame Fortpflanzungsgemeinschaft bilden, sondern nur noch sehr selten Paarungen bilden. Die Verbreitung der Rabenkrähe ist Westeuropa bis an die Elbe, die der Nebelkrähe Osteuropa östlich der Elbe und Skandinavien. Immer wieder kommen Bastardierungen unter beiden Zwillingrassen vor, die aber schon in der zweiten Generation nicht mehr kenntlich sind.

Das **Alpenschneehuhn** (*Lagopus mutus*) ist aufgrund seiner Kälteadaptation seit Zurückweichen des Eises zu Ende der Eiszeiten circumpolar auf kalte Regionen, in Deutschland auf die Alpen oberhalb der Baumgrenze beschränkt. So stellen selbst milde Tallagen unüberwindbare Schranken dar. Die einzelnen Populationen leben so teilweise in geringen Individuenzahlen disjunkt an den Hanglagen der Gipfel. Regelmäßig mit Frost und Schnee konfrontiert, haben sich einige interessante Merkmale ausgeprägt. So nutzen sie beispielsweise die Isoliereigenschaft des Schnees, indem sie sich einschneien lassen oder über einen Meter lange Schlafhöhlen graben, um möglichst wenig Wärme zu verlieren. Wie auch die anderen Rauhfußhühner, zum Beispiel das **Auerhuhn** (*Tetrao urogallus*), besitzen auch Alpenschneehühner befiederte Füße. Neben dem Kältschutz vergrößern sie wie beim Schneeschuhlaufen die Oberfläche des Fußes und verhindern somit ein Einsinken im Schnee.

VI.4.2 DYNAMIK DER POPULATIONSGRÖSSE

Populationsdichte

Die Populationsdichte hängt von einigen Faktoren, wie der Kapazität des Lebensraums, ab. Veränderungen der Populationsgröße ergeben sich durch positive beziehungsweise negative Parameter wie Geburtsrate (Natalität) und Zuwanderung (Immigration) beziehungsweise Sterblichkeitsrate (Mortalität) und Abwanderung (Emigration).

Geburtsrate und Bruterfolg

Die Geburtsrate ist die Anzahl der Junge je Weibchen pro Jahr. Nicht aus jedem Ei schlüpft jedoch ein Junges und nicht jedes Junge wird auch flügge werden. So bezeichnet der Bruterfolg den Anteil flügger Junge an der Gesamtzahl aller in der Population gelegter Eier. Bei Singvögeln (Passeriformes) der nördlichen Breitengrade schwankt der Bruterfolg in der Regel artspezifisch zwischen 30 und 80 Prozent. Auch der Nisttyp beeinflusst den Bruterfolg wesentlich (Bairlein (1996)). So liegt der Bruterfolg von Arten, die offene Nester am Boden anlegen, mit etwa 40 Prozent unter dem von Strauchnest-Brütern mit

circa 55 bis 60 Prozent und dem von Höhlenbrütern, die einen Bruterfolg von bis zu 80 Prozent erreichen. Bemerkenswert ist auch, dass der Bruterfolg von Arten tropischer Regionen (32 Prozent) deutlich niedriger liegt als der von Arten, die in gemäßigten Breiten (47 Prozent) oder nördlichen Breiten (60 Prozent) vorkommen.

Überlebensrate

An Beispiel des **Auerhuhns** (*Tetrao urogallus*) soll im Folgenden verdeutlicht werden, dass eine hohe Geburtsrate und auch ein hoher Bruterfolg allein nicht das Überleben einer Population sichern kann. Entscheidend ist, dass immer genügend Junge ins fortpflanzungsfähige Alter gelangen und einen Geschlechtspartner finden können, um durch ausreichend Nachkommen das Fortbestehen der Population zu gewährleisten. Dabei ergaben Untersuchungen von Linden (1981), dass von 100 abgelegten Auerhuhneiern nur knapp mehr als 60 Küken schlüpften und sich die Zahl lebender Individuen nach 12 Monaten auf nur noch 8 Exemplare reduzierte. Die Überlebensrate ist demnach mit nur 8 Prozent nach einem Jahr entsprechend gering.

Sterblichkeitsrate

Die Sterblichkeitsrate ist ein Maß für die durchschnittliche jährliche Verlustrate. Kennzeichnend für fast alle Vogelarten ist die am Auerhuhn beschriebene Tendenz, dass besonders im ersten Lebensjahr sehr viele Individuen zu Tode kommen. Die Mortalität ist in diesem Lebensabschnitt, dem Juvenilalter, also besonders hoch.

Die Sterblichkeitsrate sinkt mit zunehmendem Alter, hält sich bei vielen Arten sogar nahezu konstant, bis sie mit Erreichen der artspezifischen Altersgrenze wieder steil ansteigt, wie auch Untersuchungen am **Weißstorch** (*Ciconia ciconia*) in Baden-Württemberg nachweisen konnten (Bairlein, Zink (1979)). Große Arten haben in der Regel jedoch eine geringere Adultsterblichkeit (Erwachsenensterblichkeit) als kleine Arten, auch liegt bei ihnen die erste eigene Brut meist nicht, wie dies bei

| HÖCHSTALTER IN JAHREN (IN KLAMMERN: ALTER IN GEFANGENSCHAFT) | |
|---|----------------------|
| Zaunkönig | 5 |
| Kolibri | 8 |
| Kohlmeise | 9 |
| Rotkehlchen | 11 |
| Star | 20 |
| Amsel | 22 (siehe Kurz-Info) |
| Buchfink | 29 |
| Schwan | 30 (100) |
| Gans | 31 (50) |
| Pelikan | 50-60 |
| Uhu | 68 |
| Storch | 70-100 |
| Kakadu | 100 |
| Aasgeier | 101 |
| Krähe | 118 |
| Gänsegeier | 118 |

Tab. VI.4.2a Höchstalter von Vögeln im Vergleich. [zusammengestellt, Daten nach Pacht (1995) und nach Flindt (1986 und 2002)]

Kleinvögeln der Fall ist, im ersten Lebensjahr. Tabelle VI.4a listet exemplarisch die Höchstalter einiger Vogelarten auf. Die hier angegebenen Werte sind jedoch nur als „Normalwerte“ anzusehen. Immer wieder wird von Individuen berichtet, die wesentlich älter geworden sind als dies die typische Altersgrenze dieser Art erwarten ließe. Ein solches Beispiel ist eine **Amsel** (*Turdus merula*), die auf Helgoland beringt worden war und im Alter von 22 Jahren in Nordrhein-Westfalen lebend gefunden werden konnte, obwohl Amseln in der Regel gerade vier bis fünf Jahre alt werden (siehe das Kurz-Info hierzu).

Populationswachstum

Wie schon im Abschnitt über den Begriff der ökologischen Nische sind nach Darwin die Individuen einer Art nicht völlig gleich, sondern variieren. Für die Evolution spielen jedoch lediglich die erblichen Variationen eine Rolle. Entscheidendes Kriterium hierbei ist die Überproduktion an Nachkommen. Durch diese Überproduktion müssten Populationen von Generation zu Generation wachsen. Bedingt durch andere äußere Faktoren können Populationen in Größe und Dichte dennoch auf lange Sicht stabil bleiben oder aber auch sinken. Der Umfang dieses (positiven, Null- wie auch negativen) Wachstums ergibt sich aus der Bilanz von Geburts- und Sterberate und wird mathematisch als Wachstumsrate r bezeichnet. MacArthur und Wilson haben 1967 das heute in Teilen wieder in Frage gestellte Modell der so bezeichneten r - und K -Strategie vorgeschlagen, dass, 1970 von Pianka ausgearbeitet, im Folgenden (trotz der Infragestellungen) kurz vorgestellt wird.

r - und K -Lebenszyklusstrategie

r -Strategie

Besonders bei Neubesiedlungen bisher nicht im Verbreitungsareal liegender Flächen lässt sich oftmals eine sehr hohe Wachstumsrate ermitteln. Der neu gewonnene Lebensraum wird dann teilweise in einem exponentiellen Populationswachstum bevölkert. (Auf die Ausbreitung auf neue Siedlungsgebiete wird Kapitel VI.4.3 Ausbreitung detaillierter eingegangen.)

Die Wachstumsrate r gibt hierbei vor, wie schnell die Anzahl der Individuen anwächst.

KURZ-INFO

Altersrekord einer Amsel

„Ein Amselweibchen, das am 5. November 1974 auf Helgoland als diesjähriger Durchzügler mit dem Ring „Helgoland 7561680“ markiert wurde, konnte am 22. Juli 1996 in Velbert-Meiberg im Regierungsbezirk Düsseldorf von einem ehrenamtlichen Beringer als Brutvogel kontrolliert werden. Damit erreichte der Vogel ein Alter von 22 Jahren. Dies ist für einen Singvogel außergewöhnlich. Zwar können Amseln in menschlicher Obhut 18 - 20 Jahre alt werden, aber von freilebenden Artgenossen war ein solches Alter bisher nicht bekannt. Bei ihnen liegt die durchschnittliche Lebenserwartung in Deutschland bei etwa 1,3 Jahren, wobei „Stadtamseln“ oft ein höheres Alter erreichen als „Waldamseln“. Hierin ist allerdings die hohe Jugendsterblichkeit von 69 % mit enthalten. Ein Tier, das diese kritische Phase überlebt, kann 4 - 5 Jahre alt werden. Der älteste bekannte Ringvogel dieser Art, der ebenfalls aus Deutschland stammt, wurde 16 Jahre und 3 Monate alt, gefolgt von einem schweizer Vogel mit 13 Jahren und 6 Monaten. Damit stellt „unsere“ Amsel den neuen Altersweltrekord.“

(Zitiert, von O. Hüppop, Vogelwarte Helgoland [aus Hüppop (2000)])

Daher wird diese Strategie der schnellen Besiedlung und vollständigen Ausnutzung des Lebensraums als r -Strategie bezeichnet (siehe hierzu das Kurz-Info auf der nächsten Seite). Auch Organismen, die darauf spezialisiert sind, schnell wieder vergehende Ressourcen zu nutzen, sind zur Erhaltung der Population darauf angewiesen, möglichst schnell möglichst viele Nachkommen zu erzeugen.

Der **Wellensittich** (*Melopsittacus undulatus*) zieht als Nomade durch das australische Innenland, immer auf der Suche nach Wasser und frischen Sämereien. Findet eine solche Wellensittich-Population, die aus vielen tausend Individuen bestehen kann, eine günstige Nahrungsquelle, so beginnen sie unverzüglich mit der Brut. Die Jungen sind bereits nach 60 Tagen geschlechtsreif. Auch besteht bei Wellensittichen eine natürliche Hypersexualisierung, welche eine augenblickliche Brut ermöglicht.

Anders als europäische Vögel bleiben sie ständig fortpflanzungsfähig.

Die dauerhafte Paarbindung der Wellensittiche zeigt hier einen großen Vorteil, kann doch sofort ohne zeitaufwändige Partnersuche und Balz mit der Brut begonnen werden, wenn günstige Futterbedingungen dies erlauben. Das Gelege enthält regelmäßig zwischen 4 und 8 Eiern.

Bei Fortbestehen günstiger Lebensbedingungen folgt Brut auf Brut, sogar ineinander geschachtelt. Während die Jungen noch gefüttert werden oder zu den Nahrungsquellen geleitet werden, wo sie die Futtermittel von den Eltern erlernen, ist die nächste Brut bereits angelegt, und die Weibchen bebrüten die neugelegten Eier. Dieses Fortpflanzungs- und Brutverhalten führt zu einem exponentiellen Wachstum der Population.

Da die Sterblichkeitsrate bei Hitzewellen und Dürreperioden sehr hoch ist, sterben dann Wellensittiche oft zu Tausenden. Aber auch an künstlichen Wasserspeichern wurden schon bis zu 30000 ertrunkene Wellensittiche gefunden. Nachdrängende Wellensittiche hatten die bereits trinkenden ins Wasser gedrückt. Ein Farmer berichtete von 5 Tonnen Vogelleichen, die er aus seiner Viehränke bergen musste.

Die zwei Beispiele (siehe die untenstehenden Abbildungen VI.4.2c und VI.4.2d) zeigen exponentielle Wachstumskurven der Population-Bestandszahlen von **Kormoranen** (*Phalacrocorax carbo*) und **Türkentauben** (*Streptopelia decaocto*).

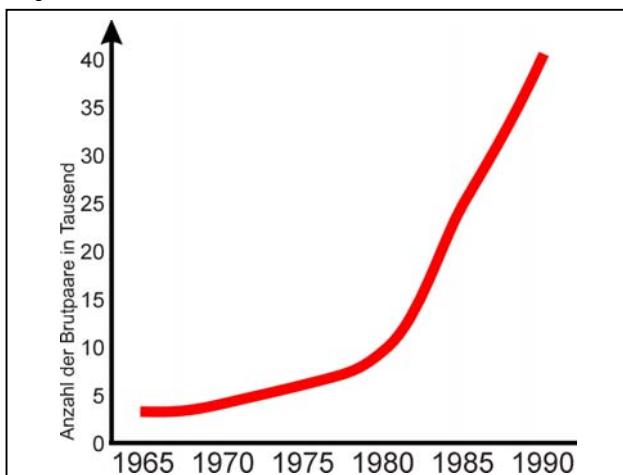


Abb. VI.4.2c Wachstum der Kormoran-Population (*Phalacrocorax carbo*) im nördlichen Mitteleuropa. [verändert, nach Suter (1989)]

KURZ-INFO r-Lebenszyklusstrategie

r-Strategen sind Bewohner neu entstehender oder schnell entstehender und ebenso schnell wieder vergehender Lebensräume. Die r-Selektion führt zu Individuen, die an eine rasche Besiedlung, eine zügige vollständige Nutzung ihrer Habitate und auf ein rasches Suchen nach neuen günstigen Stellen angepasst sind. Dabei sind sie für eine bestimmte Zeitspanne in der Regel ohne wirkliche Konkurrenz oder Feinde.

Dadurch ist für r-Strategen eine hohe Wachstumsrate (Fortpflanzungsrate) charakterisierend, oftmals verbunden mit geringer Körpergröße und früher Geschlechtsreife. Semelpartie (nur einmal im Leben fortpflanzend) ist besonders auch bei Insekten, beispielsweise Mücken oder Schwammspinner, weit verbreitet.

Das Wachstum lässt sich durch eine Exponentialkurve der Form $N'(t) = \frac{dN}{dt} = r \cdot N$

beschreiben.



Abb. VI.4.2b
Exponentialkurve

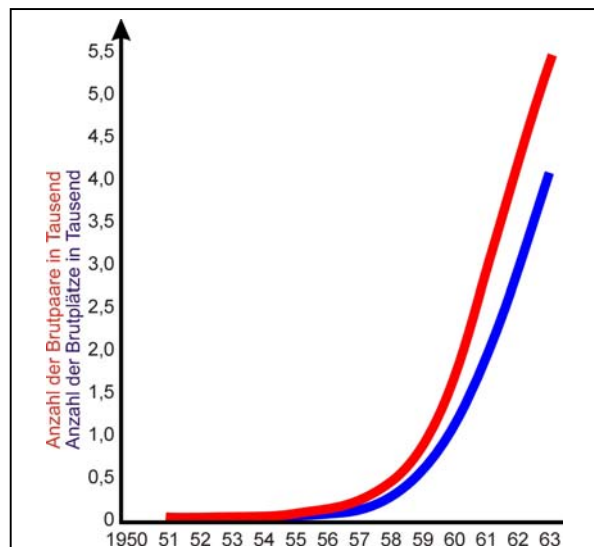


Abb. VI.4.2d Einwanderung der Türkentaube (*Streptopelia decaocto*) in die Niederlande. [verändert, nach Leys, aus Bezzel (1977)]

K-Strategie

Das exponentielle Wachstum von Populationen kann nicht unbegrenzt sein. Das bisher dichteunabhängige und damit ungehinderte Wachstum wird ab einer bestimmten Grenze zunehmend gehemmt. Meist sind solche hemmenden Faktoren die Anzahl der Brutplätze oder Ruheplätze im Habitat oder die verfügbaren Nahrungsressourcen. Diese sogenannten dichteabhängigen Faktoren (Umweltwiderstand) führen schließlich zu einem Abflachen der Wachstumskurve auf einen konstanten Wert, der die maximale Kapazität der Umwelt beschreibt.

Dieses Wachstumsverhalten wird entsprechend des graphischen Kurvenverlaufs als sigmoides oder logistisches Wachstum bezeichnet (siehe das Kurz-Info zur K-Lebenszyklusstrategie).

Die Kapazität der Umwelt (K) ist so zum bestimmenden Faktor der Populationsentwicklung geworden.

Die Entwicklung der Brutpaarzahlen des **Höckerschwans** (*Cygnus olor*) in der Ulmer Region (Bayern) wie auch der **Lachmöwe** (*Larus ridibundus*) in Bayern zeigen beide einen sigmoiden Kurvenverlauf, dessen asymptotischer Verlauf zu einem Grenzwert die Kapazitätsgrenze des Lebensraums für diese Art in der Region Ulm beziehungsweise dem Bundesland Bayern aufzeigt (siehe Abbildungen VI.4.2f und VI.4.2g).

KURZ-INFO K-Lebenszyklusstrategie

Die K-Lebenszyklusstrategie führt zur Selektion von Charakteristika, die eine größtmögliche Ausnutzung der Umweltkapazität K des Habitats ermöglichen. Die Anzahl der Individuen im Habitat liegt sehr nahe an der maximalen Kapazität dieses Lebensraumes. Im Allgemeinen sind K-Strategen langlebige Organismen mit Iteroparitie (mehrmals im Leben fortpflanzend), deren Nachkommenzahl zugunsten einer größeren Überlebenschance des Einzelnen vergleichsweise zu r-Strategen gering ist. Die K-Selektion ist auf einen kontinuierlichen Fortbestand mit relativ konstanten Bestandszahlen hin angelegt.

Das Wachstum lässt sich durch eine sigmoide oder logistische Kurve der Form

$$N'(t) = \frac{dN}{dt} = r \cdot \left(\frac{K - N}{K} \right) \cdot N \text{ beschreiben.}$$



Abb. VI.4.2e
Logistische Kurve

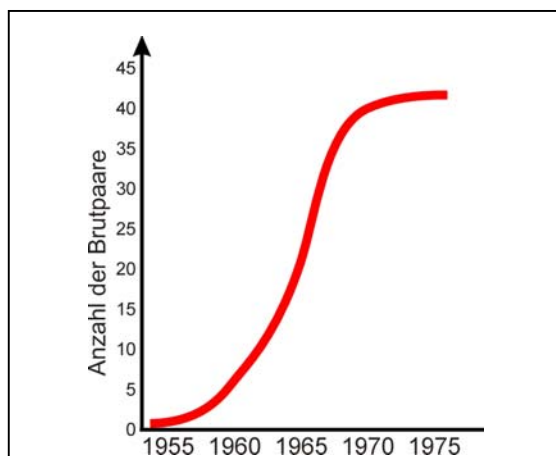


Abb. VI.4.2f Entwicklung der Brutpaarzahlen des Höckerschwans (*Cygnus olor*) in der Ulmer Region in Bayern.

[verändert, nach Poltz, aus Bezzel (1977)]

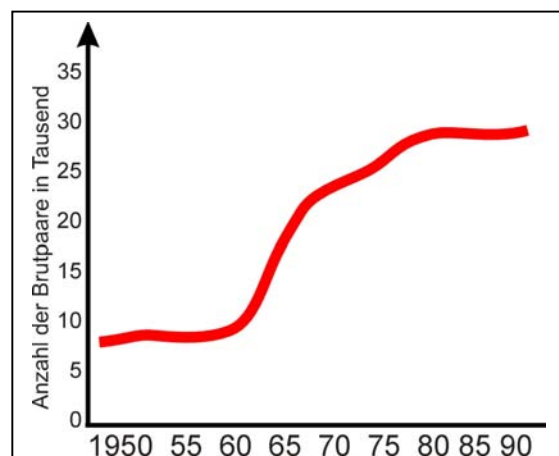


Abb. VI.4.2g Entwicklung der Brutpaarzahlen der Lachmöwe (*Larus ridibundus*) in Bayern.

[verändert, nach Heinze (1992)]

Übergangsformen

Auch wenn bestimmte Lebensräume Selektionsvorteile für die eine oder andere Anpassungsstrategie bieten, so sind die Grenzen zwischen r- und K-Strategie nicht immer so eindeutig zu ziehen, wie dies bei den massenhaft im Sommer auftretenden Mücken (r-Strategen) und Elefanten (K-Strategen) einfach möglich ist. Oftmals sind diese beiden Extrema nur unvollständig erreicht oder eine eindeutige Zuordnung gar nicht möglich.

Phänotypische Plastizität

Bei einigen Arten ist sogar ein Wechsel von einer zur anderen Strategie zu beobachten. Ein klassisches Beispiel sind Wasserflöhe (oder Blattläuse), die sich im Frühjahr massenhaft durch Parthogenese (Fortpflanzung durch unbefruchtete Eizellen) als r-Strategen fortpflanzen, mit Erreichen der Habitat-Kapazitätsgrenze (maximaler dichteabhängiger Hemmfaktor) jedoch auf Bisexualität umstellen und damit auf K-Strategie.

Bemerkenswert ist, dass auch bei einigen Vogelarten in gewissen Grenzen eine Umstellung zwischen r- und K-Strategie feststellbar ist.

Bereits im Kapitel V.1.5 Ei und Gelege wurden die Untersuchungen von Daan, Dijkstra und Tinbergen (1990) erwähnt, die variierende Strategien bei **Turmfalken** (*Falco tinnunculus*) in qualitativ unterschiedlichen Territorien in den Niederlanden verifizieren konnten. So wurde bestätigt, dass sowohl Gelegegröße als auch Legedatum optimal an die jeweiligen Bedingungen qualitativ unterschiedlicher Territorien angepasst sind und somit ein maximaler Gesamtproduktionswert erreicht werden kann. Solche Änderungen der Lebenszyklusstrategie eines Genotyps als Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen werden als phänotypische Plastizität bezeichnet.

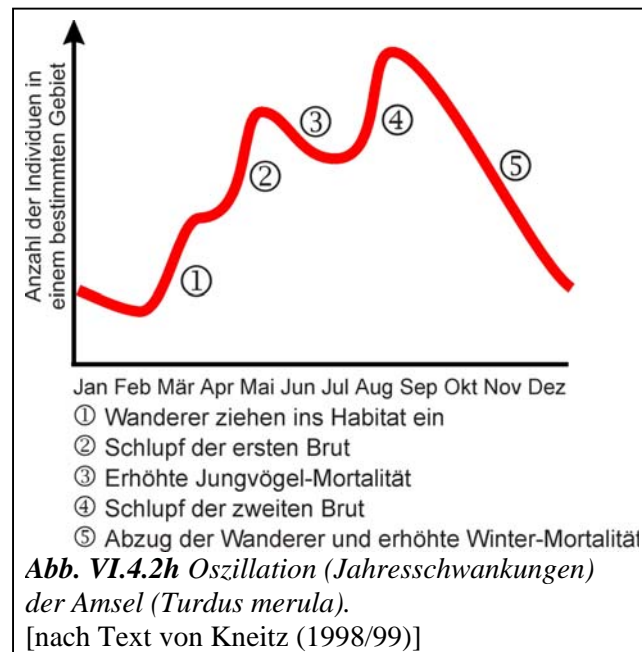
Fluktuation und Oszillation

Die Population einer Art kann zwar über Jahrzehnte hinweg stabil in einem Lebensraum existieren, dennoch sind jährliche Schwankungen der Bestandszahlen feststellbar. Diese als Fluktuation bezeichneten Schwankungen können vielfältige Ursachen haben, wie beispielsweise besonders strenge Winter oder Nahrungsmangel aufgrund einer hohen Hitze- und Dürreperiode. Diese Fluktuationen haben

allerdings in der Regel keinen Einfluss auf das Fortbestehen einer Art. Die Populationszahlen pendeln daher meist um einen bestimmten Mittelwert.

Auch innerhalb eines Jahres variiert die Populationsgröße ständig (Oszillation). Mit Schlüpfen der Jungen steigt regelmäßig zu bestimmten Jahreszeiten die Individuenzahl an, um kurz danach durch den Tod vieler Jungen wieder zu sinken. Immigration und Emigration haben ebenso einen Einfluss wie erhöhte Mortalität im Winter, dem alte und schwache Individuen zum Opfer fallen.

Exemplarisch ist in Abbildung VI.4.2h die typische Oszillation von **Amsel**-Populationen (*Turdus merula*) wiedergegeben.



Intraspezifische Konkurrenz

Intraspezifische Konkurrenz ist immer dann wirksam, wenn zwei Individuen derselben Art aufgrund mangelnder Ressourcen um einen Faktor konkurrieren müssen. Abhängig vom Lebensraum und der Populationsdichte können konkurrierte Faktoren beispielsweise verfügbare Nahrungsressourcen, Reviere, Nistplätze oder Geschlechtspartner sein. Reaktionen auf zu hohe Dichte sind Auswanderungen einzelner Individuen, reduzierte Gelegegrößen oder andere Verdrängungsmechanismen. Auch stellen sich erhöhte Krankheitsanfälligkeit, Stoffwechselveränderungen und körperliche Veränderungen ein.

VI.4.3 ABUNDANZ UND VERTEILUNG

Abundanz

Die Größe einer Population lässt sich sehr einfach als die Gesamtzahl der Individuen deklarieren. Die Einbeziehung einer Fläche als Maß führt zum Begriff der Abundanz (Dichte, Häufigkeit). Dabei wird als Abundanz die Anzahl der Individuen in einer bestimmten Fläche verstanden. In der Praxis ist die Erfassung dieser Kennzahlen problematisch, da die Zählmethode über die resultierenden Werte entscheidet. Nicht immer kann davon ausgegangen werden, bei einer Erfassung wirklich alle Individuen einer Population erfasst zu haben. Daher muss die apparente Dichte, die ermittelt wurde, von der real existierenden Dichte unterschieden werden. In Abhängigkeit von der Methode muss dann unter Umständen eine realistische Hochrechnung gewählt werden.

Verteilung

Damit ist noch keine Aussage darüber getroffen worden, wie die räumliche Aufteilung der Individuen ist. Die Aufteilung könnte rein zufällig sein, wobei es hierfür allerdings kein reales Beispiel gibt, oder aber in aggregierten Verbänden oder regelmäßig über den Lebensraum verteilt.

Kolonie

Ein sehr gutes Beispiel für aggregierte Verteilungen sind die zahlreichen Brutkolonien der Seevögel am Felsen. Hier scharen sich oftmals Tausende von Vögeln zu großen Verbänden. Der Vorteil einer solchen Aggregation kann in einer effektiveren Räuberabwehr liegen. Räuber können früher erkannt werden. Die gegenseitige Warnung erlaubt Gegenmaßnahmen zu einem frühen Zeitpunkt, die durch eine gemeinsame Abwehr erfolgversprechender ist. Auch ist die individuelle Wahrscheinlichkeit, selbst Opfer des Räubers zu werden geringer.

Trottellummen (*Uria aalge*) (siehe Foto II.6.3.2f) legen ihre Nester, die sie bei einem räuberischen Angriff energisch verteidigen, daher gemeinsam in großen Kolonien an. Dabei ist die Verlustrate umso höher, je weiter die Nester voneinander entfernt sind. Die Selektion weist somit eindeutig in Richtung einer Bevorzugung möglichst eng beieinander liegender Nester (siehe Abbildung VI.4.3a).

Territorialität

Bei Kohlmeisen ist eine entgegengesetzt wirkende Selektion festgestellt worden. Hier ist Nestplünderung umso häufiger, je dichter die Nester beieinander liegen (siehe Abbildung VI.4.3a).

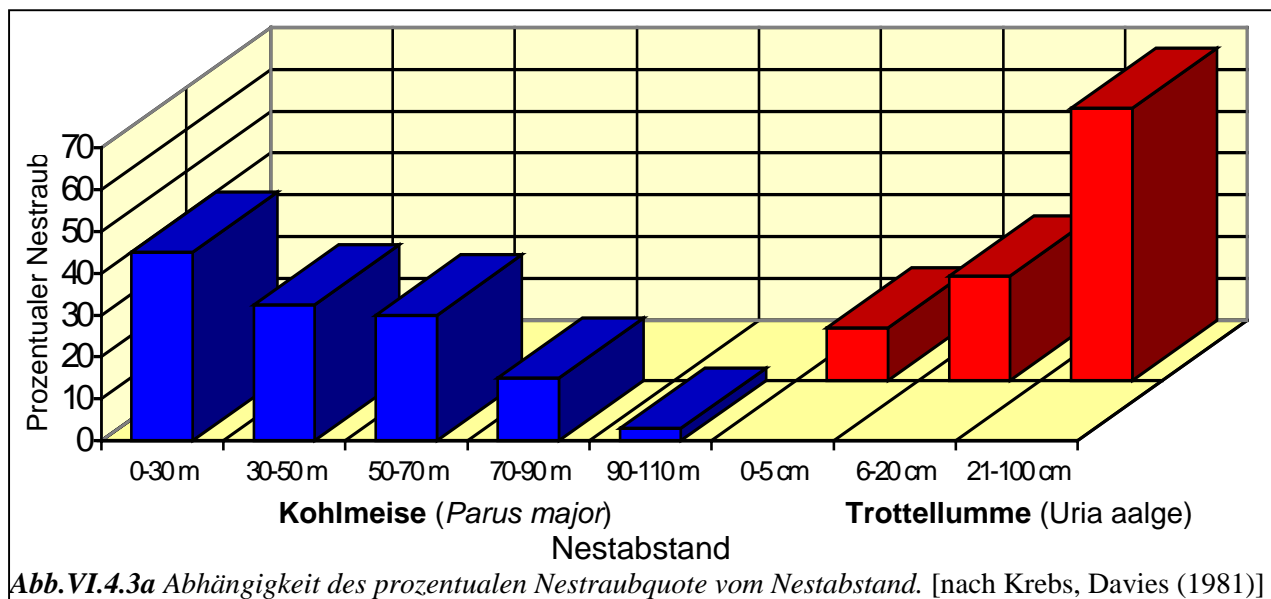


Abb. VI.4.3a Abhängigkeit des prozentualen Nestraubquote vom Nestabstand. [nach Krebs, Davies (1981)]

Dies fördert eine gleichmäßige Verteilung der Kohlmeisen-Brutpaare über das Habitat.

Es können also keine für alle Vogelarten allgemeinverbindlichen Grundregeln aufgestellt werden. Die ökologische Nische jeder einzelnen Art beinhaltet eine nicht zählbare Vielfalt von wirksamen Faktoren, die zwar teilweise generalisiert werden können, aber nicht auf alle Arten gleichermaßen übertragen werden können.

Raubvögel sind gleichmäßig über ein Gebiet verteilt. Jedes Brutpaar besetzt ein eigenes Territorium, in das andere Individuen der Art nicht eindringen dürfen. Dies dient besonders der Sicherung der Nahrungsgründe für die Brut und sich selbst. Das Territorium oder Revier kann zwischen einer Größe von wenigen hundert Quadratmetern (bei Kleinvögeln) bis zu vielen hundert Quadratkilometern (bei großen Raubvögeln) betragen. Bemerkenswert erscheint die deutliche Korrelation zwischen Ernährungsweise und Größe des Reviers. Herbivore haben bei gleicher Körpergröße im Durchschnitt kleinere Territorien als carnivore Vogelarten (Bairlein (1996)).

Exemplarisch sind in Tabelle VI.4.3b die Reviergrößen einiger Vogelarten aufgeführt.

Wie **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) in der Regel über viele Jahre hinweg nach dem jährlichen Vogelzug zum gleichen Horst zurückkehren und damit ihr angestammtes Nest wieder besetzen, so besetzten **Amsel**-Männchen (*Turdus merula*) mehrere Jahre relativ konservativ wieder im Frühjahr ihr angestammtes Revier im Botanischen Garten von Oxford, auch wenn bedingt durch den Tod oder Neuzug einzelner Männchen natürlich eine Verschiebung der Reviere zu beobachten war (Snow (1958)).

Verschiedene funktionell zu unterscheidende Reviermuster sind bekannt. Die am häufigsten anzutreffenden Revierarten sind die Verteidigung eines größeren Gebietes, in dem alle Lebensaktivitäten, wie Brut und Ernährung, stattfinden, und die Verteidigung nur für die Brut. Daneben haben einige Arten auch nur sogenannte Nest-Territorien, die nur den direkten Bereich um das Nest umfassen, beispielsweise bei Koloniebrütern, Paarungsreviere, Schlafplatzreviere oder außerbrutzeitliche Territorien, die oftmals nur für wenige Stunden oder Tage Bestand haben.

REVIERRÖSSE

| | |
|--|----------------------------|
| Lachmöwe (<i>Euthlypis lachrymosa</i>) | 0,3 qm ² |
| Amsel (<i>Turdus merula</i>) | 1.200 qm ² |
| Fitis (<i>Phylloscopus trochilus</i>) | 1.500 qm ² |
| Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>) | 4.000 qm ² |
| Bläuhuhn (<i>Megarynchus pitangua</i>) | 4.000 qm ² |
| Rotkehlchen (<i>Erithacus rubecula</i>) | 6.000 qm ² |
| Singdrossel (<i>Turdus philomelos</i>) | 40.000 qm ² |
| Steinadler (<i>Aquila chrysaetos</i>) | 93.000.000 qm ² |

Tab. VI.4.3b Reviergrößen einiger Vogelarten.
[nach Dorst (1972)]

Bei ernährungsbezogenen Territorien ist deutlich die Abhängigkeit der Reviergröße von den verfügbaren Nahrungsressourcen erkennbar. So ist das Revier bei hohem Nahrungsangebot entsprechend kleiner als bei geringerem Angebot.

Der Grund dafür, dass die Territoriengröße gerade so groß gewählt wird, wie für die Sicherstellung der Ernährung notwendig, liegt darin, dass ein eigenes Revier nicht nur Vorteile mit sich bringt, sondern in der Verteidigung des beanspruchten Gebietes auch Aufwand kostet. Die Reviergröße ist daher dann optimal gewählt, wenn das Kosten-Nutzen-Verhältnis den größtmöglich apparenten Nutzen einbringt.

Durch Untersuchungen an Nektarvögeln konnte nachgewiesen werden, dass die Anzahl der Blüten in einem Revier immer nahezu konstant ist. Bei einer niedrigen Blütendichte ist das Revier daher größer als bei einer hohen Blütendichte. Auch konnte verifiziert werden, dass die Blütenzahl im Revier gerade so hoch ist, um den Tagesbedarf an Nektar zu decken (Bairlein (1996)).

Mit der Territorialität geht eine Regulation der Populationsgröße einher. Wenn nicht alle fortpflanzungsfähigen und -willigen Individuen Territorien bilden können, weil der im Lebensraum zur Verfügung stehende Platz nicht für alle ausreicht, werden de facto einige an einer Nachkommenzucht gehindert (und somit selektioniert). Damit bleibt die Populationsgröße relativ konstant. Eine Alternative für eine entgangene Brut ist das Verlassen des angestammten Lebensraums, sofern es ihnen möglich ist. Ein solches Verhalten würde zu einer Ausbreitung der Art führen.

VI.4.4 AUSBREITUNG

Faktoren und Merkmale

Das Verlassen des angestammten Habitats ist stets mit hohen Risiken verbunden. Dennoch gibt es Bedingungen, wie Überbevölkerung mit einhergehendem Nahrungsmangel, die eine Abwanderung vorteilhaft erscheinen lassen. Das erfolgreiche Niederlassen in einem anderen, bisher von der Art nicht besiedeltem Gebiet hat zwangsläufig die Ausbreitung der Art zur Folge. Unter dem Selektionsdruck zur Ausbreitung haben nach Hamilton und May (1977) alle Arten für eine gewisse Zeit ihrer Entwicklung gestanden. Die Tendenz zur Ausbreitung hat sich als evolutionär stabile Strategie durchgesetzt (Begon, Harper, Townsend (1998)).

Jedoch breiten sich nicht alle Arten auf dieselbe Weise aus. Der Vergleich verschiedener Kleinvögel (in der Region um Braunschweig) offenbart schon in den durchschnittlichen Ansiedlungsentfernungen arttypische Unterschiede. So siedelt der **Feldsperling** (*Passer montanus*) sehr nah am Geburtsort. Etwas weiter entfernt, aber noch unter einem Entfernungsradius von drei Kilometern siedelt die **Sumpfmeise** (*Parus palustris*), die **Kohlmeise** (*Parus major*) und die **Blaumeise** (*Parus caeruleus*). Der **Kleiber** (*Sitta europaea*) entfernt sich durchschnittlich knapp über fünf Kilometer vom Geburtsort und der **Trauerschnäpper** (*Ficedula hypoleuca*) sogar fast 25 Kilometer (Winkel (1991)).

Ob Vögel auswandern oder nicht hängt aber auch essentiell von den Habitat-Bedingungen ab. Weibliche **Sperber** (*Accipiter nisus*) bleiben in guten Habitaten selbst bei einem Brutverlust im Vorjahr standorttreu und brüten im selben Territorium, wohingegen in schlechten Habitaten etwa 40 Prozent bei Bruterfolg im vorigen Jahr beziehungsweise 85 Prozent bei Brutverlust im Vorjahr ein anderes Territorium aufsuchen, um zu brüten (Newton (1979)).

Die Abwanderung vom Geburtsort hat einen weiteren großen (genetischen) Vorteil. Würden die Jungvögel in unmittelbarer Umgebung des Geburtsorts bleiben, beständen sehr viele Möglichkeiten der Inzucht mit Geschwistern,

Halbgeschwistern oder anderen verwandten Generationen. Die Ausbreitung fördert daher die Fremdzucht, verbunden mit dem Vorteil der höheren genetischen Variabilität der Nachkommen.

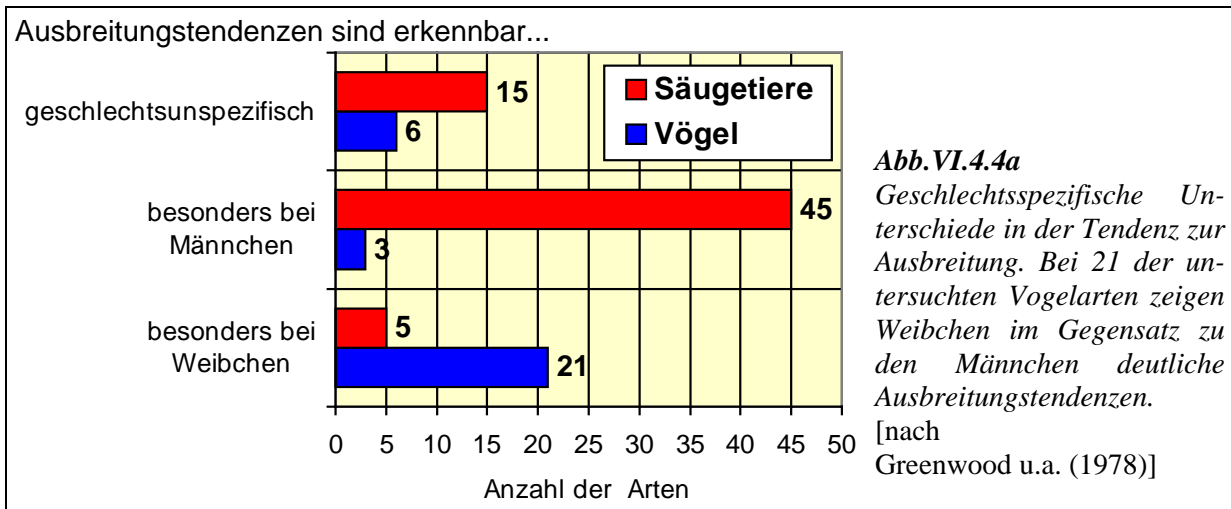
Dass Inzucht die Fitness erniedrigen können, konnte eine Langzeitstudie über die **Kohlmeise** (*Parus major*) belegen. Die Nestlingssterblichkeit war bei Inzucht-Brutpaaren mit 27,7 Prozent deutlich höher als bei Fremdzucht-Brutpaaren mit 16,2 Prozent (Greenwood, Harvey, Perrins (1978)).

Seltener findet die Tatsache Beachtung, dass Männchen und Weibchen oftmals differierende Ausbreitungsbereitschaft aufweisen. Dies lässt sich nicht nur bei Vögeln, sondern auch bei einigen Insekten, wie dem **Kleinen Frostspanner** (*Operophtera brumata*), und Säugetieren beobachten. Sind es bei Insekten und Säugetieren meist die Männchen mit einer höheren Ausbreitungstendenz, so ist bei Vögeln das Gegenteil der Fall (siehe Abbildung VI.4.4a).

Supertramp-Arten

Auf besondere Bedingungen treffen Erstbesiedler beispielsweise einer neu entstandenen Insel. Die Erstkolonisation ist nur bestimmten Arten vorbehalten. So kann der **Spornkuckuck** (*Centropus violaceus*) nur dort vorkommen, wo er auf eine artenreiche Lebensgemeinschaft trifft. Dagegen kann die **Schweifgänschen** (*Macropygia mackinlayi*) nur dort angetroffen werden, wo nicht viele andere Vogelarten auftreten. Dies gilt insbesondere für Regionen, die neubesiedelt werden. Wegen dieser Besonderheit ist die Schweifgänschen als sogenannte Supertramp-Art zu klassifizieren, wobei unter Supertramp-Arten solche Arten verstanden werden, die dank ausgeprägter Ausbreitungs- und Besiedlungsfähigkeiten als erste einen neuen Lebensraum erreichen und besiedeln.

Wenn mit zunehmender Besiedlung des neuen Lebensraums die Vogelartenzahl weiter steigt, erlischt nach und nach das Vorkommen der Schweifgänschen.



Damit ist die Schweiftaube ein typischer Sukzessionsstufen-Bewohner (Sukzession: „Nicht-saisonales, gerichtetes und kontinuierliches Muster von Besiedlung und Aussterben von Populationen in einem Gebiet“ (Begon, Harper, Townsend (1998)), der in der stabilen

Endstufe der Entwicklung (Klimax) nicht überleben kann. Um überhaupt das Überleben der Art gewährleisten zu können, ist eine ausgeprägte Ausbreitung für solche Supertramp-Arten besonders wichtig.

VI.4.5 INDIVIDUUM UND FAMILIE

Vögel erkennen

Ein Zoologie-Student hat Examen. Auf dem Tisch steht ein halb zugedeckter Käfig. Nur die Beine eines Vogels sind sichtbar. „Wie heißt dieser Vogel?“ fragt der Professor. „Weiß ich nicht!“ „Wie heißen Sie?“ „Raten Sie doch mal!“ sagt da der Student und zieht sich die Hosenbeine hoch.

Die meisten Vogelarten können leicht identifiziert werden. Solche Vögel besitzen so charakteristische Merkmale, dass eine Zuordnung zu einer bestimmten Art auch Laien möglich ist.

Bei etlichen Arten, wie der Unterscheidung der Zwillingarten **Zilpzalp** (*Phylloscopus collybita*) und **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*) bedarf es jedoch besonderer Sachkenntnis und Erfahrung, um einzelne Arten oder gar Rassen unterscheiden zu können.

Noch schwieriger wird das Erkennen einzelner Individuen. Auch wenn bei vielen Vogelarten einzelne Individuen kaum oder gar nicht zu unterscheiden sind, oftmals sogar das Ge-

schlecht nicht erkennbar ist, ist dennoch klar, dass jeder einzelne Vogel trotz aller artspezifischer Gemeinsamkeiten ein eigenständiges Individuum mit ganz eigenen, ausgeprägten Charakterzügen und Verhaltensweisen ist, und sich die Vögel untereinander sehr wohl erkennen können. Wenn im Frühjahr **Weißstörche** (*Ciconia ciconia*) aus den fernen Überwinterungsgebieten zu ihrem Nest zurückkehren und erst dann nach langer Zeit ihren Partner wiedersehen, erkennen sie ihn doch sofort.

Geschlüpfte Küken prägen sich ihre Mutter schon sehr kurze Zeit nach der Geburt ein. Sie werden sie nicht mit anderen Weibchen ihrer Art verwechseln. Für die innerartliche Kommunikation sind solche Erkennungsprozesse maßgeblich.

Bei einigen Vogelarten können neben typischen Geschlechtsdimorphismen, wie sie bei etlichen Arten auftreten, auch einzelne Individuen selbst vom Menschen unterschieden werden.



Abb. VI.4.5a Individuelle Unterschiede der Schnabelflecken bei Zwergschwänen (*Cygnus columbianus*). [aus Attenborough (1994)]

Bei **Zwergschwan**-Forschungen (*Cygnus columbianus*) konnten anhand der Färbungsvariationen der Schnabelflecken über 1000 Einzeltiere eindeutig identifiziert werden, die jedes Jahr von Sibirien zu einem kleinen See in Gloucestershire ziehen (siehe Abbildung VI.4.5a).

Neben rein optischen Merkmalen können noch andere Mechanismen eine Rolle bei der Erkennung untereinander spielen. Es können die unterschiedlichsten Sinne, wie der Geruchssinn oder Gehörsinn angesprochen werden, oder aber besondere Verhaltensweisen bedeutsam sein.

Elternliebe

Vor der Küste Panamas leben auf kleinen karibischen Korallen-Inseln Menschen vom Stamm der San-Blas-Indianer. Jedem dort ist es unter Strafe verboten, Mädchen zu erzählen, was eine Geburt ist und wie sie vonstatten geht. Bis zum Einsetzen der Wehen, ja noch während der eigentlichen Geburt glauben werdende Mütter daher stets, der dicke Bauch und die einsetzenden Schmerzen wären die Folge einer unheilbaren Krankheit. Vergleichbar mit der in Mitteleuropa verbreiteten Erzählung, der Klapperstorch würde die Kinder bringen, gibt es auch bei den San-Blas-Indianern eine Erklärung, woher die Kinder kommen. Nur ist es kein Storch, sondern eine Kuh vom nahen Festland. Begründet wird die Geheimhaltung mit dem Glauben, dass die Erleichterung, doch nicht todkrank zu sein und das Wunder, ein Kind geboren zu haben, die Mutter-Kind-Bindung deutlich stärken würde.

Die Frage, ob nicht jede Tiermutter, die zum ersten Mal gebärt, letztendlich ebenso unweisend wie die werdenden Mütter der Indianer ist, kann nicht beantwortet werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass werdende Tiermütter zumindest bei gesellig in Gruppen lebenden Tieren wenigstens einmal eine Geburt gesehen haben. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich die werdende Mutter ihrer Schwangerschaft und den weiteren Konsequenzen bewusst ist.

Einzeln gehaltene Tiere, wie das Weißohr-Seidenäffchen Stella, können das typische Mutter-Verhalten nicht von anderen Müttern „abschauen“ und imitieren. So nahm Stella dann auch anstelle ihres Kindes, dem sie keinerlei Beachtung schenkte, die Nachgeburt zärtlich auf den Arm.

Ein interessanter Versuch von Lott und Comerford im Jahr 1967 konnte entscheidende Fragen zur Entstehung der Mutterliebe bei **Lachtauben** (*Streptopelia roseogrisea*) klären. Zu einem jungen Täuberich wurde in seine Freiflugvoliere ein Nest mit frischen Eiern gelegt. Das Verhalten des Männchens war erwartungsgemäß. Es zeigte keinerlei Reaktion auf Nest und Gelege. Nach Injektion minimaler Mengen (10 µg) Progesteron und Prolaktin in die Blutbahn jedoch begann es zu glucksen, flog zum Nest, plusterte sich auf und begann das Gelege zu bebrüten.

Vehement verteidigte es fortan das Nest vor jedem potentiellen Eindringling. Allein die Gabe dieser beiden Hormone hatten nicht nur die Bebrütung und Verteidigung des Geleges ausgelöst. Auch nach dem Schlüpfen der Jungen kümmerte er sich aufopferungsvoll um den untergeschobenen Nachwuchs.

Da er zuvor allein ohne Artgenossen gehalten worden war, nur engen Kontakt zu Menschen gehabt hatte, muss sein Verhalten der Brut- und Jungenpflege genetisch determiniert sein. Auslöser war dem Experiment zufolge allein die Hormoninjektion. In weiteren Versuchen wurde ermittelt, dass bei alleiniger Progesteron-Gabe Brutpflegeverhalten ausgelöst wird, die geschlüpften Jungen und ihr Futterbetteln jedoch nicht beachtet werden. Erst bei Injektion von Prolaktin versorgte der Täuberich auch die geschlüpften Jungen.

Bei einem Haushahn wurde durch eine nicht ganz zielgerichtete Untersuchung von Professor Joseph K. Kovach die Kenntnis gewonnen, dass 33prozentiger Getreideschnaps den Hahn dazu veranlassen kann, junge Küken zu beschützen und unter dem eigenen Gefieder zu wärmen. Für Hähne ein äußerst ungewöhnliches Verhalten, sind sie doch nüchtern so aggressiv auch gegen die eigenen Küken, dass die Mütter ihre Jungen gegen ihn verteidigen müssen. Die Erklärung für dieses Verhalten ist simpel. Der Alkohol hatte lediglich den Aggressionstrieb unterdrückt, so dass der latent vorhandene Fürsorgetrieb hervortrat (Dröscher (1983)).

Erkennen der Jungen und der Eltern

Das elterliche Fürsorgeverhalten mag genetisch gesteuert und durch hormonelle Einflüsse ausgelöst werden. Das Wissen über das Aussehen der eigenen Jungen oder wenigstens arttypische Aussehen ist ebensowenig angeboren wie das Wissen der Jungen um das arttypische Aussehen der Eltern.

Wie eine Prägung von jungen Entenküken auf Konrad Lorenz oder Pappkisten mit Lautsprecher möglich war und ist, so kann immer wieder beobachtet werden, dass Mütter über Artgrenzen hinweg andere Kinder als ihre eigenen annehmen. Regelmäßig kommt dies bei den Adoptiveltern der brutparasitierenden Kuckucke vor. Ein Bussard-Weibchen hat auf ähnliche Weise ein Gelege mit Hühnereiern ausgebrütet und die jungen Küken nach dem Schlüpfen mit Fleischstückchen gefüttert und so großgezogen. Bemerkenswerterweise lehnte das Bussard-Weibchen ab dem Zeitpunkt des Schlüpfens Hühner und Sperlinge als Nahrung ab. Sie akzeptierte als eigene Nahrung nur noch Schweine-, Rind- und Kalb-

fleisch. Bussard und Hühner blieben über ihre ganze Lebensspanne hinweg sozial miteinander vergesellschaftet.

Sozialer Verband

Nach dem Schlüpfen bleibt die Vogel-Familie in der Regel noch einige Zeit bestehen. Bei Nestflüchtern beschränkt sich die Hilfe der Eltern an der Ernährung der Jungen oft auf das Hinführen zu Futterplätzen. Nesthocker dagegen werden immer von den Eltern oder zumindest einem Elternteil gefüttert. Sogar nach Verlassen des Nestes werden sie meist oft noch über mehrere Wochen gefüttert und vor Feinden geschützt. Bei einigen Greifvogel-Arten bleibt die Familie noch längere Zeit zusammen. Kraniche, Störche, Gänse und Schwäne ziehen oftmals gar gemeinsam in die weit gelegenen Winterquartiere.

Aber auch über die eigene Familienbande hinaus können feste soziale Beziehungen in kleinen Gruppen, Schwärmen oder Kolonien bestehen. Teilweise sind sie so stabil, dass sich eine solche soziale Bindung sogar gegenüber der genetischer Determinierung der Vogelzug-Vorzugsrichtung durchsetzen kann.

Bei **Weißstörchen** (*Ciconia ciconia*) kann zwischen ostziehenden und westziehenden Störchen unterschieden werden. Östlich der Nord-Süd-gerichteten Zugscheide durch Mitteleuropa ziehen Weißstörche in der Regel über Griechenland, Türkei und Israel in die östlichen und südlichen Gebiete Afrikas. Westlich dieser Linie ziehen sie dagegen über die Iberische Halbinsel und die Straße von Gibraltar nach Westafrika.

Der Nachweis, dass Weißstörche entgegen ihrer angeborenen Sollflugrichtung den Vogelzug antreten und somit im sozialen Verband verbleiben, gelang Schüz, indem er 144 Tiere aus dem Gebiet um Kaliningrad (Königsberg in Ostpreußen) nach Westen über die Zugscheide hinweg transportieren ließ. Wurden die gefangenen Tiere erst nach dem Wegzug ihrer westlichen Artgenossen freigesetzt, zogen sie gemäß ihrer angeborenen Sollflugrichtung als Ostzieher nach Osten. Ließ man sie jedoch vor dem Wegzug ihrer westziehenden Artgenossen frei, schlossen sie sich ihnen an und folgten der Zugwanderung nach Westen.

VI.5 SYNÖKOLOGIE

VI.5.1 SYNÖKOLOGISCHE INDICES

Einführung

Wie bereits zu Beginn des Kapitels VI kurz erläutert, wird die Wissenschaft von den Wechselwirkungen zwischen den in einer Biozönose (Lebensgemeinschaft) zusammenlebenden Arten untereinander und mit ihrer Umwelt als Synökologie bezeichnet.

Mit den Begriffen Dominanz und Diversität sollen zwei für die Bewertung von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften wichtige Indices der Synökologie kurz vorgestellt werden.

Dominanz

Unter Dominanz wird der prozentuale Individuenanteil einer Art i an der Gesamtindividuenzahl der Artengemeinschaft verstanden (Begon, Harper, Townsend (1998)).

Die Dominanzstruktur der Artengemeinschaft lässt sich sehr einfach über die folgende Formel bestimmen:

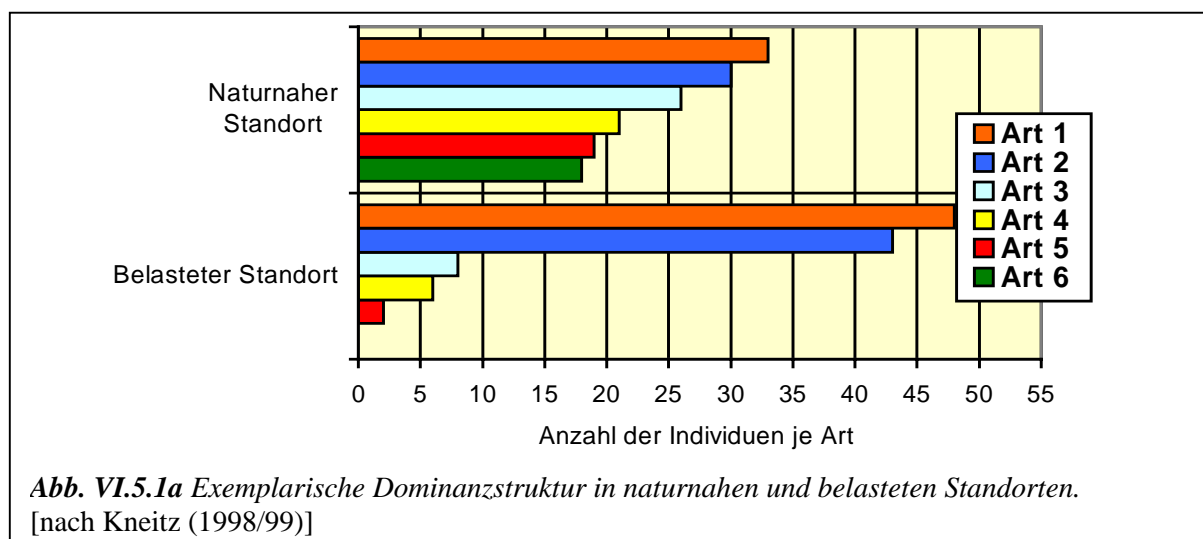
$$D_i = \frac{n_i}{N} \cdot 100[\%],$$

wobei n_i die Anzahl der Individuen der Art i und N die Anzahl der Individuen aller Arten angibt.

Abbildung VI.5.1a zeigt schematisch die Dominanzstruktur eines belasteten naturfernen und eines naturnahen Standortes auf. Deutlich

wird, dass die Anzahl der Individuen pro Art in naturnahen Lebensräumen wesentlich ausgeglichener ist als im belasteten Standort. Hier haben einige wenige Arten ein deutliches Übergewicht, wohingegen andere Arten unterrepräsentiert oder gar ausgestorben sind.

Die Darstellung der Dominanzstrukturen einer Wohnblocksiedlung, der Gartenstadt und des Waldes im Großraum Hamburg von Mulsow (1980) und Bezzel (1982) konnte diese Verallgemeinerung bestätigen. Ihren Ausführungen zufolge sind in Siedlungsbereichen einige wenige Arten dominant, wohingegen im Wald ausgeglichene Verhältnisse anzutreffen sind. Nach einer weiteren Untersuchung von Bezzel (1982) zeigten sich deutliche Unterschiede in den Dominanzverhältnissen von Brutvögeln auf Intensiv-Mähwiesen, Äckern und Nasswiesen beziehungsweise Viehkoppeln. Konnten zwar auf der Intensiv-Mähwiese mit 12,9 Brutpaaren je 10 Hektar die größte Brutpaardichte ermittelt werden (Acker: 4,9 und Nasswiese: 7,4), so zeigte die Artenauflistung, dass nahezu alle Brutpaare auf der Intensiv-Mähwiese **Feldlerchen** (*Alauda arvensis*) waren, andere Arten jedoch kaum oder gar nicht existent waren.



Auf Nasswiesen war ein ausgeglichenes Verhältnis mit **Wiesenpiepern** (*Anthus pratensis*), **Feldlerchen** (*Alauda arvensis*), **Braunkehlchen** (*Saxicola rubreta*), **Rohrhammern** (*Emberiza schoeniclus*) und vielen anderen Arten zu beobachten.

In extremen, aber dennoch naturnahen Lebensräumen kann allerdings auch eine ähnliche Dominanzstruktur auftreten wie in belasteten Standorten.

Diversität

Ein sehr wichtiger und in den 1960er Jahren von Shannon und Wiener geprägter Begriff der Synökologie ist die sogenannte Diversität. Als Kennzahl gibt der Shannon-Wiener-

Diversitätsindex die ökologische Vielfalt in einem Lebensraum an. Die Formel lautet:

$$H_s = - \sum_{n=i}^s \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N},$$

wobei n_i die Anzahl der Individuen der Art i , N die Anzahl der Individuen aller Arten und s die Zahl der Arten angibt (Term umgeformt, nach Begon, Harper, Townsend (1998)).

Die Diversität wurde bei der eben kurz angeführten Untersuchung von Bezzel zu verschiedenen landwirtschaftlichen Flächen ebenfalls als ein Kennwert ermittelt.

Auch hierbei konnte die besondere ökologische Bedeutung der Nasswiese mit einem Diversitätswert von 1,49 gegenüber Acker (0,45) und Intensiv-Mähwiese (0,42) verifiziert werden.

VI.5.2 INTERSPEZIFISCHE BEZIEHUNGEN

Einführung

Die Beziehungen zwischen den Arten sind vielfältig, können in ihrer Gesamtheit nie vollständig und zumeist nur fragmentartig beschrieben werden. Zu komplex sind die gegenseitigen Wechselwirkungen der Arten untereinander, die in einem engen Geflecht zahlreiche Arten miteinander verknüpfen. Selbst kategorisierende Einteilungen sind nicht immer möglich, da es zeitweise, lokal beschränkte wie auch nur tendenziöse Verhaltensweisen und Varianten gibt. Die Fokussierung zunächst auf die Interaktionen zwischen nur zwei Arten erlaubt eine Grobgliederung solcher Bisysteme, wie diese Zwei-Arten-Systeme bezeichnet werden, in drei Beziehungsgrundtypen, der Symbiose, Probiose und Antibiose, die in separaten Abschnitten detaillierter erläutert werden.

Unter einer Antibiose, beispielsweise durch Parasitismus, versteht man, dass Arten Nutzen aus der Schädigung anderer Arten ziehen.

Wird ein Nutzen bereits durch das reine Vorhandensein anderer Arten ohne Schädigung dieser erreicht, liegt eine Form der Probiose

vor, die beispielsweise als Kommensalismus realisiert sein kann.

Liegt der Nutzen auf jeder Seite des Bisystems, so dass beide Arten voneinander profitieren können, spricht man von Symbiose.

Antibiose

Unter dem Begriff Antibiose werden direkte oder indirekte Schädigungen eines Partners von Bisystemen zusammengefasst. Direkte Schädigung tritt beim Parasitismus oder Räubertum (Episitie), indirekte dagegen in Interferenzen (Selbstregulationen) oder Konkurrenz zwischen Arten auf.

Beanspruchen zwei Arten eine Ressource, so muss zwischen ihnen im Normalfall Konkurrenz herrschen. Entweder wird diese unmittelbare Konkurrenz jedoch vermieden (Prinzip der Koexistenz oder Konkurrenzvermeidung) oder es kommt zu einer völligen Verdrängung einer der beiden Konkurrenten (Konkurrenzausschluss- oder Gausesche Prinzip) durch das Überlegensein einer Art.

Indirekte Schädigung

Experimente von Garcia (1983) bewiesen eine Konkurrenz zwischen **Mönchsgrasmücken** (*Sylvia atricapilla*) und **Gartengrasmücken** (*Sylvia borin*), in dessen Folge die Populationsdichte der Gartengrasmücken zurückging, was auf Revierüberschneidungen zwischen den Arten zurückgeführt werden konnte.

Untersuchungen von Löhrl (1977) in der Oberrhein-Ebene zeigten, dass **Blaumeisen** (*Parus caeruleus*) (und **Feldsperlinge** (*Passer montanus*)) unter bestimmten Bedingungen **Kohlmeisen** (*Parus major*) vollständig verdrängen können. Sie konkurrieren um natürliche oder künstliche Nisthöhlen, in denen sie ihr Gelege bebrüten und die Jungen großziehen können. Sind Nisthöhlen in ausreichender Zahl vorhanden, kommt es nur zu einer geringen Konkurrenz. Besteht jedoch ein nur geringes Angebot an Nisthöhlen, sind Kohlmeisen den Blaumeisen unterlegen. Sogar bereits mit Gelege besetzte Höhlen von Kohlmeisen wurden in der Untersuchungsstudie von Blaumeisen übernommen.

Konkurrenzvermeidung durch Einnischung

Wenn allerdings durch ein großes Nisthöhlen-Angebot der Brutplatz nicht zum bestimmenden Konkurrenzfaktor geworden ist, koexistieren Blaumeisen und Kohlmeisen, wie auch **Sumpfmeisen** (*Parus palustris*), **Tannenmeisen** (*Parus ater*) und **Weidenmeisen** (*Parus montanus*), im selben Lebensraum,

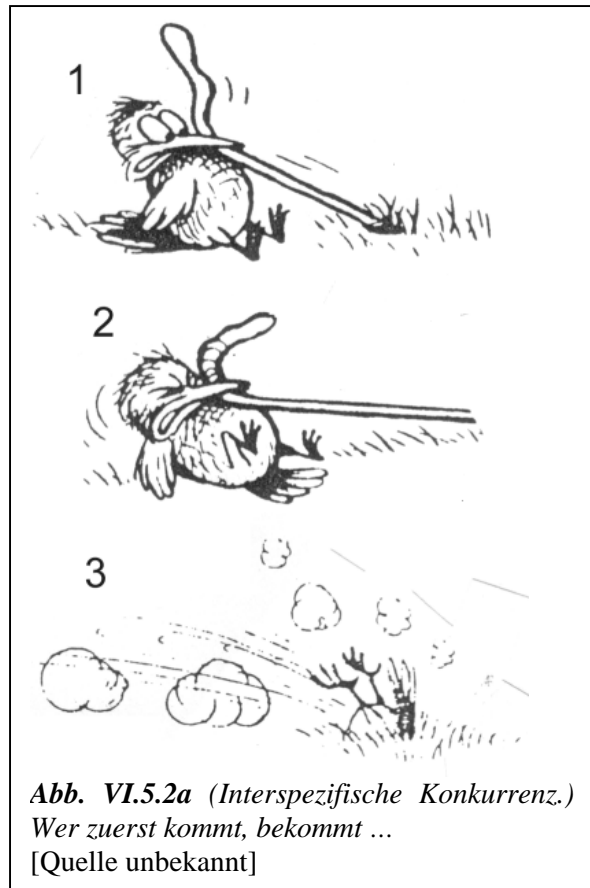


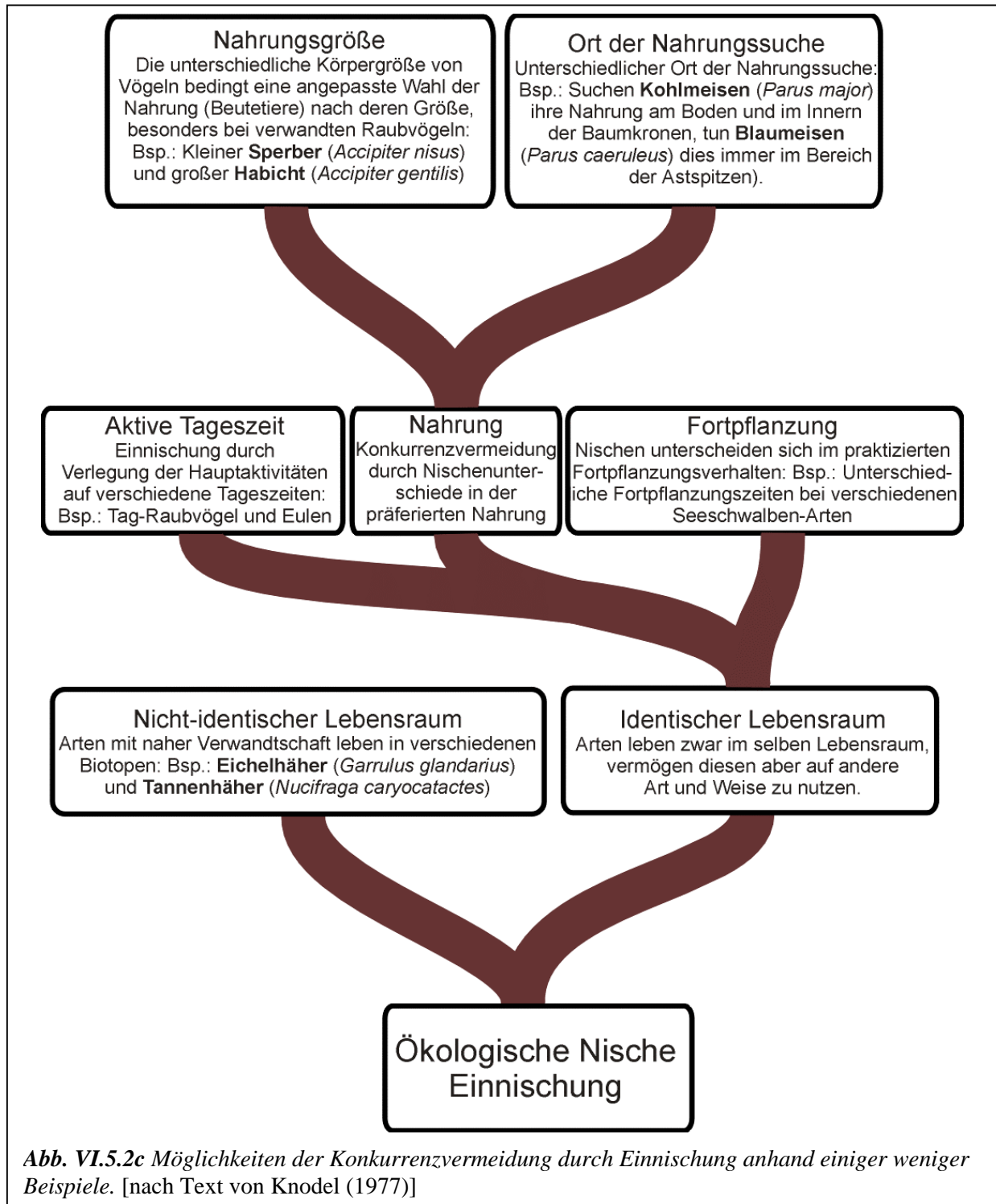
Abb. VI.5.2a (Interspezifische Konkurrenz.)
Wer zuerst kommt, bekommt ...
[Quelle unbekannt]

ohne dass gegenseitige negative Einflüsse bemerkbar wären. Trotz großer Übereinstimmungen in der Wahl des Lebensraums, der Nahrungspalette und des Brutplatzes schließen sich die verschiedenen Meisen-Arten nicht aus, da sie sich bei genauer Betrachtung in der Größe der Beuteinsekten, der Härte der akzeptierten Samen und dem exakten Ort der präferierten Nahrungssuche unterscheiden.

Bestimmend für das Gelingen einer solchen Konkurrenzvermeidung ist also, dass sich die um eine bestimmte Ressource konkurrierenden Arten in ihrer ökologischen Nische in wenigstens einem wesentlichen Faktor unterscheiden. So sind die Möglichkeiten zur Einnischung nahezu unbegrenzt und mannigfach realisiert. Dennoch lassen sich strukturelle Einnischungsvariationen klassifizieren, wie in Abbildung VI.5.2c (siehe nächste Seite) dargestellt.



Abb. VI.5.2b (Interspezifische Konkurrenz.)
... trotzdem nicht immer den Wurm.
[Quelle unbekannt]

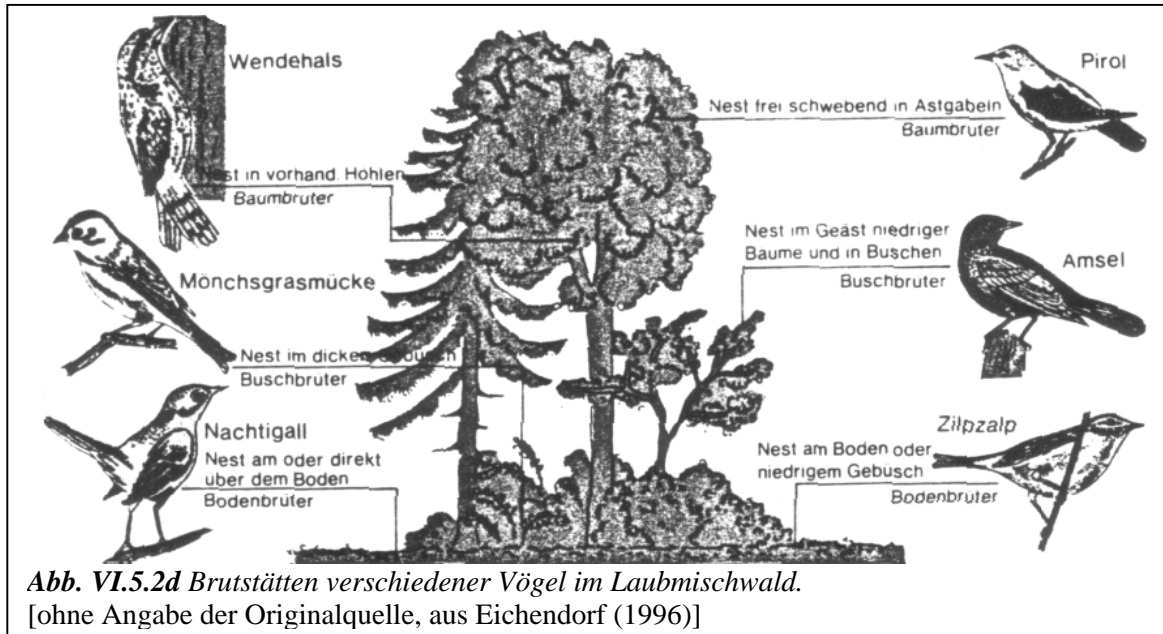


Beispiele zur Einnischung

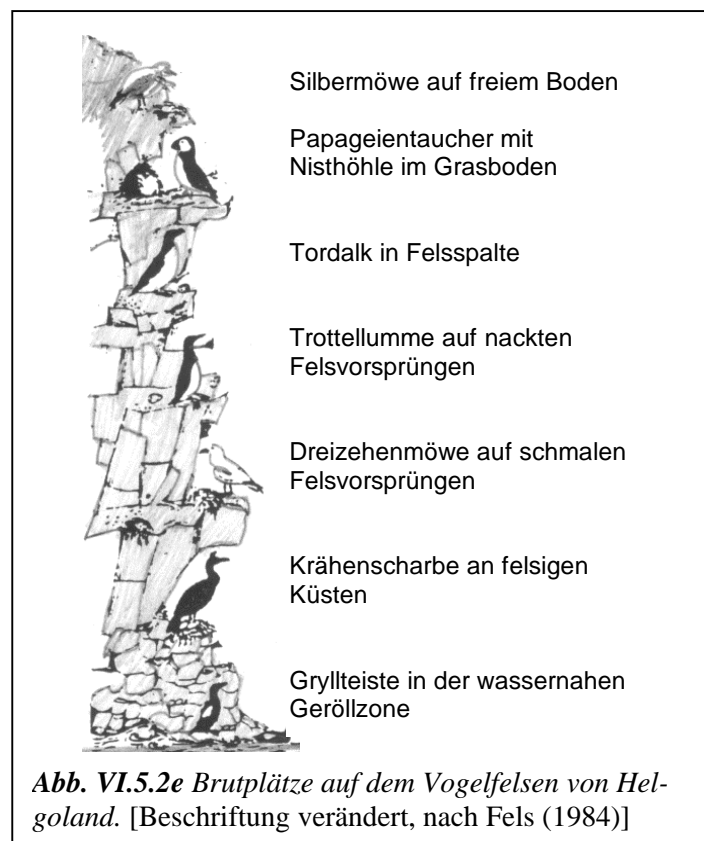
Anhand von fünf Beispielen, zwei zur Nistplatzwahl und drei zum Ort der Futtersuche,

sollen die Möglichkeiten zur Einnischung im Sinne einer Konkurrenzvermeidung im konkreten Fall dargestellt werden.

Nestbau im Laubmischwald



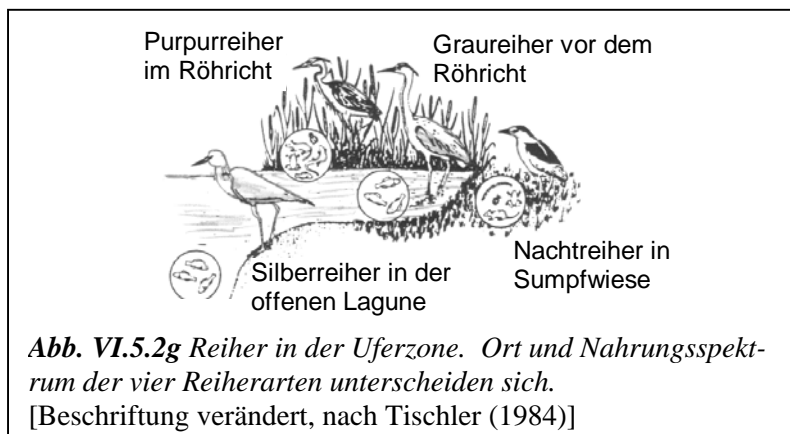
Brutplätze auf dem Vogelfelsen von Helgoland



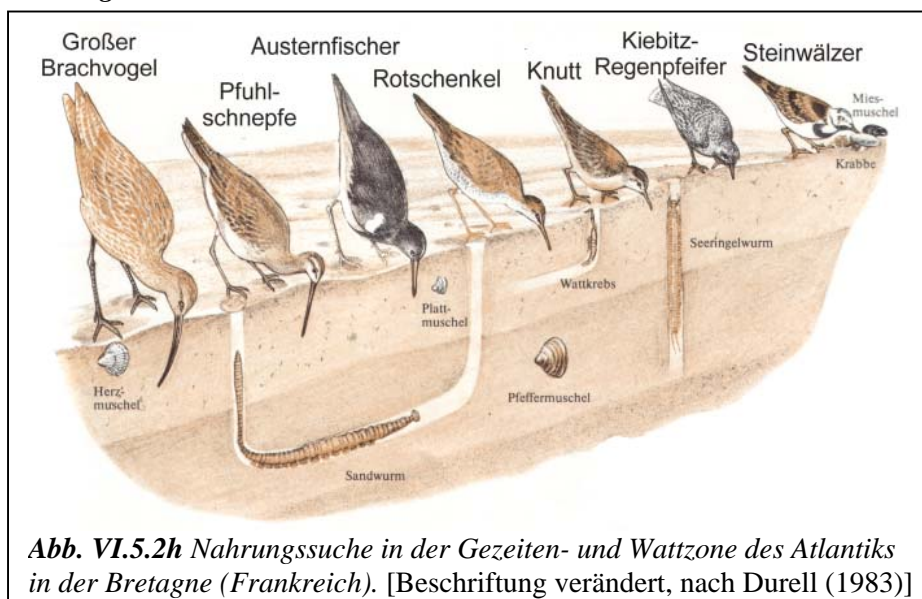
Nahrungssuche am Nadelbaum



Nahrungssuche am See



Nahrungssuche in der Gezeiten- und Wattzone



Zwillingsarten

Zilpzalp (*Phylloscopus collybita*) und **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*) sind optisch kaum unterscheidbare Zwillingsarten, wie schon im Kapitel zur Evolution kurz erwähnt wurde.

Beide Arten haben ein grün-olivbraunes Gefieder. Kaum sichtbare Unterschiede lassen sich in den leicht spitzeren Flügeln des Fitis ausmachen. Beide Arten haben meist hellbraune bis fleischfarbene Beine, wobei die des Zilpzalp fast immer dunkel sind. Auch bei der Brut treten nur geringe Unterschiede auf. Die Weibchen bauen kugelförmige Nester aus Moos und trockenem Gras und polstern diese mit Federn aus. Zwischen Ende April und Anfang Mai legen sie meist sechs bis sieben weiße Eier, die beim Fitis rotbraune Punkte oder Flecken, beim Zilpzalp purpurbraune Tupfen tragen. Die Eier werden in etwa 13 Tagen ausgebrütet. Die beim Fitis von beiden Eltern, beim Zilpzalp fast nur von den Weibchen gefütterten Jungen sind nach etwa weiteren 13 Tagen flügge. Ihre Nahrung besteht vorwiegend aus kleinen Insekten, deren Eiern und Larven. Die Beute wird im Flug gefangen oder auch abgelesen oder herausgestochert. Die ökologischen Nischen beider Arten scheinen somit nahezu kongruent. Ihre Gesänge sind jedoch vollständig verschieden, so dass die so realisierte akustische Isolation zur Balzzeit nur arteigene Geschlechtspartner anlockt.

Die Entstehung solcher Zwillingsarten wird auf sympatrische Evolutionsmechanismen zurückgeführt, beispielsweise durch Trennung einer Grundstammart in zwei Hauptpopulationen durch die Eiszeiten.

Mehrere Corvus-, Cisticola-Arten oder **Erlentyrann** (*Empidonax alnorum*) und **Weidentyrann** (*Empidonax trailii*) wurden nur dank ihrer stark abweichenden Gesänge als eigenständige Arten identifiziert.

Auch wenn daher ökologische Nischen zweier Arten zunächst identisch erscheinen, so dass sie teilweise sogar für eine einzige Art gehalten werden, existieren immer, wenn auch noch so kleine Unterschiede in der Einnischung jeder einzelnen Art, so dass eine bestimmte ökologische Nische stets spezifisch nur für eine einzige Art gilt.

Parasitismus unter Vögel

Vögel sind nicht immer die Leidtragenden in Wirt-Parasit-Bisystemen. Einige Vogelarten treten selbst als Parasiten auf.

Eine nicht seltene, manchmal jedoch auch nur übergangsweise bei Individuen zu beobachtende Erscheinung ist das Stehlen von Beute, der sogenannte Kleptoparasitismus. Zwar wird nicht der Organismus „Vogel“ unmittelbar geschädigt, dennoch muss auch diese Verhaltensweise eindeutig als Parasitismus interpretiert werden.

Generell ist echter Parasitismus unter den Vögeln eine seltene Erscheinung. Der **Spitzschnabel-Grundfink** (*Geospiza difficilis*) ist eine solche Randerscheinung, indem er aus den Blutkielen mausernder Tölpel Blut saugt. Der bekannte Brutparasitismus der Kuckucke wird an anderer Stelle im Rahmen der Fortpflanzung und Entwicklung detailliert erläutert. Hier sei auf Kapitel V.1.7 verwiesen.



Abb. VI.5.2i Silbermöwen jagen einen Eissturmvogel. [aus Burton (1991)]

Kleptoparasitismus

Das Jagen von Beutetieren ist mit viel Aufwand und Zeiteinsatz verbunden. Ein daher oft zu beobachtendes Schauspiel ist es, dass **Silbermöwen** (*Larus argentatus*) einen **Eissturmvogel** (*Fulmarus glacialis*) jagen, der mit einem schweren Fisch beladen ist (siehe Abbildung VI.5.2i). Der mit seiner gewichtigen Last schwerfällige Eissturmvogel kann der Flugwendigkeit und -geschwindigkeit der Silbermöwen nichts entgegensetzen.

So werden sie ihn zwingen können, seine Beute fallen zu lassen. Diese Räuberei ist gerade unter Fregattvögeln, Greifvögeln, Alken, Möwen, Schnepfen und Skuas weit verbreitet, die andere Seevögel attackieren, wenn diese Futter für ihre Nestlinge transportieren. Bei Singvögeln, Früchte- und Samenfressern, Tauben, Hühnervögeln und Papageien ist Kleptoparasitismus eine extreme Ausnahme (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Probiose

Probiose liegt immer dann vor, wenn lediglich einer der beiden Partner aus der Beziehung Nutzen ziehen kann, der zweite jedoch nicht geschädigt wird. Beispiele für Probiosen sind **Brandenten** (*Tadorna tadorna*), die sich in Kaninchenbauten einmieten (Entökie), **Eiderenten** (*Somateria mollissima*), die im Schutz von Seeschwalben-Kolonien (*Sterna spec.*) brüten (Parökie) oder Geier, die die Reste von Mahlzeiten anderer Jäger vertilgen (Kommensalismus). Das Warngeschrei einer **Amsel** (*Turdus merula*), die beispielsweise einen Raubvogel erblickt hat, verstehen auch andere Singvögel, die sich sofort in Sicherheit bringen. Auch diese überartige Form der Kommunikation muss als Probiose aufgefasst werden.

Parökie

Bei den **Tropfentrupialen** (*Icterus pectoralis*), schwarzgelb gefärbten Vögeln Südamerikas aus der Familie der Finkenvögel (Fringillidae), bauen allein die Weibchen die aufwändig gewebten keulenförmigen, an Ästen herabhängenden Nester.

Das Gelege hat zahlreiche Feinde, wie Schlangen, aber auch Affen, so dass die Nester zumeist in Bäumen auf kleinen, für Räuber nur schwer erreichbaren Inseln angelegt werden. Besonders beliebt sind Nistplätze, die sehr nah an bewohnten Wespennestern liegen. Die Wespen stören sich nicht an den „Nachbarn“, stellen für die Tropfentrupiale jedoch ein effektives Abwehrsystem dar.



Abb. VI.5.2j Kuhreiher beim Fressen von Insekten, die durch das abgebildete afrikanische Anko-le-Rind aufgestöbert werden. Ein Kuhreiher (rechts im Bild) sitzt auf dem Rücken des Rinds, um dort sitzende für das Rind lästige Fliegen aufzupicken. [aus Peterson (1965)]

Energisch verteidigen Wespen ihr eigenes Nest gegen potentielle Angreifer, zwangsläufig damit jedoch auch die Nester der Trupiale. Der Mangel an Wespennestern führt dazu, dass oft bis zu 100 Trupialweibchen ihre Nester rings um ein einziges Wespennest in einen Baum bauen. Die Rangordnung unter den Weibchen entscheidet, wer die am Wespennest nächstgelegenen Nistplätze erhält. So ist das Zusammenleben von Tropfentrupialen und Wespen ein typisches Beispiel für eine Parökie.

Kommensalismus

Wenn **Kuhreiher** (*Bulbulcus ibis*) Großwildherden oder Haustierherden folgen, dann deshalb, weil diese große Insekten in der unmittelbaren Umgebung aufscheuchen, die die Nahrungsgrundlage der Kuhreiher darstellen. So aufgebrachte Insekten sind eine leichte Beute. Dieses Herden-Verfolgen des Kuhreiher zur Nahrungssuche ist ein Beispiel für praktizierten Kommensalismus, unter dem allgemein verstanden wird, dass eine Art von der Anwesenheit einer anderen profitieren kann, der anderen dadurch aber weder Nutzen noch Schaden zuteil wird.

Das Verhältnis der Kuhreiher zu den Herdentieren tendiert sogar in Richtung Symbiose, da sie oft auch lästige Fliegen vom Rücken der Großtiere fressen (siehe Abbildung VI.5.2j).

Seevögel können leichter Schwarmfische erbeuten, wenn diese von Raubfischen an die Oberfläche getrieben werden. Auch kann beobachtet werden, dass Möwen geduldig warten, wenn Braunbären Alaskas erbeutete Lachse verzehren, um anschließend die Reste zu vertilgen.

Symbiose

Eine echte Symbiose liegt immer dann vor, wenn beide beteiligte Arten aus dem Vorhandensein der jeweils anderen Art Nutzen ziehen können.

Einige Finken ernähren sich unter anderem von Zecken, die sie auf Riesenschildkröten finden. **Aaskrähen** (*Corvus corone*) fressen gelegentlich Parasiten aus den Ohren von **Sikahirschen** (*Cervus nippon*). Sogar eine Python lässt sich von Vögeln geduldig die Zecken zwischen den Schuppen entfernen.

Wenn der indische **Gaurbulle** beim Weiden im hohen Gras seinen Kopf hebt, ist das das Einladungszeichen für den **Trauerdrongo** (*Dicrurus adsimilis*), dem Bullen seine Nüster nach Maden, Zecken und Lebereglern abzusuchen (Attenborough (1994)).

Zwischen Honiganzeigern, wie dem **Schwarzkehl-Honiganzeiger** (*Indicator indicator*), und **Honigdachs** (*Mellivora capensis*) existiert eine Symbiose beim Aufsuchen und Plündern wilder Bienenstöcke (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Dabei lockt ein Honiganzeiger einen Honigdachs zu einem Bienenstock, der ihn dann öffnet. Der Vogel kann dann die Bienen fressen.

Der Mensch macht sich zunutze, dass Honiganzeiger in ihrem Revier den Ort der Bienenstöcke kennen, und so lässt er sich von ihnen zum Stock führen. Im Kapitel VII.2 „Vögel als Partner“ wird auf diese spezielle Form der Symbiose zwischen Mensch und Honiganzeiger detaillierter eingegangen.

Honiganzeiger fressen jedoch nicht nur die aus dem Bienenstock schwärmenden Fliegen, auch den Honigwachs vertilgt er gerne. Es sind sogar Fälle bekannt, in denen Honiganzeiger die Altarkerzen in Kirchen gefressen haben (Cameron, Perrins (1976)). Dann wird aus dem vormaligen Symbiose-Partner des Menschen ein lästiger Vandal.

Wie mannigfaltig die Wechselwirkungen zwischen den Organismen sind, zeigt der Honiganzeiger auch dadurch, dass er zwar in enger Symbiose mit dem Honigdachs lebt, jedoch gleichzeitig als Brutparasit bei Spechten und Bartvögeln auftritt.

Eine besondere Form der Symbiose hat sich zwischen **Afrikanischen Straußen** (*Struthio camelus*) (siehe Kapitel II.7, Abschnitt zum Strauß) und Herdentieren, wie Antilopen, Gazellen, Zebras, Gnus oder auch Warzenschweinen, gebildet. Sie streifen oft in großen Gruppen durch die afrikanische Steppe und

Savanne (siehe Abbildung VI.5.2k). Die weidenden Huftiere stöbern dabei zahlreiche Insekten, kleine Reptilien und Nagetiere auf, die den Straußen neben Früchten und Pflanzen als Nahrung dienen, während der Wachsamkeit der Strauße, gepaart mit ihrem sehr guten Sehvermögen, kein potentieller Feind, wie etwa Löwen, entgeht. Sie können Raubtiere weitaus früher wahrnehmen als Huftiere, besonders dann, wenn sich die Räuber entgegen der Windrichtung nähern und so eine Witterung durch die Herde vermeiden.



Abb. VI.5.2k Gazelle, Warzenschwein und Strauß in der afrikanischen Steppe. Sie formieren sich hier zu einer symbiontischen Gemeinschaft, in der Strauße von aufgebrachten Kleintieren als Nahrung profitieren und die Herdentiere von der Aufmerksamkeit der Strauße, die jede Gefahr von Feinden bemerken. [aus Peterson (1965)]

Strauße übernehmen dann die Rolle eines Frühwarners und veranlassen die ganze Gruppe zur unmittelbaren Flucht.

Beide Seiten, Herdentiere wie Strauße, profitieren zu etwa gleichen Teilen aus den Vorteilen, die ihnen aus ihrer geschlossenen Allianz entstehen.

Übergangsformen zwischen Symbiose und Parasitismus

Wie Finken ernähren sich Madenhacker (**Rot-schnabel-Madenhacker** (*Buphagus erythrorhynchus*) und **Gelbschnabel-Madenhacker** (*Buphagus africanus*) in der Regel von Zecken und Milben, die sie auf der Haut von Großtieren aufspüren. Dabei klettern sie ähnlich geschickt auf den großen Tieren wie Spechte an Baumstämmen. Aber nicht nur die Haut freilebender Elefanten, Nashörner oder Giraffen ist der Ort für die Nahrungssuche, auch Rinderherden werden regelmäßig durch zahlreiche Madenhacker begleitet (Cameron, Perrins (1976)). Dieses Verhalten ist sowohl für Großtiere, die von lästigen Zecken und Milben befreit werden, als auch für die Madenhacker selbst, die Nahrung auf der Haut der Großtiere reichlich finden können, von großem Vorteil.

Der beidseitige Nutzeffekt wird jedoch dann zugunsten der Madenhacker verschoben, wenn sie durch Abpicken der Parasiten Wunden verursachen und aus diesen austretendes Blut trinken. Sie belassen es jedoch nicht dabei, nur bis zum Eintrocknen der Wunden Blut aufzunehmen, sondern hacken entstandene Wunden regelmäßig wieder auf, damit sie nicht verheilen können und weiterhin bluten. Auch fressen sie Gewebe um die Wunde. In diesem Falle muss bereits von echtem Parasitismus gesprochen werden.

Räuber-Beute-Bisysteme

Wenn **Papageientaucher** (*Fratercula arctica*) nah an der Wasseroberfläche schwimmende, kleine Fischschwärme oder in unruhigen Gewässern auch größere Fische, besonders Sandaale (Ammodytidae), verfolgen, um einzelne von ihnen als Nahrung zu erbeuten, treten sie

als Prädatoren (Räuber) mit den Fischen in ein klassisches Räuber-Beute-Bisystem ein. Räuber ernähren sich von Beutetieren. Dieser an sich einfache Umstand birgt jedoch komplizierte wechselseitige Einflüsse zwischen beiden Gruppen des Systems, die im Rahmen von Räuber-Beute-Bisystemen untersucht werden.

Solche Bisysteme mit nur zwei beteiligten Arten, daher der Begriff Bisystem, sind unter natürlichen Bedingungen sehr selten. Meist beruhen solche Untersuchungen daher auf stark generalisierten und reduzierten, künstlichen Laborbedingungen.

Ein Beispiel für ein natürliches Bisystem wurde bereits mit den Beziehungen zwischen **Schnee-Eulen** (*Nyctea scandiaca*) und Lemmings im Kurz-Info „Einfluss der Nahrungsressourcen auf Schnee-Eulen“ (Kapitel II.1.3.1) vorgestellt.

Werden Prädatoren und Beutetiere zusammen in ein Gehege ohne Versteck- und Ausweichmöglichkeiten gesperrt, führt dies innerhalb kürzester Zeit zur völligen Ausrottung der Beutegruppe. Auch die Räuber werden aufgrund des dann einsetzenden Nahrungsmangels schließlich sterben.

Unter natürlichen Bedingungen sind beide Arten jedoch in aller Regel in ihrem Bestand stabil und sterben nicht aus. Zahlreiche Verstecke und Fluchtmöglichkeiten helfen hier den Beutetieren, den Räubern zu entgehen.

Der Räuber seinerseits ist meist nicht monophag, hat also ein breiteres Nahrungsspektrum (mehr als eine einzige Beuteart als Nahrungsressource), so dass er sich bei Rückgang einer Beute-Population eher von anderen Beutearten ernährt.

Unter idealisierten Modellbedingungen zeigen sich dem Regelkreis-Prinzip gleich folgende zyklisch auftretende Populationsschwankungen von Beute-, wie auch Räuber-Population: Bei einer hohen Beute-Populationsdichte werden Räuber leicht einzelne Beutetiere erreichen, um sie zu fressen. Das hohe Nahrungsaufkommen führt schließlich zeitverzögert über eine erhöht erfolgreiche Jungenaufzucht zu einer Erhöhung der Räuber-Zahl.

In einigen Fällen konnte sogar nachgewiesen werden, dass bestimmte Vogelarten in der Lage sind, die Zahl der abgelegten Eier und damit die Gelegegröße den herrschenden Nahrungsbedingungen anzupassen (siehe Kapitel VI.4.2 im Abschnitt Phänotypische Plastizität und Kapitel V.1.5 im Abschnitt Gelege).

Nimmt die Räuber-Dichte jedoch zu, verstärkt sich der Bedarf an Nahrung, so dass schließlich der Bestand an Beutetieren – ebenfalls mit einer gewissen Zeitverzögerung – stark abnimmt. Als Folge dessen wird die Nahrungsaufnahme für den einzelnen Räuber zunehmend erschwert, so dass auch die Zahl der Räuber mit der Zeit wieder abnimmt.

Die Regeln von Lotka und Volterra fassen die gewonnenen Erkenntnisse über die Beziehungen in Räuber-Beute-Systemen in kurzer Form zusammen.

1. Regel

Die Dichte von Feind- und Beutepopulation schwankt periodisch, wobei die jeweiligen Maximal-Extremwerte phasenverschoben sind. Als Grundvoraussetzung für die Gültigkeit dieser Regel wird gefordert, dass neben ständig gleichbleibenden Bedingungen der Prädator monophag ist.

2. Regel

Trotz periodischer Schwankungen bleiben unter den Voraussetzungen der ersten Regel die Mittelwerte der Beute- und Prädator-Population langfristig konstant.

Tatsächlich können in natura etliche solche voneinander abhängigen zyklischen Populationschwankungen registriert werden, auch wenn bei beiden Gruppen selbstregulatorisch

wirkende intraspezifische (Crowding) und weitere Faktoren wirksam sind.

Erwähnt werden sollte weiterhin, dass Störfaktoren, beispielsweise toxische Substanzen, auf Räuber- und Beute-Organismen gleichermaßen wirken. Es kann allerdings beobachtet werden, dass sich Resistenzen gegen solche Gifte eher bei (kleinen) Beute-Arten einstellen, da sie meist eine schnellere Generationsfolge haben. Auch sind die angereicherten Mengen der Gifte in Organismen niedriger Trophiestufen wesentlich geringer als die höherer Stufen. Dies führt schließlich über das Zurückgehen der Räuber-Population zu einer höheren Populationsdichte der Beute. In diesem Zusammenhang sei auf die bereits erläuterte Biomagnifikation von Vögeln im Kapitel II.1.3.4 verwiesen.

Phänomen „Gemeinsame Fluktuation“

Lange Zeit war ungeklärt, warum die Brutbestände beziehungsweise der Bruterfolg zahlreicher arktischer und subarktischer Gänse, Schneehühner und Limikolen eine deutliche Abhängigkeit von der Dichte von Lemmingpopulationen aufweist.

In Jahren mit kleiner Lemmingpopulation ist die Jungenaufzucht dieser Vögel signifikant geringer als in solchen mit hoher Lemming-Populationsdichte.

Die Erklärung für dieses Phänomen ist simpel: Prädatoren von Lemmingen und anderen Kleinsäugetieren, wie beispielsweise Marder und Füchse, müssen in Jahren mit geringer Kleinsäugetierdichte auf andere Beutetiere, in diesem Fall auf Vögel, ausweichen, so dass dann vermehrt Jungvögel Opfer von Räubern werden (Bairlein (1996)).

VII VÖGEL UND MENSCHEN

VII.1 VÖGEL ALS PRODUKTLIEFERANTEN

Ei-Produktion

Die Beziehungen zwischen Mensch und Vogel reichen weit in die Vergangenheit zurück. In ihrer ursprünglichsten Bedeutung für den Menschen müssen Vögel wohl zunächst rein als Nahrungsquelle gedient haben. Als erlegbares Wild hat der Mensch ihnen nachgestellt. Schon früh jedoch haben Menschen Vögel auch gehalten und sich so eine sichere Nahrungsgrundlage geschaffen.

Das bekannteste Beispiel dürfte neben Enten und Gänsen das Haushuhn sein, das als **Bankivahuhn** (*Gallus gallus*) vor mehr als 5000 Jahren domestiziert wurde und in seiner heutigen Form in mehr als 200 Rassen vorkommt.

Die älteste Nachweise der Domestikation konnten in Indien gesichert werden und reichen bis ins Jahr 3200 vor Christus.

Die Aufnahme in die Obhut des Menschen brachte dem Huhn Schutz und sichere Nahrung, allerdings zu dem Preis, als Eier- und Fleischlieferant zu dienen.

Ihrer jeweiligen Aufgabe für den Menschen entsprechend sind bestimmte Rassen fleischiger, andere legen nahezu jeden Tag ein Ei, und bei Kampfhähnen wurden speziell starke, kräftige Beine und längere Kampfsporen, die rückwärts gerichtet am Bein ansitzen und im Inneren aus mit Keratin umgebenden Knorpelsubstanz bestehen, herausgezüchtet.

Die Gesamtzahl der domestizierten Haushühner beträgt heute etwa 8 Milliarden, mehr als die menschliche Erdbevölkerung. Pro Jahr werden von diesen Hühnern etwa 500 Milliarden Eier produziert.

Der Grund, warum Hühner nahezu täglich Eier legen, liegt in einem besonderen Legeverhalten des Huhns, das sich der Mensch zunutze macht.



Abb. VII.1a Haushühner in echter Freilandhaltung auf einem Westerwälder Bauernhof (Asbach), Januar 2003.

Viele Vogelarten haben eine (relativ) konstante Gelegegröße. Entfernt man ein oder mehrere Eier aus dem Gelege, legen sie keine Eier nach. Hühner, wie auch etliche andere Arten, legen jedoch stets solange neue Eier bis die ursprüngliche Gelegegröße wieder erreicht wird. Da die neuabgelegten Eier täglich wieder weggenommen werden, versucht die Henne über Jahre hinweg, ihr Gelege wieder auf die ursprüngliche Größe (von etwa fünf bis sechs Eiern) zu bringen. Nur bei großer Kälte im Winter oder in der Mauser kann es zu kurzzeitigem Aussetzen der täglichen Eiablage kommen.

Als Nahrungsmittel werden heute hauptsächlich Eier von Haushühnern, Gänsen und Straußen verwendet.

Nicht nur der Ei-Inhalt war lange Zeit bis heute begehrt. So konnten in altassyrischen Grabstätten 5000 Jahre alte Trinkgefäße geborgen werden, die aus Straußen-Eiern gefertigt worden waren (Mauersberger (1974)).

Auf der Balearen-Insel Ibiza wurden auf dem phönizischen Friedhof Puig de's Molins nahe der Hauptstadt in 4000 in den Fels gegrabenen, unterirdischen Höhlen zahlreiche aus Straußeneiern hergestellte Gegenstände aus der Zeit zwischen 400 und 300 vor Christus gefunden werden, darunter Krüge und Schalen, die mit verschiedensten Formen und Pflanzen-Motiven kunstvoll verziert sind.

Selbst heute werden in ganz Afrika noch Straußen-Eier als Wasserbehälter umfunktionierte. In Lederriemen aus Antilopenhaut eingebunden dienen die Eier als Transportgefäß für Milch und Wasser, unter anderem bei den längeren Jagdexpeditionen der Ureinwohner (Dorling Kindersley (1997)).

Besonders die Haltung von Haushühnern in Legebatterien steht in der Kritik. In der Schweiz schon lange verboten, wird in Deutschland eine entsprechende Regelung erst in einigen Jahren umgesetzt werden.

Einige Zeit wurde sogar behauptet, Legehühner würden die Legebatterie dem Auslauf vorziehen. Gestützt wurde diese These durch ein Experiment, bei dem Haushühner die freie Auswahl zwischen Legebatterie und Freiland gelassen wurde. Wählten Auslaufhühner zwar immer direkt den Auslauf, liefen Batteriehühner stets in den bekannten Batteriekäfig. An dieser Stelle wurde das Experiment abgeschlossen. Später wurde solche Experimente jedoch mit dem Ergebnis fortgeführt, dass bereits nach kurzer Zeit alle Hühner den Auslauf bevorzugten und nie mehr in die Legebatterie zurückkehrten (Dawkins (1976)).

Fleisch-Produktion

Als Fleischlieferant werden Haushühner (**Bankivahuhn** (*Gallus gallus*), Hastruthühner (**Truthühner** (*Meleagris gallopavo*), Perlhühner (**Helmpferlhuhn** (*Numida meleagris*)), Hausenten (**Stockente** (*Anas platyrhynchos*)), **Moschusenten** (*Cairina moschata*), **Hausgänse** (*Anser domesticus*), von

der **Graugans** (*Anser anser*)), **Nilgänse** (*Allopochen aegyptiacus*), Höckergänse (**Schwaungans** (*Anser cygnoides*)), **Strauße** (*Struthio camelus*) (siehe Abbildung II.7c), Haustauben (**Felsentaube** (*Columba livia*)), **Wachteln** (*Coturnix coturnix*) und zahlreiche weitere Arten gehalten (Bezzel, Prinzinger (1990)).

Die Domestikation des Truthuhns hat, so wird angenommen vor etwa 5000 Jahren im Gebiet des heutigen Mexikos begonnen. Erst im 16. Jahrhundert gelangten Hastruthühner über den Seeweg nach Europa und sind heute weltweit verbreitet. Am domestizierten Truthuhn lässt sich, wie auch bei Haushühnern, die Reduktion der Flügel und die deutliche Gewichtszunahme deutlich feststellen.

Federn

Gerade in nördlichen Ländern dienen Federn auch heute noch als Füllmaterial für Bettkissen und -decken. Gerade Hausgänse, aber in zunehmendem Maße auch Hühner- und Entenfedern, liefern die in Massen benötigten Bettfedern.

Als qualitativ hochwertig zeichnen sich die Federn wildlebender **Eiderenten** (*Somateria mollissima*), **Prachteiderenten** (*Somateria spectabilis*), **Graugänse** (*Anser anser*), **Brandgänse** (*Tadorna tadorna*) (siehe Abbildung III.1d), **Höckerschwäne** (*Cygnus olor*) und etlicher Möwenarten aus.

In der Vergangenheit waren Federn auch Schreibgeräte oder Schmuck an Hauben, Hüten und Kleidung.

Strauße (*Struthio camelus*), **Silberreiher** (*Casmerodius albus*), **Seidenreiher** (*Egretta garzetta*), Adler, Kolibris, Möwen, **Pfau** (*Pavo cristatus*), Paradiesvögel, **Fasane** (*Phasianus colchicus*), **Steinhühner** (*Alectoris graeca*) und viele andere Arten mussten im wahrsten Sinne des Wortes Federn lassen, damit ihre Federn Menschen schmücken können.

Der großen Gewinne beim Schmuckfedern-Verkauf wegen, wurde der Strauß in großen Teilen Afrikas ausgerottet. Anfang des 20. Jahrhunderts wurden viele Straußen-Farmen gegründet, die die schwarz-weißen Schmuckfedern für viel Geld absetzen konnten.

Heute ist die Bedeutung der Straußen-Federn für die Industrie und Mode stark zurückgegangen, so dass sich die Farmen auf die Gewinnung von Straußen-Fleisch und Leder konzentrieren.

Bekannt sind des weiteren die typischen Indianer-Hauben, die bei einer Vielzahl von Indianerstämmen getragen werden und aus einer, mehreren oder zahlreichen Federn zusammengesetzt wurden und werden. Dabei gibt die Zahl der Federn und ihre Anordnung auf der Haube bei vielen Stämmen die erbrachte Leistung und die Rangordnung innerhalb des Indianerstammes an. Adlerfedern durften früher nur von tapferen und erfahrenen Indianer-Kämpfern getragen werden. Sie wurden so an der Haube befestigt, dass sie beim Gehen so schwingen, wie die Federn eines fliegenden Adlers. Jede Feder stand hierbei für eine besonders mutige Tat.

Auch in Afrika schmückten sich die Einwohner mit Federn. Im Sudan bestand bis ins frühe 20. Jahrhundert der Kopfschmuck eines tapferen Kriegers aus dem Latukan-Stamm aus einer verzierten Metallhaube, die mit jeweils einer Feder eines Webervogels und eines Straußes geschmückt war.

In Hawaii waren die leuchtend gelb und rot gefärbten Federn einiger Vögel heilig.

In der Mauserzeit rupfte man den `I`Iwo- und den Apapane-Vögeln ihre roten Federn aus, den `O`o- und den Mamo-Vögeln ihre gelben Federn und fertigte mit ihnen farbige Umhänge, die von den Stammesoberen nur zu feierlichen Zeremonien oder im Krieg getragen wurden. Nach dem Rupfen ließ man die Vögel wieder frei.

Der **Quetzal** (*Paromachrus mocinno*), einer der schönsten Trogons, der in den Wäldern der Bergregionen Mittelamerikas lebt, war seiner Federn wegen ebenfalls beliebt. Die Männ-

chen haben zur Balzzeit ein prachtvolles grünes Gefieder mit etwa 60 Zentimeter langen Schwanzfedern. Besonders diese Schwanzfedern waren als Schmuck der Aztekenherrscher, aber auch bei den Mayas und Tolteken, beliebt. Sie wurden in Käfigen gehalten und jährlich gerupft. Der Quetzal schmückt heute das Staatswappen, Münzen und Briefmarken von Guatemala. Zugleich ist der Quetzal die gültige Währungseinheit (Durrell (1983) und Lingen, Rheinwald (o. J.)).

In Peru wurden Kopfschmuck, Umhängelätze und ganze Hemden mit aufwändigen Mustern und Bildmotiven aus Federn meist tropischer Vögel hergestellt. Die Chimu-Indianer, die zwischen dem 10. und 15. Jahrhundert einen Küstenstreifen Perus bewohnten, fertigten große Stückzahlen Textilien, die aus einem Basishemd aus Baumwolle und aufgenähten Federn bestehen und beispielsweise, wie in einem Grab gefunden, Fisch- und Eulen-Motive zeigen (Dorling Kindersley (1997)).

Weitere Produkte

Neben den hauptsächlich gewonnenen Produkten Fleisch, Eier und Federn wurden in früherer Vergangenheit, in einigen Kulturen auch heute noch, scharfkantige Knochenstückchen als Messer verwendet oder Sehnen als Schnüre. Die mittlerweile sogar in Deutschland und anderen europäischen Ländern in großen Farmen gehaltenen Afrikanischen Strauße liefern neben und dem immer beliebter werdenden Straußen-Fleisch beispielsweise Leder, das zu Taschen verarbeitet wird.

Selbst Exkremente von Vögeln finden in großen Mengen Verwendung. Als Guano (20 bis 30 % Calciumphosphat und 10 bis 15 % Stickstoff) werden diese Ausscheidungen von Seevögeln, wie Pelikanen, Tölpel, Kormoranen, Sturmvögeln und Pinguinen, in Tonnen seit 1840 an den regenschwachen Küstengebieten und Inseln Perus und Chiles abgebaut und exportiert (Freye, Kämpfe, Biewald (1991) und Peterson (1965)).

VII.2 VÖGEL ALS HELFER DES MENSCHEN

Einführung

Menschen verbindet mit Vögeln eine besondere Bande, eine Faszination, die bis heute ungebrochen ist. Keine Tiergruppe hat so viele Liebhaber. Die Zahl der privaten Vogelhalter, wie auch der Vogelschützer ist sehr groß. So finden sich in vielen Wohnzimmern Vogelkäfige, in denen **Wellensittiche** (*Melopsittacus undulatus*), **Nymphensittiche** (*Nymphicus hollandicus*), **Kanarienvögel** (*Serinus canaria*), **Zebrafinken** (*Taeniopygia guttata*) oder **Gouldamadinen** (*Chloebia gouldiae* oder *Erythrura gouldiae*) (siehe Abbildung II.6.2.5j) ein mehr oder weniger artgerechtes Dasein fristen. Dabei ist der psychologisch-seelische Nutzen besonders für einsame Menschen unbestritten. Auch in Zoos (siehe Abbildung VII.2a), Naturparks oder im Zirkus werden zahlreiche Vögel aus den unterschiedlichsten Gründen gehalten und dem Menschen vorgeführt.

In diesem Kapitel soll es aber um solche Beispiele gehen, wo Mensch und Vogel eine besondere Form der Partnerschaft zu mehr oder weniger beiderseitigem Nutzen eingegangen sind.

Brieftauben

Wenn in früheren Zeiten Brieftauben in Friedens- wie Kriegszeiten wichtige Nachrichten überbrachten, dann beruhte dies auf einer festen Partnerschaft zwischen Mensch und Brieftauben. Dabei waren die domestizierten Brief- oder Haustauben, die von der **Felsen- taube** (*Columba livia*) abstammen, so zuverlässig, dass sie auf einigen Südseeinseln bis weit nach dem zweiten Weltkrieg Postsendungen zwischen einzelnen Inseln beförderten. Ihr außerordentlich gutes Orientierungsvermögen unter anderem mithilfe ihres Erd-



Abb. VII.2a Weißstörche auf Nahrungssuche in Hagenbecks Tierpark, Hamburg, im September 2002.

magnetfeldsinnes lässt sie ihren Schlag sicher wiederfinden.

Besteht die von den Brieftauben erbrachte Leistung in der (nicht absichtlichen) Beförderung von Nachrichten, bietet der Mensch ihnen Schutz im Taubenschlag und sichere Nahrung.

Genaugenommen macht sich der Mensch in diesem Falle eher besondere Eigenschaften der Brieftaube zunutze als dass eine echte Partnerschaft vorliegen würde, schließlich ist sich die Brieftaube, so darf angenommen werden, ihrer besonderen Aufgabe nicht wirklich bewusst.

Wann der Mensch Tauben domestizierte ist nicht geklärt. Wie so oft, liefert die Bibel hier erste Hinweise: „Noah ließ auch eine Taube fliegen, um zu erfahren, ob das Wasser abgeflossen war. Sie fand keine Stelle, wo sie sich niederlassen konnte; (...). Deshalb kehrte sie zurück. Noah streckte die Hand aus und holte sie wieder herein. (...) dann ließ er die Taube zum zweiten Mal fliegen. Diesmal kam sie gegen Abend zurück (...)“ (Altes Testament, 1. Buch Mose / Genesis 8,8-12).

Überliefert ist die Taubenhaltung aber auch aus Ägypten um etwa 3000 vor Christus.

Überliefert ist ebenfalls, dass Gajus Julius Caesar Tauben Nachrichten anvertraute, die über seine kriegerischen Erfolge berichteten.

Biologische Schädlingsbekämpfung

Wie Tauben sind auch die zur biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzten insektenfressenden Vögeln (Insectivore) nicht ihrem Nutzen für den Menschen bewusst. Gerade in der Vernichtung von Fortschädlingen wird ihnen heute wieder ein hoher Stellenwert beigemessen, nachdem immer mehr Schädlinge Resistenzen gegen die üblicherweise angewandten Insektizide gebildet haben und ein Umdenkungsprozess über die Verwendung chemischer Vernichtungsmittel eingesetzt hat. Insectivore sind somit die biologische Alternative zur chemischen Schädlingsbekämpfung. Immer jedoch bedeutet dies einen Eingriff in bestehende Ökosysteme, so dass ihr Eingriff Risiken birgt und vorher sehr genau abgewägt werden muss. Vor der Einführung fremder Arten in bestehende Ökosysteme muss daher generell gewarnt werden. Selbst das Einbringen einer zusätzlichen Nahrungsquelle kann verheerende Folgen für das ganze Ökosystem haben. So wurden im Flathead Lake (Montana, USA) **Reliktkrebse** (*Mysis relicta*) ausgesetzt, die den **Blaurückenlachsen** (*Oncorhynchus nerka*) als zusätzliche Nahrung dienen sollten. In der Folge brach die Lachs-Population sogar zusammen, da die kleinen Krebse nicht nur als Nahrung fungierten, sondern vielmehr den Lachsen das Zooplankton wegfräßen und in tieferen Wasserschichten vor den Lachsen sicher waren. Der starke Rückgang der Lachse führte nicht nur zur Dezimierung der Grizzlybären, sondern auch fast zum Aussterben des **Weißkopfseeadlers** (*Haliaeetus leucocephalus*) in diesem Gebiet (Begon, Harper, Townsend (1997)).

Der Bergmannsvogel

Im Untertagebergbau treten nicht selten giftige Gase, besonders das nicht riechbare Kohlenmonoxid, in Erscheinung, die für die dort beschäftigten Menschen eine große Gefahr darstellen. Mit dem Bergbau eng verbunden

ist seit langer Zeit die Kanarienvogelzucht. Kanarienvögel besitzen die günstige „Eigenschaft“, schon bei Einatmung der sehr geringen Konzentration von 0,29 Prozent Kohlenmonoxid nach 2,5 Minuten „von der Stange“ zu fallen (Schneider (2002)). So wurde der Kanarienvogel der Giftwarner der Bergleute beispielsweise im Eisenerz- und Steinkohlebergbau.

In vielen Bergbauregionen, wie im Erzbergbau im Harz, wurden daher Kanarienvögel nicht nur gehalten, sondern als Familienhobby sogar neue Rassen, zum Beispiel der Harzer Roller von Bergmann Wilhelm Trute, gezüchtet. Als willkommenes Zubrot wurden Kanarienvögel nach besonderen Gesangsmustern (Liedern) selektiert, gezüchtet und in selbstgebauten Holzkäfigen in der ganzen Welt verkauft. Die Harzer Vögel wurden über einen New Yorker Zwischenhändler sogar in den USA verkauft.

Jede zweite Familie, 350 an der Zahl, beschäftigte sich damals, um 1880, im Harzer Sankt Andreasberg mit der Kanarienzucht. Mit dem Niedergang des heimischen Bergbaus ging auch die Kanarienzucht stark zurück. Heute gibt es in Sankt Andreasberg gerade noch zwei Züchter. Im Ruhrbergbau verrichteten noch bis 1961 Kanarien ihren Dienst, in Großbritannien gar bis 1996.

Die Ursprünge der Kanarienzucht reichen weit über den ersten Einsatz in einem Bergwerk hinaus. Als besonders begehrter Ziervogel wurden sie seit der Eroberung der Kanarischen Inseln durch die Spanier im Jahre 1496 auf die iberische Halbinsel verschifft und dort als Luxusvogel zu höchsten Preisen gehandelt. Die spanischen Klöster standen damals vor großen finanziellen Schwierigkeiten, so dass nur kurze Zeit später Mönche mit der Zucht von Kanarienvögeln begannen, um die klammen Kassen aufzufüllen. Das florierende Geschäft sicherte den Klöstern gute Einnahmen. Der Export reichte bis nach Italien, Frankreich und Großbritannien.

Zwar bestand des schönen Gesangs wegen eh (fast) nur eine Nachfrage nach Männchen, aber auch sonst verkauften die spanischen Mönche stets nur Männchen. So konnten sie sich das Monopol der Kanarienzucht bis etwa 1600 sichern (Bielfeld (1983)).

Honigsucher

Wurde im Kapitel VI.5.2 bereits auf die besondere Symbiose zwischen dem **Schwarzkehl-Honiganzeiger** (*Indicator indicator*) und **Honigdachs** (*Mellivora capensis*) eingegangen, so übernimmt der Mensch heute oftmals die Rolle des Honigdachs.

Die afrikanischen Wildbienen legen ihre Nester häufig in engen Felsspalten oder hohlen Bäumen an. Honiganzeiger vermögen jedoch weder Steine zu meißeln, noch Holz zu zersplittern, um an die für sie sehr nahrhaften Bienenlarven und den Bienenwachs zu gelangen.

Menschen des nordkenianischen, teilnomadischen Boran-Stammes dagegen haben Schwierigkeiten, die versteckt liegenden Bienenstöcke zu finden. Sie sind nur am Honig interessiert.

Wenn sich ein Mann des Stammes auf die Honigsuche begibt, pfeift er zunächst, „indem er über ein leeres Schneckengehäuse, eine durchbohrte Samenkapsel oder die geschlossene Faust bläst“ (Attenborough (1994)). Befindet sich einer der in Nordkenia noch zahlreichen Honiganzeiger in der Nähe, wird er in die Nähe des Menschen fliegen und mit einem nur zu dieser Gelegenheit verlautbarten, zwitschernden Gesang antworten. In Bodennähe und mit weit gespreiztem Schwanz, die seine weißen Federn deutlich sichtbar werden lassen, fliegt er vor dem Menschen her, der ihm folgt und dies durch häufiges Pfeifen anzeigt. Der Honiganzeiger setzt sich auf entferntere Äste und zwitschert solange eindringlich, bis ihm der Mensch gefolgt ist. Wenn sie das Bienenest erreicht haben, lässt er zwei- oder

dreimal eine besondere Melodie hören und setzt sich anschließend auf einen Zweig in unmittelbarer Nähe des Bienenstocks.

Der Boran-Stammesangehörige öffnet dann, nachdem er die Bienen mit Rauch eines entzündeten Feuers betäubt hat, das Bienenest und entnimmt den Honig. Zumindest einen Teil der Bienenwaben spießt er später auf einen Stock, damit der Honiganzeiger seinen Anteil, die Bienenlarven und den Wachs der Bienenwaben, bekommt.

Gefiederte Wachhunde

Besonders **Hausgänse** (*Anser domesticus*) und **Kraniche** (*Grus grus*) werden schon lange ihrer besonderen Wachsamkeit wegen in der Obhut des Menschen gehalten. So ziehen russische Steppenhirten gerne Kraniche vom Ei an auf. Zahm wie ein Haushund begleiten sie die Herden wachsam und warnen vor jeder potentiellen Gefahr. Selbst bei der Aufzucht von Gänsen sind sie hilfreich. Untergeschobene Gänseeier bebrüten sie und sorgen sich später um die geschlüpften jungen Küken.

Jagd-Vögel

Seit über 2000 Jahren bedient sich der Mensch dem außergewöhnlichen Flug- und Jagdvermögen von Greifvögeln. Falkner setzen Falken, aber auch andere Greifvögel zur Jagd nach Hasen und Kaninchen ein, die gerade früher ohne deren Hilfe nur schwer jagdbar gewesen sind. Auch werden **Kormorane** (*Phalacrocorax carbo*) gehalten, die für Menschen Fische fangen und sie ihnen überlassen und dafür mit Schutz und sicherer Nahrung belohnt werden.

VII.3 VÖGEL IN DER MENSCHLICHEN SYMBOLIK

Religiöse Deutungen

Die große Faszination an Vögeln spiegelt sich in den zahlreichen Mythen, Märchen und Erzählungen, aber auch in Vögeln seit Jahrtausenden zugeordneten religiösen Bedeutungen wider. Wenn Perser und Babylonier in den

Himmel blickten, um Vögel zu sichten, galt dem Flug und der Stimme besondere religiöse Bedeutung. Zeus verwandelte sich für bestimmte Zeiten in einen Adler, Apollo wurde zu einem Raben und Athene zu einer Schwalbe (Gattiker, Gattiker (1989)).

Seitdem Noah die Taube ausschickte (siehe im vorigen Kapitel VII.2, Abschnitt zur Brieftaube), gilt sie als Botschafter Gottes und Symbol des heiligen Geistes. Nicht zu vergessen das symbolträchtige Freilassen vieler Friedenstauben bei Hochzeiten oder olympischen Eröffnungszeremonien.

Die in mittlerweile vielen Exemplaren verwildert in Kölner Innenstadtparks und der Nachbarstadt Hürth lebenden Alexandersittiche sind im Rheinland zu einer stabilen Population geworden. Werden sie hierzulande von den Parkbesuchern lediglich gefüttert, werden sie in Indien als Liebesvögel verehrt, die in etlichen Märchen eine tragende Rolle spielen.



Abb. VII.3a Anstelle eines menschlichen Kopfes hat dieser Ägypter den Kopf eines Ibis.

[Foto von Dr. H. Kumerloeve, aus Gattiker, Gattiker (1989)]

Der Ibis

Wenn die Ägypter der Antike einen Ibis sahen, kam ihm stets große Verehrung zuteil. Die Tatsache, dass er vor Ansteigen des Nils und damit vor der segensreichen Überflutung

des Landes kam, ließ den Ibis zum Symbol und Zeitgeber der Überschwemmung werden.

In unserer Epoche hat sich mit dem Bau des Assuan-Stausees, der den Nil anstaut und seinen Abfluss reguliert, vieles verändert, doch damals zeichnete sich das Wasser des Nils verantwortlich für die Fruchtbarkeit der Böden. Dieses für das Gedeihen der ägyptischen Kultur wichtige Naturereignis findet im Ibis seine Symbolik und ist der Grund, warum der Ibis heilig war und in zahlreichen ägyptischen Wandmalereien und Papyrus-Zeichnungen der Ibis-Kopf anstelle eines Menschenkopfes auf dem menschlichen Körper dargestellt wurde (siehe Abbildung VII.3a). Gleichzeitig fungierte er als heiliges Symbol des Thot, dem Gott des Zeitmaßes und der Schriftzeichen.

Der Phönix

Ein anderer, ebenfalls besonders verehrter Vogel war der Phönix genannte Vogel. Im frühen Ägypten wurde dieser Vogel als Bachtelze dargestellt, in späteren Bildzeugnissen jedoch als Reiher. Auch in Beziehung zu den Nil-Überschwemmungen zu sehen, stand er jedoch für die Kraft der Selbsterneuerung und war somit prädestiniert zum Zeichen des mächtigen Gottkönigs Osiris, der Gott der befruchtenden Urkraft. Seine Bedeutung wurde später von Griechen und Römern übernommen und der eigenen Kultur adaptiert. In Plinius Erzählungen ist er als Feuervogel weit über die Grenzen Roms bekannt geworden.

Demnach verbrennt sich der Phönix alle 500 oder 1461 Jahre selbst und steigt aus seiner eigenen Asche wieder auf. Auch im frühen Christentum gelangte der Phönix als Symbol für den sich der Menschheit opfernden Sohn Gottes zu Ehren.

Bis heute hat sich der Name „Phönix“ in Erzählungen gehalten, zahlreiche Firmen, Institutionen und Verbände tragen diesen Namen, so auch der Pfadfinder-Stamm Phoenix, der sich seiner Entstehungsgeschichte wegen auf den Feuervogel beruft (siehe Abbildung VII.3b auf der folgenden Seite).

Prophetische Deutungen

Im antiken Rom wurde Vögeln eine große symbolische Bedeutung beigemessen. Vogelschauer fällten Entscheidungen zugunsten eines Krieges nur, wenn sie Vögel fliegen sahen.

Vögel halfen nicht nur Gajus Julius Caesar (13.06.100 bis 15.03.44 vor Christus) bei Entscheidungen über Krieg oder Frieden und die günstigste Zeit für Schlachten - auch wenn er gelegentlich durch gezielt freigelassene Vögel die Vogelschauer an der Nase herumführte und sie so zu einem positiven Bescheid veranlasste.

Eine ähnliche Form des Glaubens hat sich als Aberglaube bis in die heutige Zeit gehalten. Auch heute noch lesen einige französische Vogelschauer aus dem Flug oder dem Sehen bestimmter Vögel Prophezeiungen, die zumeist positiv ausfallen, sofern man nicht in den Ardennen wohnt und beim Aufstehen einen Spatzen, Raben, Busard oder eine Elster gesehen hat. Die Deutung ist mitunter relativ kompliziert, bedeuten doch beispielsweise zwei Elstern oder Raben Glück, ein einzelner Vogel jedoch Unglück (Gattiker, Gattiker (1989)).

Volksglaube und Spatzensteuer

Wenn französische Bauernregeln besagen, dass Fortpflanzung und Nestbau der Vögel streng mit kirchlichen Festtagen übereinstimmen, trotz der den klimatischen Bedingungen angepassten stets regional verschiedenen Wahl von Festtagen, ist dies ebenso als Aberglaube zu betrachten, wie die im frühen Indien, antiken Rom und bei den Hellenen vertretene Überzeugung, allein durch Anschauen eines gelben Vogels könne man Gelbsucht vom Menschen auf den Vogel übertragen.

Der Ausspruch „Du hast einen Vogel“ findet seine Entsprechung im Volksglauben alter Kulturen oder der Naturvölker. Der Vorstellungswelt einiger Völker gemäß wurden bei Auftreten bestimmter Krankheitsbilder, wie Epilepsie oder Geistes- und Gemütskrankhei-



Abb. VII.3b Stammeswappen der Phoenix-Pfadfinder in Hennef-Happerschoß. Symbolträger ist hier nicht der Reiher, sondern - der ursprünglichen altägyptischen Darstellungsweise gemäß die Bachstelze.

ten, scheinbar real existierende Vögel angenommen, die im Kopf des Erkrankten leben würden. Heilungschancen versprach man sich nur durch Vogel-Opferungen oder das Freilassen von gefangenen Vögeln, auf die zuvor das nicht anders erklärbare Phänomen transferiert worden war. Selbst im alten Testament ist ein solches Blutopfer und Freilassungsritual näher beschrieben (3. Buch Mose, Kapitel 14).

Hartnäckig hält sich auch die fälschliche Ansicht, dass Strauße bei Gefahr den Kopf in den Sand stecken würden. So nannte Alfred Brehm den Strauß „einen der dümmsten,

geistlosesten Vögel, die es gibt, und dazu würde das Kopf-in-den-Sand-stecken passen. Dieser Kopf ist klein und hat für ein einigermaßen ausgebildetes Gehirn keinen Platz“ (Gerlach (1968)).

Den Höhepunkt obskurer Vorstellungen markiert wahrscheinlich jedoch das Mittelalter. Im 15. Jahrhundert wurde nicht nur eine Glocke des Hochverrats für schuldig befunden, vom Turm gerissen, durch die Straßen geschleift, vom Henker ausgepeitscht und anschließend für 11 Jahre aus der Stadt verbannt, weil ihr Läuten den Bußprediger Savonarola vor der Verhaftung gewarnt hatte (in Florenz im Jahre 1498), sondern auch ein Hahn vor Gericht angeklagt, ein verkleideter Teufel zu sein, weil er den Naturgesetzen zum Trotz ein Ei gelegt haben soll. Im Jahre 1471 verbrannte er dem Gerichtsurteil entsprechend auf einem Scheiterhaufen in Basel (Brockhaus (1996)).

Die Hundesteuer ist in Deutschland zumindest nicht unbekannt. Der Ideenreichtum des Staates oder der Regierenden ist zumeist recht ausgeprägt, so auch der des Herzogs Eberhard Ludwig von Württemberg (1676-1733). Zur Finanzierung des Stadt- und Schlossbaus von Ludwigsburg ließ er eine Spatzensteuer erheben.

Jeder seiner Untertanen musste jedes Jahr 24 tote Spatzen abliefern. Die Spatzen waren in diesem Fall nur ein willkürlich gewähltes Mittel zum Zweck. Gelang einem dies nicht, musste er eine Strafsteuer zahlen. Mit den so einfließenden Mitteln errichtete er etliche Prachtbauten und Schloss Ludwigsburg wurde das zweitgrößte Barockschloss von ganz Deutschland.



Abb. VII.3c Die stilisierte Eule als Logo des „AbendGymnasium Rhein-Sieg“ in Siegburg bei Bonn. [aus AGRS]

Die Eule

Die Eule vermochte seit jeher, beim Menschen zwiespältige Gefühle auszulösen. Als geräuschlose Jäger der Nacht werden Eulen nur selten gesehen. Nur ihre Schreie sind dann zu hören, die bei Einigen durchaus zu Angst und Schrecken auslösen. Die Eule galt daher als Vorbote des Todes, als Dämon oder Schreckensbringer.

Das Mittelalter brachte einige merkwürdige Vorstellungen hervor, so auch diese, dass Eulen mit Hexen und bösen Zauberern in Verbindung stünden. Vor Naturkatastrophen und Feuer sollte das bereits im antiken Griechenland bekannte grausige Ritual schützen, eine Eule mit ausgebreiteten Flügeln lebendig an das Scheunentor zu nageln.

Mit ihren parallel nach vorne gerichteten Augen und der Fähigkeit, die Augenlider von oben nach unten schließen zu können, wirken ihre Gesichtszüge menschenähnlich. Dieser

Eigenschaft verdanken Eulen, dass sie allgemein als besonders intelligent und weise gelten.

Den Spruch „klug wie eine Eule“ oder Abbildungen von Eulen mit Doktorhüten kennt jeder, auch etliche Schulen (siehe Abbildung VII.3c) und Universitäten haben stilisierte Eulen als Institutslogo. Schon im alten Griechenland war man ihrer Weisheit sicher. So war sie als erwählter Weisheitsvogel der Athene, der Göttin der Weisheit und Beschützerin Athens, auf dem Tetradrachmen, einer Münze, geprägt. In der Alltagssprache wurde die Münze daher auch nur „die Eule“ genannt. Der Reichtum Athens und die deshalb dort häufigen Tetradrachmen motivierten schon bald die Redewendung „Das ist so überflüssig wie Eulen nach Athen zu tragen.“, denn an Geld mangelte es in Athen nicht.

Sprüche und Redewendungen

Beispielhaft für die vielen Sprüche und den Vögeln angedichteten Eigenschaften, seien hier nur einige aufgeführt:

- Du hast doch einen Vogel: *Dummer, verrückter Mensch, siehe hierzu Abschnitt Volksglaube und Überzeugungen.*
- Frei wie ein Vogel sein: *Freiheit haben und genießen können.*
- Vogelfrei: *Jeder Mensch darf mit demjenigen, der als vogelfrei erklärt wurde, tun und machen, was er will.*
- Geflügelte Worte: *Poetischer, phantasievoller, ideenreicher Erzählstil.*
- Vögeln: *Beischlaf.*
- Du Grünschnabel: *Unreifer, vorlauter, nicht erfahrener Mensch.*
- Schnepfe: *Komplizierte, zickige Frau.*
- Der Storch war da: *Symbolhaft für die Geburt eines Säuglings.*
- Schimpfen wie ein Rohrspatz: *Lautes, andauerndes Beschweren.*
- Du Dreckspatz: *Liebevoller Ausdruck für dreckige Menschen, meist Kinder. Spatzen benötigen Staub für ihr Gefieder und nehmen daher ausgiebige „Staubbäder“. Die immer „sauberen“ Städte sind einer der zahlreichen Gründe für den dramatischen Bestandsrückgang der Spatzen.*

- Du dummes Huhn: *Ausdruck für einen besonders dumm empfundenen Menschen.*
- Diebisch wie eine Elster: *Die Elster raubt Amseln oder Grünlingen gelegentlich Eier und Jungvögel aus dem Nest.*
- Du alte Krähe: *Die Redewendung meint einen sehr alten Menschen.*
- Eine Krähe hackt der anderen kein Auge aus: *Menschen decken andere aufgrund ihrer gleichen oder vergleichbaren Stellung in Beruf oder Gesellschaft.*
- Rabeneltern bzw. Rabenmutter: *Eltern (analog Mutter), die ihre Kinder vernachlässigen.*
- Die goldene Gans: *Bezeichnet einen Menschen, der von anderen ausgenutzt oder ausgebeutet wird.*
- Du Schnatterente: *Bezeichnet (meist) eine Frau, die nicht nur tratscht, sondern auch ununterbrochen redet.*
- Da hast du mir aber ein Kuckucksei gelegt: *Aufgabe, die einem ungewollt untergeschoben wurde und erheblichen Aufwand bedeutet.*
- Eule: *Hässliche Frau.*
- Nachteule: *Jemand, der nachts lange aufbleibt.*
- Eulenfänger: *Person, die ständig zu dumme Scherze macht oder anderen Streiche spielt.*
- Lustiger Kauz: *Merkwürdiger, sonderbarer, aber dennoch liebenswerter Mensch.*
- Nachtigall, ick hör dir trapsen: *Vorahnung oder Annahme über Begebenheiten.*
- Vogel-Strauß-Politik: *Politik des Wegsehens bzw. „Kopf in den Sand stecken“. Der Vergleich ist jedoch falsch: Noch nie wurde beobachtet, dass ein Strauß seinen Kopf nicht in den Sand stecken würde.*
- Wilhelm Busch: *Der weise Schuhu. Ein Gedicht, siehe am Ende dieses Abschnittes.*
- Heinz Erhardt: *Die Eule. Gedicht im typischen Erhardt-Stil: „Dieses tat ich. Aber siehe, sie saß da und flog nicht weiter. Deshalb paßt auf sie die Zeule: Eule mit Weule!“*
- La Fontaine: *Vom Fuchs und Raben. Fabel, bei der der schlaue Fuchs den dummen Raben austrickst.*
- La Fontaine: *Die Mäuse und die Eule. Fabel aus dem 17. Jahrhundert, in der eine weise, kluge Eule Mäusen – bevor sie sie frisst – die Beine abbeißt, um zu verhindern, dass sie flüchten.*
- G. E. Lessing: *Die Eule und der Schatzgräber. Fabel aus dem 18. Jahrhundert, in der ein Mensch moniert, dass eine Eule eine magere Maus frisst, obwohl sie doch der philosophische Liebling Minervens wäre, woraufhin sie entgegnet, dass sie dennoch nicht von Luft leben könne.*
- Gebrüder Grimm: *Der Zaunkönig. Der Zaunkönig wird durch eine List zum König über die Vögel.*

Der weise Schuhu

Der Schuhu hörte stets mit Ruh,
wenn zwei sich diskutierten, zu.
Mal stritten sich der Storch und Rabe,
Was Gott, der Herr, erschaffen habe,
Ob erst den Vogel oder erst das Ei.
"Den Vogel!" schrie der Storch.
"Das ist doch klar wie Brei!"
Der Rab krächzte: "Das Ei, wobei ich bleibe;
wer's nicht begreift, hat kein Gehirn im Leibe!"

Da fingen an zu quaken
zwei Frösch' in grünen Jacken.
Der eine quakt. "Der Storch hat recht!"
Der zweite quakt: "Der Rab' hat recht!"

"Was?" schrien die beiden Disputaxe.
"Was ist denn das für ein Gequakse?" -
Der Streit erlosch. -

Ein jeder nimmt sich einen Frosch,
Der schmeckt ihm gar nicht schlecht.

Ja, denkt der Schuhu, so bin ich!
Der Weise schweigt und räuspert sich!

Wilhelm Busch

Mythen, Märchen und Poesie

Vögel kommen als Symbole oder Akteure nicht nur in alten Erzählungen vor, auch in modernen Märchen und Geschichten spielen sie eine große Rolle. Aufgrund der Vielzahl von Motiven und Autoren, kann hier nur eine sehr kleine Auswahl vorgestellt werden.

- Luigi Pirandello: *Der Rabe von Mizzaro. In der Geschichte ist der Rabe der Rächer für das den Tieren angetane Unrecht.*

- Moderne Geschichten bzw. Verfilmungen, in denen Vögel vorkommen: Nils Holgerson und die Wildgänse, Amy und die Wildgänse, Bugs Bunny & Daffy Duck, Donald Duck, Bernhard und Bianca (Bei dieser Walt Disney-Geschichte ist die Landung eines Albatros, der im Dienste der Albatros-Airline steht, bemerkenswert realistisch der realen Start- und Landeproblematik wirklicher Albatrosse nachempfunden.), (Kanarienvogel) Tweety & (Kater) Sylvester, Roadrunner (**Rennkuckuck** (*Geococcyx velox*)) & Kojote, Zaunkönige

(Geschichte über einen Nachbarschaftsstreit.), Harry Potter (Der angehende Zauberer besitzt eine Schnee-Eule, außerdem wird die Geschichte des Feuervogels Phönix thematisiert.), Bibi Bloxberg (Der Erzähler der Geschichten über die kleine Hexe ist ein kluger Rabe. Der Rabe, wie auch die schwarze Katze, ist überhaupt stetiger Begleiter aller Hexen. Ähnlich verhält es sich mit Piraten, die immer einen Papagei auf der Schulter sitzen haben. Er symbolisiert die Exotik und Fremde der Länder, die der Pirat schon besucht hat.)

VII.4 VOGEL- UND NATURSCHUTZ

Entstehung des Naturschutz-Gedankens in Deutschland

Mit der Entstehung des Lebens auf der Erde begann eine fortwährende Evolution neuer Arten, deren Vielfalt bis zum Auftreten der ersten Menschen ihr bisheriges Maximum erreicht hatte. Selbst der dramatische Artenrückgang im Perm-Zeitalter vor etwa 240 Millionen Jahren, bei dem zwischen 77 und 96 Prozent aller Meerestierfamilien ausstarben (Vollmer et al (1995)) oder das Aussterben der klassischen Dinosaurier – Vögel als unmittelbare Nachfahren ausgenommen – und zahlreicher anderer Arten in der Kreidezeit vor 65 Millionen Jahren konnte die fortwährende Entwicklung des Lebens und steigende Biodiversität nicht nachhaltig negativ beeinflussen. Erst der Mensch ist in der Lage, durch dauerhafte Zerstörung der Lebensräume, Ausrottung der Arten und Verschmutzung von Gewässern, Böden und Atmosphäre einen bis dato nie da gewesenen Einfluss auf die Biodiversität und das Netzwerk der Arten zu nehmen. Die Einsicht in die Zusammenhänge des Lebens und der unmittelbaren und mittelbaren Konsequenzen für die menschliche Spezies ist bisher nur in Ansätzen gegeben und schwer gegen die typisch menschliche Bequemlichkeit durchzusetzen.

So findet der Naturschutz in Deutschland seinen Anfang auch eher auf Seite des Landschaftsschutzes im Sinne der Erhaltung der Schönheit und des Erholungswertes für den Menschen, besonders in Regionen mit dem damals dort aufkeimenden Tourismus.

Das Siebengebirge bei Bonn wurde nur durch den vehementen Einsatz des „Verschönerungs-Verein für das Siebengebirge (VVS)“ vor der vollständigen Ausbeutung der Gesteine bewahrt, die in bescheidenem Umfang bereits mit den Römern begonnen hatte. Die Prämisse lag jedoch auch hier weniger im Schutz der Arten als vielmehr in der Ermöglichung der Erholung des Menschen in einer natürlichen Umgebung durch Erhalt der Landschaft und Anlage von Straßen und Wanderwegen. Die sich stark ausweitende Gewinnung der Vulkanite Basalt, Latit, Trachyt und Ascheablagerungen, dem Tuffstein, zerstörte in zunehmendem Maße das Landschaftsbild, das seit Anfang bis Mitte des 19. Jahrhunderts zunehmend Touristen in das Siebengebirge lockte, die sich von der durch Abbildungen von Burgruinen, Bergen und Heldensagen geförderten Rheinromantik zu einem Besuch inspirieren ließen. Der VVS kaufte in unmittelbarer Nachbarschaft der Steinbrüche Landstreifen und verhinderte so eine Ausweitung der Betriebe.

Sogar Teile der Drachenfels-Burgruine fielen 1828 dem Steinbruchbetrieb zum Opfer. 1836 schließlich wurde der Rest des Drachenfelses, der seinen Namen eher dem Trachyt als Hauptgestein verdankt als der Helden-Sage mit Siegfried, der einen Drachen bezwungen haben soll, vom preußischen Staat gegen eine Entschädigung von 10.000 Talern enteignet und so unter Schutz gestellt (Berres (1996)). Das faktisch erste Naturschutzgebiet Deutschlands war entstanden.

Der Felsen unterhalb der Burgruine wird heute von etlichen Stahlankern in einem Betonkorsett stabilisiert, die ein Abstürzen weiterer Felsteile unterbinden sollen.

Die Proteste der Bevölkerung taten ihr Übriges, so dass der VVS mit seinen Bemühungen bis in die höchsten Stellen den fortschreitenden Abbaubetrieb im engeren Siebengebirge verhindern konnte. Nur außerhalb des engeren Siebengebirgsgebietes durfte weiterhin das wichtige Gestein abgebaut und auf zahlreichen Eisenbahnlinien verfrachtet werden.

So blieben viele der weit über 40 Erhebungen des Siebengebirges vor einer vollständigen Ausbeutung verschont. Im Lauf der Geschichte waren verschiedene Berge dem Kreis der

sieben Berge zugehörig, doch bezeichnete der Name „Siebengebirge“ ursprünglich eigentlich ein Gebirge mit vielen feuchten Tälern. Heute noch werden feuchte Seitentäler Siefen genannt, früher hingegen Siepen. Aus „Siepengebirge“ wurde im Volkssprachgebrauch im Laufe der Jahrhunderte „Siebengebirge“.

So ist auch heute noch die geographische Abgrenzung des Siebengebirges uneinheitlich. Der zwischenzeitlich eingerichtete Schutzzustand „Naturpark Siebengebirge“ umfasst neben dem eigentlichen Kerngebiet auch noch das nähere und weitere Umland.

Am Drachenfels bei Königswinter ist heute das wahrscheinlich einzige Museum Deutschlands untergebracht, das sich der Geschichte des Naturschutzes widmet. Museum und die Stiftung Naturschutzgeschichte sind seit August 2000 in der Vorburg der Drachenburg untergebracht.

Heute können fünf Grundtypen in unterschiedlichem Grade geschützter Gebiete unterschieden werden: Biosphärenreservate, Landschaftsschutzgebiete, Naturschutzgebiete, Naturparks und Nationalparks (Siehe das Kurz-Info auf der nächsten Seite).

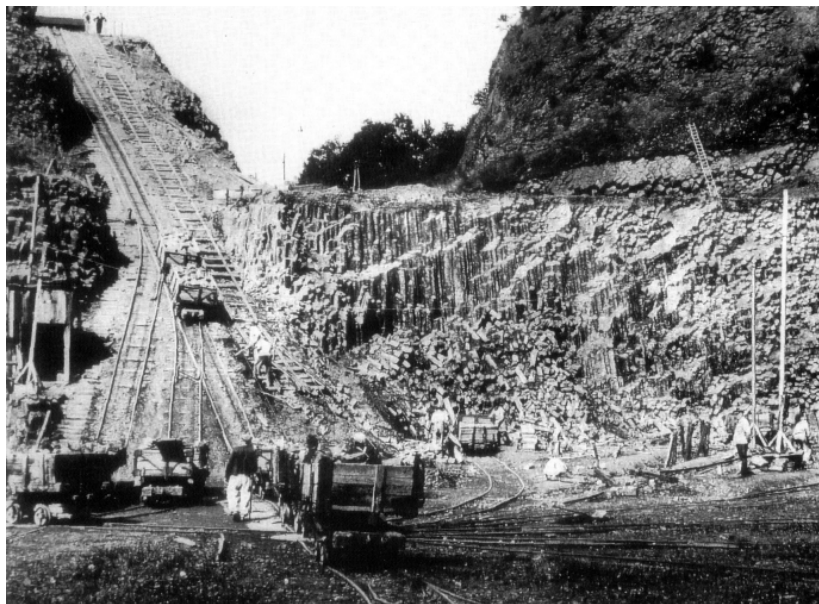


Abb. VII.4a Basaltsteinbruch Weilberg im Siebengebirge vor 1935. Der Abtransport des Gesteins wurde mit Loren bewerkstelligt. Der Basalt wurde entweder in der markanten Form des Säulenbasalts belassen oder zu Pflastersteinen oder Schotter gebrochen und anschließend mit der Heisterbacher Talbahn nach Oberdollendorf bei Bonn zum Rhein und der Deutschen Reichsbahn transportiert. [Archiv Winfried Görres, aus Berres (1996)]

KURZ-INFO Schutzgebiete in Deutschland

Biosphärenreservate

Solche Gebiete werden seit 1976 von der UNESCO weltweit benannt. Die Nationalregierungen sollen für sie Schutzbestimmungen aufstellen. *Beispiele für deutsche Biosphärenreservate: Rhön, Berchtesgaden, Bayerischer Wald, Pfälzer Wald, Spreewald, Mittlere Elbe, Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer.*

Landschaftsschutzgebiete

Der Schutz der Landschaft und Natur dient insbesondere der Erhaltung oder Wiederherstellung des Naturhaushalts oder Nutzungsfähigkeit. Eine weitere Prämisse liegt im Erholungswert des Gebietes für den Menschen. Forst- und Landwirtschaft werden nur dann eingeschränkt, wenn wesentliche Gebietesveränderungen eintreten würden.

Naturschutzgebiete

Natur und Landschaft dieser Gebiete sind in ihrer Ganzheit oder zumindest in Teilen so zu erhalten, dass die vielfältigen Wechselwirkungen der Lebensgemeinschaften wildlebender Pflanzen und Tiere erhalten bleiben. Entscheidungskriterium für die Ausweisung von Naturschutzgebieten sind beispielsweise ein besonderer Charakter des Gebietes, Seltenheit bestimmter Tier- und Pflanzenarten oder wissenschaftliche Gründe. Jegliche Veränderung von Naturschutzgebieten ist verboten.

Naturparks

Großflächige Gebiete, die in weiten Teilen Landschaftsschutz- oder Naturschutzgebiete sind, können in den Schutzstatus eines Naturparks erhoben werden, sofern (Ausflugs-)Tourismus und Erholung aufgrund guter landschaftlicher Voraussetzungen möglich und wünschenswert ist. *Beispiel: Siebengebirge*

Nationalparks

Nationalparks sind stets großräumige Gebiete mit geringer oder keiner anthropogener Einflussnahme, die zum Großteil als Naturschutzgebiet ausgewiesen werden können. In Unterscheidung zu Naturparks mit ihrer Hervorhebung des Erholungswertes für den Menschen ist in solchen Gebieten der heimischen Pflanzen- und Tierartenvielfalt die höchste Priorität eingeräumt. In einer Kernzone sind nicht nur jegliche Nutzung, sondern sogar das Betreten (außerhalb von Wegen) verboten. Dieser vor jeglicher Nutzung des Menschen bewahrten Zone sind Randzonen vorgelagert, die in verschiedener Stufen mehr oder weniger intensiver Nutzung durch Menschen geprägt sind. *Beispiele: Alpen- und Nationalpark Berchtesgaden, Bayerischer Wald, Niedersächsisches Wattenmeer, Müritz, Sächsische Schweiz, West- und Hochharz, Eifel.*



Abb. VII.4b Schild „Naturschutzgebiet“.

Flächen- und Artenschutz

Flächen- und Artenschutz sind eng und untrennbar miteinander verbunden. Landschaftsflächenschutz heißt immer auch Artenschutz, da der Erhalt naturnaher Flächen immer auch gleichzeitig die Konservierung der Lebensgrundlage der Arten bedeutet. Somit ist ein Artenschutz ohne Schutz geeigneter Biotope nicht denkbar. Dabei kommt dem Flächenschutz heute eine besondere Bedeutung zu, da der Flächenbedarf des Menschen gerade in jüngster Zeit dramatisch angestiegen ist und immer noch weiter steigt (siehe Abbildungen VII.4c und VII.4d auf der folgenden Seite). Einhergehend mit der intensiveren Nutzung der Fläche ist der Artenschwund.



Abb. VII.4c Landschaft im schweizerischen Kanton Aargau im Jahre 1933. Bauernhöfe, Streuobstwiesen und Wälder prägen die Landschaft. [aus Maurer (1998)]



Abb. VII.4d Das Foto entstand 1996 an derselben Stelle mit gleicher Blickrichtung wie Abbildung VII.4b. Durch Rationalisierung und Intensivierung der Landwirtschaft und größerer Siedlungsfläche sind für viele Tiere und Pflanzen wichtige Lebensräume, wie Hecken, Hochstammobstgärten und blumenreiche Wiesen aus dem Landschaftsbild nahezu verschwunden. Beide Abbildungen zeigen deutlich den dramatischen Landschaftswandel in nur 63 Jahren. [aus Maurer (1998)]

Die gesamt zu tätigen Investitionen für den Naturschutz unterschiedlichster Couleur sind meist sehr hoch. Dennoch resultieren diese Ausgaben letzten Endes eigentlich nur aus nachteiligen Eingriffen des Menschen, dessen moralische Pflicht es sein sollte, die natürlichen Lebensräume zu erhalten. Aber auch aus ökonomischer Sicht betrachtet stellt die Finanzierung des Natur- und Artenschut-

zes keine Fehlinvestition dar, bedeutet doch der Verlust jeder einzelnen Art ein Rückgang der potentiell nutzbaren Artenzahl.

Die Entwicklung neuer Wirkstoffe und Medikamente oder die Erschließung neuer Nahrungspflanzen und -tiere zur Lösung der Welternährungsproblematik bei weiter steigender Weltbevölkerung hängt wesentlich von der Erhaltung der Biodiversität ab.

Neben direktem Natur- und Artenschutz wird nur eine umweltverträgliche, die Regenerationsfähigkeit der Ressourcen nicht übersteigende Umweltnutzung dazu beitragen können, auf dem Globus dauerhaft Lebensbedingungen für die kommenden Generationen zu sichern. Ein nachhaltiger Umgang mit der belebten und unbelebten Umwelt ist daher essentieller Bestandteil der Existenzsicherung der Menschheit überhaupt.

Gefährdungszustand und Vogelschutz

Der Vogelschutz begreift sich immer als Teil des Gesamt-Natur- und Artenschutzes. Aufgrund der gegebenen Sympathie des Menschen besonders an den Gefiederten nimmt der Vogelschutz, verwirklicht über zahlreiche Schutzprogramme und zahlreiche Vogelschutz-Verbände und -vereine, eine herausragende Stellung innerhalb des Naturschutzes ein.

Derzeit muss von über 100 seit dem 17. Jahrhundert ausgestorbenen Vogelarten, wie beispielsweise der **Wandertaube** (*Ectopistes migratorius*), der **Brillenscharbe** (*Phalacrocorax perspicillatus*), eine zum Kormoran verwandte Art, der **Rotbart-Fruchttaube** (*Ptilinopus mercierii*), dem **Karolinassittich** (*Conuropsis carolinensis*), dem **Prachtmoho** (*Moho nobilis*), dem **Riesenalk** (*Pinguinus impennis*) oder dem **Tristanteichhuhn** (*Gallinula nesiotis*), ausgegangen werden. In der vorindustriellen Zeit betraf das Aussterben eher einzelne, endemische, also in isolierten Gebieten vorkommende Vogelarten, die der unmittelbaren Verfolgung durch den Menschen ausgeliefert waren. (Hier sei auf den Abschnitt „Ausgestorbene flugunfähige Vogelarten“ im Kapitel II.7 zur Flugunfähigkeit verwiesen.)

Durch zunehmende Zerstörung der natürlichen Umgebungsräume sind heute jedoch selbst früher weitflächig verbreitete Arten in ihrem Bestand gefährdet oder bereits ausgestorben. Dabei kann festgestellt werden, dass die Zeitabstände zwischen dem Aussterben einzelner Vogelarten immer kürzer werden.

Von den 256 in Deutschland vorkommendem Vogelarten waren im Jahr 2001 44 Prozent in ihrem Bestand gefährdet, von den europaweit

520 Vogelarten sind 15 Prozent, von den weltweit 9672 Vogelarten sind geschätzt etwa 11 Prozent bedroht (Euronatur (2001)).

Nach der roten Liste des Jahres 2003 sind in Deutschland mittlerweile mehr als die Hälfte aller heimischen Vogelarten – nach Angaben von 2003 sind dies nicht 256 Arten wie 2001, sondern nur noch 254 – gefährdet (110 Arten) oder zeigen Besorgnis erregende Bestandsverluste (31 Arten). Nur noch 113 Arten gelten demnach noch als ungefährdet (KSTA (2003), RSR (2003)). Auch früher in großen Zahlen vorkommende Vogelarten, wie **Haussperling** (*Passer domesticus*) oder **Mehlschwalbe** (*Delichon urbica*) zeigen deutlich negative Bestandsentwicklungen.

Am stärksten betroffen sind Wiesenbrüter, wie **Kiebitz** (*Vanellus vanellus*), **Uferschnepfe** (*Limosa limosa*) und **Bekassine** (*Gallinago gallinago*), da gerade sie unter der Intensivierung der Landwirtschaft, der Überdüngung und dem Verlust ihres Lebensraumes zu leiden haben.

Das Worldwatch Institute geht in der Untersuchung „Winged Messengers: The Decline of Birds“ (Geflügelte Boten: Der Niedergang der Vögel) davon aus, dass innerhalb dieses Jahrhunderts weltweit fast 1200 Arten (12 Prozent) aller Vogelarten aussterben werden. Der Artenrückgang der Vögel sei in 99 Prozent aller Fälle durch den Menschen induziert. Prozentual betrachtet sind demnach besonders in Deutschland im internationalen Vergleich Vogelarten in ihrem Bestand gefährdet.

Generell muss der Zustand der Artenvielfalt noch ernster gesehen werden, da jede einzelne Art mit ihrem Aussterben aus vielen Bedrohungslisten fällt und somit auch statistisch nicht mehr erfasst werden. (Statistiken sind demnach „mit Vorsicht zu genießen“.)

Zynisch ausgedrückt ließe sich der Prozentwert bedrohter Vogelarten sogar auf den Nullwert bringen, wenn man nur alle solchermaßen bedrohte Arten ausrotten würde.

Über die nach unten weisende Tendenz können auch Schriften, wie die vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit herausgegebene Broschüre „Sie kommen wieder – Arten im Aufwind“ (Mai 2002), nicht hinwegtäuschen.

Dennoch ist zu vermerken, dass durch gezielten Biotopschutz, Neuanlage und Wiederherichtung natürlicher Lebensräume (Renaturierung) einige Arten deutlich profitieren konnten, und es in einigen Gebieten zu einer Rückbesiedlung zwar seltener, noch nicht ausgestorbener Arten gekommen ist, deren Verbreitungsgebiete sich nachweislich ausweiten. Dies trifft in Deutschland insbesondere für den **Wanderfalken** (*Falco peregrinus*) zu, von dem im Jahr 1950 noch 900 Brutpaare gezählt werden konnte. Bis in der 1970er Jahre war deren Zahl durch Pestizide (DDT), Aushorstung oder Felsklettern auf nur noch 60 Paare abgesunken. 1971 wurde mit dem Wanderfalken erstmals vom damaligen Deutschen Bund für Vogelschutz der „Vogel des Jahres“ gekürt, um auf die besonders dramatische Bedrohungssituation aufmerksam zu machen. Dank effektiver Schutzmaßnahmen, wie der Schutzgebietsausweisung von Felsbiotopen, konnte sich die Brutpaar-Zahl auf mittlerweile wieder über 600 regenerieren.

Heute firmiert der „Deutsche Bund für Vogelschutz“ unter seinem neuen Namen „Naturschutzbund Deutschland“. Er ist eines der zahlreichen Beispiele, dass vielerorts und häufig der praktizierte Naturschutz in Naturschutzgruppierungen aus der Idee des Vogelschutzes geboren wurde. Auch heute noch wird jährlich eine Vogelart aufgrund ihrer besonderen Lage zum „Vogel des Jahres“ gewählt, im Jahr 2003 der **Mauersegler** (*Apus apus*). Darüber hinaus wird von verschiedenen Organisationen jährlich jeweils ein Insekt, eine Spinne, ein Fisch, ein Wildtier, ein Vogel, ein Pilz, ein Baum, eine Blume, eine Orchidee und ein Biotop mit dem Titel „N.N. des Jahres“ benannt.

Der Aufschwung der Bestandszahlen und die Vergrößerung der Verbreitungsgebiete betrifft des weiteren den **Seeadler** (*Haliaeetus albicilla*), **Kranich** (*Grus grus*) (von etwa 400 Brutpaaren im Jahr 1970 auf etwa 3000 im Jahr 2002) und **Schwarzstorch** (*Ciconia nigra*).

Durch Einzelmaßnahmen, wie beispielsweise dem Abdecken stromführender Elemente von Hochspannungsanlagen (siehe Abbildung VII.4e) und dem Aufhängen von Nistkästen oder Anlegen von Futterstellen, sind darüber



Abb. VII.4e Spannungsisolierende Abdeckhauben als Vogelschutz an Hochspannungsanlagen, gesehen im Juni 2003 im Ortsteil Pees der Verbandsgemeinde Asbach (RLP).

hinaus mit teilweise relativ einfachen Mitteln generelle Schutzmaßnahmen oder zusätzliche Hilfen für selektierte, besonders bedrohte oder schützenswerte Arten realisierbar.

Etliche lokale, überregionale und bundesweite Arbeitskreise, Vereine und Verbände engagieren sich heute mit zahlreichen Mitgliedern für die Belange des Arten-, Natur- und Umweltschutzes. Der mit über 365000 Mitgliedern größte Umweltverband Deutschlands ist der Bund für Natur- und Umweltschutz BUND. Er wurde unter anderem von von Horst Stern und Bernhard Grzimek im Jahr 1975 gegründet.

Konkurrenz durch Exoten

Eine Bedrohung ganz anderer Natur stellen die zunehmend in Deutschland heimisch werdenden exotischen Vogelarten dar. Als Jagdobjekte ausgewildert, aber auch als Zoo- oder Haustiere sind sie entweder entlaufen oder von ihren Haltern absichtlich freigelassen worden, auch wenn § 20d des Bundesnaturschutzgesetzes eindeutig ein Verbot eines solchen Verhalten ausspricht. Etliche solcher Exoten überleben spätestens einen harten Winter nicht und verhungern oder erfrieren. Andere exotische Vögel überleben jedoch und können unter anderem über eingeschleppte Krankheitserreger zu einer ernsthaften Bedrohung für heimische Arten werden. Eine potentielle Hybridisierung sowie Konkurrenz um

nur limitiert vorhandene Bruthöhlen konnte allerdings auch bereits beobachtet werden. Die Auswirkungen solch eingebürgerter Vogelarten auf heimische Bestände sind jedoch weitgehend unerforscht.

In Nordamerika wird diese Neubesiedlung jedoch sehr kritisch betrachtet und als eine der größten Gefahren für die heimische Vogelwelt angesehen. Etwa sieben Prozent der in Deutschland heimischen Vogelarten sind heute exotische Fremdlinge, in Bayern gar etwa 25 Prozent. Andere Regionen, wie Hawaii mit 18 Prozent oder Neuseeland mit 31 Prozent sind ähnlich oder sogar noch stärker betroffen. Mit einem Drittel der Fremdlinge sind neben Papageien und Prachtfinken besonders die Familie der Enten zu nennen.

In Europa eingebürgerte Arten, die seit mindestens 25 Jahren und drei Generationen wildlebend in Deutschland vorkommen:

- **Mandarintente** (*Aix galericulata*) aus Ostasien
- **Brautente** (*Aix sponsa*) aus Nordamerika
- **Schwarzkopfruderente** (*Oxyura jamaicensis*) aus dem Gebiet der USA
- **Kanadagans** (*Branta canadensis*) aus Nordamerika
- **Nilgans** (*Alopochen aegyptiacus*) aus Afrika
- **Fasan** (*Phasianus colchicus*) aus Asien
- **Goldfasan** (*Chrysolophus pictus*) aus Ostasien
- **Diamantfasan** (*Chrysolophus amherstiae*) aus dem südlichen Zentralasien
- **Virginiawachtel** (*Colinus virginianus*) aus Nordamerika
- **Halsbandsittich** oder **Kleiner Alexandersittich** (*Psittacula krameri*) aus Afrika und Asien
- **Wellenastrild** (*Estrilda astrild*) aus Afrika
- **Tigerfink** (*Amandava amandava*) aus Asien

Nach Bauer et al. (1997) bereits freilebend und brütend, aber noch nicht endgültig etabliert:

- **Moschusente** (*Cairina moschata*)
- **Streifengans** (*Anser indicus*)

- **Schwanengans** (*Anser cygnoides*)
- **Ringelgans** (*Branta bernicla*)
- **Schwarzschan** oder **Trauerschwan** (*Cygnus atratus*)
- **Chileflamingo** (*Phoenicopterus chilensis*)
- **Truthuhn** (*Meleagris gallopavo*) aus dem Gebiet von Nordamerika bis Mexiko
- **Chinesische Nachtigall** (*Leiothrix lutea*)
- **Zebrafink** (*Taeniopygia guttata*)
- **Wellensittich** (*Melopsittacus undulatus*)
- **Großer Alexandersittich** (*Psittacula eupatria*)
- **Mönchsittich** oder **Braunohrsittich** (*Myopsitta monachus*) aus Südamerika

Einzelne Beobachtungen und Brutansiedlungen (nach Bauer et al (1997), Hildebrand (1996) und Franz (2000)):

- **Dreifarbenglanzstar** (*Lamprospreo superbus*)
- **Prachtglanzstar** (*Lamprotornis splendidus*)
- **Weißkehlammer** (*Zonotrichia albicollis*)
- **Silberohr-Sonnenvogel** (*Leiothrix argentauris*)
- **Graukardinal** (*Paroaria coronata*)
- **Rotkardinal** (*Cardinalis cardinalis*)
- **Textorweber** (*Textor cucullatus*)
- **Maskenweber** (*Textor velatus*)
- **Schwarzkopfweber** (*Textor melanocephalus*)
- **Bandfink** (*Amandiva fasciata*)
- **Reisfink** (*Padda oryzivora*)
- **Orangebäckchen** (*Estrilda melpoda*)
- **Erdbeerköpfchen** (*Agapornis fischeri*)
- **Gelbhaubenkakadu** (*Cacatua galerita*)
- **Grünsperlingspapagei** (*Nannopsittaca panychlora*)
- **Bergpapagei** oder **Tarantapapagei** (*Agapornis taranta*)
- **Graupapagei** (*Psittacus erithacus*)
- **Mohrenkopfpapagei** (*Poicephalus senegalus*)
- **Nymphensittich** (*Nymphicus hollandicus*)
- **Rotohrbülbül** (*Pycnonotus jocosus*)

VIII KLASSIFIKATION

Einführung

Bis heute konnten sich Ornithologen nicht auf ein einheitliches Klassifikationsschema einigen. Nicht nur auf Artniveau werden teilweise heftige Diskussionen darum geführt, ob beispielsweise zwei Gruppen Unterarten zueinander sind oder als eigenständige Arten betrachtet werden sollten. Auch die Neuentdeckung von Arten verändert mitunter ein bestehendes System nachhaltig. Jedoch sind auch auf den höheren Ebenen von Familien und Ordnungen teilweise gravierende Unterschiede in den derzeit mehreren parallelen Klassifikationsschemata auszumachen. Die gängigsten Systematiken der Vögel sind heute die von Clements (1991-1996), Peters (1934-1986), Wolters (1982), Morony, Bock & Farrand (1975-1982) und von Sibley & Monroe (1990-1993). Die im folgenden Abschnitt verwendete Einteilung entspricht der nach Sibley und Monroe (1990, mit Nachträgen von 1993). Aufgeführt sind nur die Ordnungen und Familien einschließlich der Anzahl der Gattungen und innerhalb dieser die der Arten (Beispiel: **2/3,7** bedeutet: Innerhalb der Familie existieren zwei Gattungen, davon eine mit drei Arten und eine mit sieben Arten.). Zusätzlich sind beispielhaft einige markante Arten genannt.

Die lateinische Nomenklatur geht nach dem sogenannten binominalen System vor, das Carl von Linné (1707-1778) mit der 10. Ausgabe der Systema Naturae im Jahr 1758 vorstellte. Es basiert auf einem vorgestellten groß geschriebenen Gattungsnamen und einem folgenden klein geschriebenen Artnamen.

Deutsche Namensgebung

Zumindest für die europäischen Vogelarten gibt es fast immer deutsche Namen, die meist einheitlich sind. Nur in wenigen Fällen existieren für eine Art mehrere Namen. Dann sind es oftmals auch nur geringfügige Unterschiede in der Namensgebung, beispielsweise **Schwarzer Milan** und **Schwarzmilan** (*Milvus migrans*). **Gimpel** und **Dompfaff** (*Pyrrhula pyrrhula*), wie auch **Ziegenmelker** und **Nachtschwalbe** (*Caprimulgus europaeus*) meinen jeweils dieselbe Vogelart. Sie sind Beispiele für regional oder historisch bedingte Synonyme.

In der Regel werden deutsche Namen auf Artniveau vergeben. Eine Ausnahme hierzu sind **Nebelkrähe** (*Corvus corone cornix*) und **Rabenkrähe** (*Corvus corone corone*), die auf Unterartebene benannt sind.

Klassifikation der rezenten Vögel

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|-------------------------|---------------|---|
| Struthioniformes | | |
| | Struthionidae | 1/1 Strauß (<i>Struthio camelus</i>) |
| | Rheidae | 2/2 Nandu (<i>Rhea americana</i>), Darwinstrauß (<i>Rhea pennata</i>) |
| | Casuariidae | 2/3,1 Helmkasur (<i>Casuarus casuarius</i>), Emu (<i>Dromaius novaehollandiae</i>) |
| | Apterygidae | 1/3 Streifenkiwi (<i>Apteryx australis</i>) |
| Tinamiformes | | |
| | Tinamidae | 9/5,3,21,1,7,5,1,2,2 Schwarztinamu (<i>Tinamus osgoodi</i>), Wachtelsteißhuhn (<i>Nothura minor</i>) |
| Craciformes | | |
| ↙ | Cracidae | 11/12,15,4,1,2,1,1,1,4,2,7 Blaukehlguan (<i>Pipile pipile</i>) |
| | Megapodiidae | 6/1,2,3,1,11,1 Buschhuhn (<i>Alectura lathamii</i>), Thermometerhuhn (<i>Leipoa ocellata</i>), Großfußhuhn (<i>Megapodius freycinet</i>) |

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLEN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|-----------------------|-----------------|--|
| Galliformes | | |
| | Phasianidae | 45/1,2,5,2,7,41,2,1,1,1,9,1,4,18,1,1,1,1,2,3,1,1,5,1,3,4,12,4,1,5,1,2,7,1,1,1,2,3,3,4,3,1,3,1,1 Finschfrankolin (<i>Francolinus finschi</i>), Rebhuhn (<i>Perdix perdix</i>), Wachtel (<i>Coturnix coturnix</i>), Bankivahuhn (<i>Gallus gallus</i>) [Wildform des Haushuhns], Pfau (<i>Pavo cristatus</i>) |
| | Numididae | 4/2,1,2,1 Schwarzperlhuhn (<i>Agelastes niger</i>) |
| | Odontophoridae | 9/3,1,4,1,3,15,1,2,1 Sternwachtel (<i>Odontophorus stellatus</i>) |
| Anseriformes | | |
| | Anhimidae | 2/1,2 Hornwehrvogel (<i>Anhima cornuta</i>), Weißwangen-Tschaja (<i>Chauna chavaria</i>) |
| | Anseranatidae | 1/1 Spaltfußgans (<i>Anseranas semipalmata</i>) |
| | Dendrocygnidae | 2/8,1 Wanderpfeifgans (<i>Dendrocygna arcuata</i>) |
| | Anatidae | 43/7,1,1,1,6,1,10,5,1,1,5,1,1,7,4,1,2,1,1,3,1,2,1,1,1,1,1,42,1,1,1,3,12,3,1,1,1,1,3,3,1,1,5 Höckerschwan (<i>Cygnus olor</i>), Graugans (<i>Anser anser</i>), Nonnengans (<i>Branta leucopsis</i>), Brandgans (<i>Tadorna tadorna</i>), Krickente (<i>Anas crecca</i>), Gänsesäger (<i>Mergus merganser</i>) |
| Turniciformes | | |
| | Turnicidae | 2/16,1 Zwerlaufhähnchen (<i>Turnix velox</i>) |
| Piciformes | | |
| | Indicatoridae | 4/11,1,2,3 Bart-Honiganzeiger (<i>Indicator exilis</i>) |
| | Picidae | 28/2,26,3,1,22,4,1,12,1,15,22,11,13,10,9,11,7,11,15,4,2,2,1,2,1,3,2,3 Wendehals (<i>Jynx torquilla</i>), Kleinspecht (<i>Dendrocopos minor</i>), Grünspecht (<i>Picus viridis</i>), Braunhalsspecht (<i>Dinopium shorii</i>), Braunbürzelspecht (<i>Meiglyptes tristis</i>) |
| | Megalaimidae | 3/1,24,1 Grünbartvogel (<i>Megalaima viridis</i>) |
| | Lybiidae | 7/4,4,9,1,6,12,6 Wellenbartvogel (<i>Lybius undatus</i>) |
| | Ramphastidae | 9/8,4,2,6,13,1,4,6,11 Blautukan (<i>Andigena hypoglauca</i>) |
| Galbuliformes | | |
| | Galbulidae | 5/2,4,1,10,1 Grünschwanz-Glanzvogel (<i>Galbula galbula</i>) |
| | Bucconidae | 10/4,4,4,1,7,1,6,1,4,1 Rotkehl-Faulvogel (<i>Nonnula rubecula</i>) |
| Bucerotiformes | | |
| | Bucerotidae | 8/15,3,5,4,2,6,11,8 Zwertoko (<i>Tockus camurus</i>), Silberwangen-Hornvogel (<i>Ceratogymna brevis</i>) |
| | Bucorvidae | 1/2 Sudanhornrabe (<i>Bucorvus abyssinicus</i>) |
| Dirupupiformes | | |
| | Upupidae | 1/2 Wiedehopf (<i>Upupa epops</i>) |
| | Phoeniculidae | 1/5 Baumhopf (<i>Phoeniculus purpureus</i>) |
| | Rhinopomastidae | 1/3 Goldschnabelhopf (<i>Rhinopomastus minor</i>) |
| Trogoniformes | | |
| ↙ | Trogonidae | 6/3,5,1,2,17,11 Schwarzkehltrogon (<i>Trogon rufus</i>) |

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLEN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|------------------------|-------------------|--|
| Coraciiformes | | |
| | Coraciidae | 2/8,4 Blauracke (<i>Coracia garrulus</i>) |
| | Brachypteraciidae | 3/2,2,1 Blaukopf-Erdracke (<i>Atelornis pittoides</i>) |
| | Leptosomatidae | 1/1 Kurol (<i>Leptosomus discolor</i>) |
| | Momotidae | 6/1,1,2,1,2,2 Blauscheitelmotmot (<i>Momotus momata</i>) |
| | Todidae | 1/5 Grüntodi (<i>Todus todus</i>) |
| | Alcedinidae | 3/17,5,3 Eisvogel (<i>Alcedo atthis</i>), Rostfischer (<i>Ceyx fallas</i>) |
| | Halcyonidae | 12/1,4,1,1,3,11,22,1,1,6,2,8 Lasurliest (<i>Todirhamphus diops</i>), Torotoro (<i>Syma toroto</i>) |
| | Cerylidae | 3/4,1,4 Trauerfischer (<i>Megaceryle lugubris</i>) |
| | Meropidae | 3/2,1,2,3 Bienenfresser (<i>Merops apiaster</i>), Scharlachspint (<i>Merops nubicus</i>) |
| Coliiformes | | |
| | Coliidae | 2/4,2 Weißbrücken-Mausvogel (<i>Colius colius</i>) |
| | Cuculidae | 17/2,2,1,14,3,8,1,15,1,1,1,4,1,1,12,2,10 Schwarzkuckuck (<i>Cuculus clamosus</i>), Rothalskuckuck (<i>Chrysococcyx ruficollis</i>), Spitzschopfcoua (<i>Coua cristata</i>) |
| | Centropodidae | 1/30 Maskenkuckuck (<i>Centropus melanops</i>) |
| | Coccyzidae | 4/9,2,3,4 Mangrovekuckuck (<i>Coccyzus minor</i>) |
| | Ophistocomidae | 1/1 Hoatzin (<i>Opisthocomus hoazin</i>) |
| | Crotophagidae | 2/3,1 Glattschnabel-Ani (<i>Crotophaga ani</i>) |
| | Neomorphidae | 5/1,1,2,2,5 Rotschwinger-Grundkuckuck (<i>Neomorphus rufipennis</i>) |
| Psittaciformes | | |
| | Psittacidae | 81/4,6,1,8,3,6,1,5,3,14,1,2,1,5,1,1,12,1,3,6,2,3,1,1,4,3,9,4,1,1,3,3,2,3,1,9,1,5,6,1,1,6,1,1,1,1,1,1,2,1,9,9,12,16,3,1,15,20,1,1,1,2,1,1,18,2,1,5,7,8,2,8,2,6,1,4,1,7,31,1,1 Prachtlori (<i>Lorius garrulus</i>), Weißhaubenkakadu (<i>Cacatua alba</i>), Nymphensittich (<i>Nymphicus hollandicus</i>), Alexandrasittich (<i>Polytelis alexandrae</i>), Wellensittich (<i>Melopsittacus undulatus</i>), Halsbandara (<i>Ara auricollis</i>), Schwarzstirnpapagei (<i>Touit huetii</i>), Königsamazone (<i>Amazona guildingii</i>) |
| Apodiformes | | |
| | Apodidae | 18/10,3,1,30,2,2,3,2,2,2,4,9,3,3,2,2,2,17 Tahiti-Salangane (<i>Collocalia leucophaeus</i>), Stachelschwanzsegler (<i>Hirundapus caudacutus</i>), Mauersegler (<i>Apus apus</i>) |
| | Hemiprocnidae | 1/4 Haubensegler (<i>Hemiproctus longipennis</i>) |
| Trochiliformes | | |
| | Trochilidae | 108/mit zahlreichen Arten, Dünnschnabel-Eremit (<i>Phaetornis philippii</i>), Braunschwanz-Amazilie (<i>Amazilia tzacatl</i>), Blaukehlhympe (<i>Lampornis clemenciae</i>), Zimtkolibri (<i>Selasphorus rufus</i>) |
| Musophagiformes | | |
| ↙ | Musophagidae | 5/13,4,3,2,1 Fischerturako (<i>Tauraco fischeri</i>), Rossturako (<i>Musophaga rossae</i>) |

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLEN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|----------------------|--|---|
| Strigiformes | | |
| | Tytonidae | 2/15,2 Schleiereule (<i>Tyto alba</i>) |
| | Strigidae | 23/46,1,15,4,3,1,18,1,1,3,1,24,1,1,3,1,3,18,1,1,1,7,1 Zwergohreule (<i>Otus scops</i>), Uhu (<i>Bubo bubo</i>), Schnee-Eule (<i>Nyctea scandiaca</i>), Waldkauz (<i>Strix aluco</i>), Wachtelkauz (<i>Glaucidium brodiei</i>), Waldohreule (<i>Asio otus</i>) |
| | Aegothelidae | 1/8 Fleckenschwalm (<i>Aegotheles wallacii</i>) |
| | Podargidae | 1/3 Eulenschwalm (<i>Podargius strigoides</i>) |
| | Batrachostomidae | 1/11 Riesenfroschmaul (<i>Batrachostomus auritus</i>) |
| | Steatornithidae | 1/1 Fettschwalm (<i>Steatornis caripensis</i>) |
| | Nyctibiidae | 1/7 Riesenschwalm (<i>Nyctibius grandis</i>) |
| | Eurostopodidae | 5/7,2,5,1,1 Argusnachtschwalbe (<i>Eurostopodus argus</i>), Falkennachtschwalbe (<i>Chordeiles minor</i>) |
| Caprimulgidae | 10/1,1,2,3,55,2,2,2,1,1 Spiegelnachtschwalbe (<i>Caprimulgus longirostris</i>), Leiernachtschwalbe (<i>Uropsalis lyra</i>) | |
| Columbiformes | | |
| | Raphidae | 2/2,1 Dronte (<i>Raphus cucullatus</i>) |
| | Columbidae | 42/mit zahlreichen Arten, Felsentaube (<i>Columba livia</i>), Turteltaube (<i>Streptopelia turtur</i>), Schweifentaube (<i>Macropygia magna</i>), Brandtaube (<i>Gallicolumba criniger</i>), Blaukappen-Fruchttaube (<i>Ptilinopus monacha</i>), Zweifarbenfruchttaube (<i>Duculua bicolor</i>) |
| Gruiformes | | |
| | Eurypygidae | 1/1 Sonnenralle (<i>Eurypyga helias</i>) |
| | Otididae | 6/1,1,4,4,1,14 Zwergtrappe (<i>Tetrax tetrax</i>), Nubiertrappe (<i>Neotis nuba</i>), Flaggentrappe (<i>Eupodotis indica</i>) |
| | Gruidae | 2/2,13 Kronenkranich (<i>Balearica pavonina</i>), Jungfernkranich (<i>Grus virgo</i>), Kranich (<i>Grus grus</i>), |
| | Heliornithidae | 4/1,1,1,1 Rallenkranich (<i>Aramus guarauna</i>), Zwergbinsenralle (<i>Heliornis fulica</i>) |
| | Psophodidae | 1/3 Grünflügel-Trompetervogel (<i>Psophia viridis</i>) |
| | Cariamidae | 3/1,1,1 Seriema (<i>Cariama cristata</i>), Tschunja (<i>Chunga burmeisteri</i>), Kagu (<i>Rhynchotos jubatus</i>) |
| | Rallidae | 36/mit zahlreichen Arten, Zyklopenralle (<i>Rallina mayri</i>), Zebraralle (<i>Gallirallus torquatus</i>), Virginiaralle (<i>Rallus limicola</i>), Blässhuhn (<i>Fulicia atra</i>) |
| | Mesitornithidae | 2/2,1 Naka (<i>Monias benschi</i>) |

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLEN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|----------------------|-------------------|---|
| Ciconiiformes | | |
| | Pteroclididae | 2/2,14 Tibetflughuhn (<i>Syrrhaptes tibetanus</i>), Kronenflughuhn (<i>Pterocles coronatus</i>) |
| | Thinocoridae | 2/2,2 Magellanläufer (<i>Attagis malouinus</i>) |
| | Pedionomidae | 1/1 Trappenlaufhühnchen (<i>Pedionomus torquatus</i>) |
| | Scolopacidae | 21/mit zahlreichen Arten, Waldbekassine (<i>Gallinago megala</i>), Uferschnepfe (<i>Limosa limosa</i>), Sumpfläufer (<i>Limicola falcinellus</i>), Odinshühnchen (<i>Phalaropus lobatus</i>) |
| | Rostratulidae | 1/2 Goldschnepfe (<i>Rostratula benghalensis</i>) |
| | Jacanidae | 6/2,1,1,1,1,2 Zwergblatthühnchen (<i>Microparra capensis</i>) |
| | Chionidae | 1/2 Schwarzgesicht-Seidenschnabel (<i>Chionis minor</i>) |
| | Pluvianellidae | 1/1 Magellanregenpfeifer (<i>Pluvianellus socialis</i>) |
| | Burhinidae | 1/9 Triel (<i>Burhinus oedicnemus</i>) |
| | Charadriidae | 16/mit zahlreichen Arten, Austernfischer (<i>Haematopus ostralegus</i>), Goldregenpfeifer (<i>Pluvialis apricaria</i>), Bergregenpfeifer (<i>Charadrius montanus</i>), Kiebitz (<i>Vanellus vanellus</i>) |
| | Glareolidae | 6/1,1,4,4,7,1 Bindenrennvogel (<i>Rhinoptilus cinctus</i>), Rennvogel (<i>Cursorius cursor</i>), Brachschwalbe (<i>Glareola pratincola</i>) |
| | Laridae | 28/mit zahlreichen Arten, Sturmmöwe (<i>Larus canus</i>), Küstenseeschwalbe (<i>Sterna paradisaea</i>), Trottellumme (<i>Uria aalge</i>), Riesenalk (<i>Pinguinus impennis</i>), Papageitaucher (<i>Fratercula arctica</i>) |
| | Accipitridae | 68/mit zahlreichen Arten, Fischadler (<i>Pandion haliaetus</i>), Wespenbussard (<i>Pernis apivorus</i>), Rotmilan (<i>Milvus milvus</i>), Schmutzgeier (<i>Neophron percnopterus</i>), Gänsegeier (<i>Gyps fulvus</i>), Sperber (<i>Accipiter nisus</i>), Mäusebussard (<i>Buteo buteo</i>), Steinadler (<i>Aquila chrysaetos</i>), Bergadler (<i>Spizaetus nipalensis</i>) |
| | Sagittariidae | 1/1 Sekretär (<i>Sagittarius serpentarius</i>) |
| | Falconidae | 10/2,4,2,2,1,6,1,2,5,38 Karakara (<i>Polyborus plancus</i>), Chimango (<i>Milvago chimango</i>), Sperberwaldfalke (<i>Micrastur ruficollis</i>), Rötelfalke (<i>Falco naumanni</i>), Turmfalke (<i>Falco tinnunculus</i>) |
| | Podicipedidae | 6/2,5,2,2,9,2 Schwarzkopftaucher (<i>Tachybaptus dominicus</i>), Haubentaucher (<i>Podiceps cristatus</i>) |
| | Phaethontidae | 1/3 Rotschnabel-Tropikvogel (<i>Phaeton aethereus</i>) |
| | Sulidae | 3/1,3,5 Basstölpel (<i>Morus bassanus</i>), Rotfußtölpel (<i>Sula sula</i>) |
| | Anhingidae | 1/4 Schlangenhalsvogel (<i>Anhinga rufa</i>) |
| | Phalacrocoracidae | 1/37 Kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>), Rotgesichtscharbe (<i>Phalacrocorax urile</i>) |
| | Ardeidae | 21/mit zahlreichen Arten, Küstenreiher (<i>Egretta gularis</i>), Fischreiher (<i>Ardea cinerea</i>), Rohrdommel (<i>Botaurus stellaris</i>) |

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLEN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|----------------------|--|--|
| Passeriformes | Scopidae | 1/1 Hammerkopf (<i>Scopus umbretta</i>) |
| | Phoenicopteridae | 1/5 Flamingo (<i>Phoenicopterus ruber</i>) |
| | Threskiornithidae | 14/2,1,3,1,4,1,4,2,1,4,3,1,5,1 Scharlachsichler (<i>Eudocimus ruber</i>), Riesenibis (<i>Pseudibis gigantea</i>), Löffler (<i>Platalea leucorodia</i>) |
| | Pelecanidae | 2/1,8 Rosapelikan (<i>Pelecanus onocrotalus</i>) |
| | Ciconiidae | 11/1,3,1,1,1,4,2,7,2,1,3 Truthahngeier (<i>Cathartes aura</i>), Nimmersatt (<i>Mycteria ibis</i>), Weißstorch (<i>Ciconia ciconia</i>) |
| | Fregatidae | 1/5 Bindenfregattvogel (<i>Fregata minor</i>) |
| | Spheniscidae | 6/2,3,6,1,1,4 Kaiserpinguin (<i>Aptenodytes forsteri</i>), Adeliepinguin (<i>Pygoscelis adeliae</i>), Brillenpinguin (<i>Spheniscus demersus</i>) |
| | Gaviidae | 1/5 Eistaucher (<i>Gavia immer</i>) |
| | Procellariidae | 22/mit zahlreichen Arten, Eissturmvogel (<i>Fulmarus glacialis</i>), Phoenixsturmvoegel (<i>Pterodroma alba</i>), Schwarzschnabel-Sturmtaucher (<i>Puffinus puffinus</i>), Wellenläufer (<i>Oceanodroma leucorhoa</i>) |
| | Acanthisittidae | 2/1,3 Grenadier (<i>Acanthisitta chloris</i>) |
| | Pittidae | 1/31 Nymphenpitta (<i>Pitta nympha</i>) |
| | Eurylaimidae | 8/3,1,1,3,1,1,3 Graukopf-Breittrachen (<i>Smithornis sharpei</i>) |
| | Philepittidae | 3/2,2,1 Langschnabel-Nektarjala (<i>Neodrepanis coruscans</i>) |
| | Tyrannidae | 147/mit zahlreichen Arten, Phoebe (<i>Sayornis phoebe</i>), Langschwanztyrann (<i>Colonia colonus</i>), Zapfenglöckner (<i>Procnias alba</i>), Atlaspipra (<i>Cloropipo unicolor</i>) |
| | Thamnophilidae | 110/mit zahlreichen Arten, Dünnschnabel-Erdhacker (<i>Geositta tenuirostris</i>), Rotschwanz-Baumspäher (<i>Xenops milleri</i>), Bindenbaumsteiger (<i>Dendrocolaptes certhia</i>) |
| Formicariidae | 7/5,6,2,30,7,2,8 Colma-Ameisendrossel (<i>Formicarius colma</i>), Bandameisenpitta (<i>Grallaria milleri</i>), Grauscheitelstelzling (<i>Grallaricula nana</i>) | |
| Conopophagidae | 1/8 Cayenne-Mückenfresser (<i>Conopophaga aurita</i>) | |
| Rhinocryptidae | 12/2,2,1,1,1,3,1,2,1,1,13,1 Turco (<i>Pteroptochos megapodius</i>), Zimtbandvogel (<i>Melanopareia torquata</i>), Einfarbtapaculo (<i>Scytalopus unicolor</i>) | |
| Climacteridae | 2/2,5 Rostbauch-Baumrutscher (<i>Climacteris rufa</i>) | |
| Menuridae | 2/2,2 Braunrücken-Leierschwanz (<i>Menura alberti</i>), Braunbauch-Dickichtvogel (<i>Atrichornis clamosus</i>) | |
| Ptilonorhynchidae | 7/4,2,4,1,3,1,5 Zahnlaubenvogel (<i>Ailuroedus dentirostris</i>), Hüttengärtner (<i>Ambylornis inornatus</i>) | |
| Maluridae | 5/1,1,13,3,8 Türkisstaffelschwanz (<i>Malurus splendens</i>), Zimtgrasschlüpfer (<i>Amytornis purnelli</i>) | |
| Meliphagidae | 42/mit zahlreichen Arten, Rosenberg-Honigfresser (<i>Myzomela rosenbergii</i>), Ohrbüschelmoho (<i>Moho bishopi</i>), Tui (<i>Prothemadera novaeelandiae</i>), Safrantrugschmätzer (<i>Epithianura crocea</i>) | |

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLEN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|---------|----------------|--|
| | Pardalotidae | 16/mit zahlreichen Arten, Streifenpanthervogel (<i>Pardalotus striatus</i>), Leierschwanzlakai (<i>Pycnoptilus floccosus</i>), Steinhuscher (<i>Origma solitaria</i>), Maori-Gerygone (<i>Gerygone agata</i>) |
| | Petroicidae | 13/mit zahlreichen Arten, Rosenschnäpper (<i>Petroica rosea</i>), Augenstreif-Scheindrossel (<i>Drymodes superciliaris</i>) |
| | Irenidae | 2/2,8 Goldstirn-Blattvogel (<i>Chloropsis aurifrons</i>) |
| | Orthonychidae | 1/2 Stachelschwanzflöter (<i>Orthonyx temminckii</i>) |
| | Pomatostomidae | 1/5 Beutelsäbler (<i>Pomatostomus isidorei</i>) |
| | Laniidae | 3/26,2,2 Neuntöter (<i>Lanius collurio</i>), Raubwürger (<i>Lanius excubitor</i>), Gelbschnabelwürger (<i>Corvinella corvina</i>) |
| | Vireonidae | 4/2,4,31,15 Braunaugenvireo (<i>Vireo bellii</i>), Buschvireo (<i>Hylophilus flavipes</i>) |
| | Corvidae | 127/mit zahlreichen Arten, Eichelhäher (<i>Garrulus glandarius</i>), Elster (<i>Pica pica</i>), Tannenhäher (<i>Nucifraga caryocatactes</i>), Kolkrabe (<i>Corvus corax</i>), Saatkrähe (<i>Corvus frugilegus</i>), Rotnackenwürger (<i>Laniarius ruficeps</i>), Schmalschnabelvanga (<i>Xenopirostris xenopirostris</i>) |
| | Callaeatidae | 5/1,1,1,2,2 Felsenspringer (<i>Chaetops frenatus</i>) |
| | Bombycillidae | 5/1,2,1,1,3 Seidenschwanz (<i>Bombycilla garrulus</i>) |
| | Cinclidae | 1/5 Wasseramsel (<i>Cinclus cinclus</i>) |
| | Muscicapidae | 69/mit zahlreichen Arten, Rotkehlchen (<i>Erithacus rubecula</i>), Schwarzkehlchen (<i>Saxicola torquata</i>), Bergschmätzer (<i>Oenanthe monticola</i>), Halsbanddrossel (<i>Zoothera naevia</i>) |
| | Sturnidae | 38/mit zahlreichen Arten, Purpurglanzstar (<i>Lamprotornis purpureus</i>), Gelbschnabelmadenhacker (<i>Buphagus africanus</i>), Spottdrossel (<i>Mimus polyglottos</i>), |
| | Sittidae | 2/24,1 Kleiber (<i>Sitta europaea</i>), Mauerläufer (<i>Tichodroma muraria</i>) |
| | Certhiidae | 23/mit zahlreichen Arten, Waldbaumläufer (<i>Certhia familiaris</i>), Zaunkönig (<i>Troglodytes troglodytes</i>), Halsband-Degenschnäbler (<i>Microbates collaris</i>) |
| | Paridae | 7/3,7,1,1,51,1,1 Beutelmeise (<i>Remiz pendulinus</i>), Sumpfmeise (<i>Parus palustris</i>), Kohlmeise (<i>Parus major</i>), Sultansmeise (<i>Melanochlora sultanea</i>) |
| | Aegithalidae | 3/6,1,1 Schwanzmeise (<i>Aegithalos caudatus</i>), Zwergmeise (<i>Psaltria exilis</i>) |
| | Hirundinidae | 14/mit zahlreichen Arten, Purpurschwalbe (<i>Progne subis</i>), Rauchschwalbe (<i>Hirundo rustica</i>), Mehlschwalbe (<i>Delichon urbica</i>) |
| | Regulidae | 1/6 Wintergoldhähnchen (<i>Regulus regulus</i>) |
| | Pycnonotidae | 21/mit zahlreichen Arten, Einfarbbülbül (<i>Andropadus monatus</i>), Grünschwanzbleda (<i>Bleda eximia</i>), Dickschnabel-Fluchtvogel (<i>Hypsipetes crassirostris</i>) |
| | Hypocoliidae | 1/1 Seidenwürger (<i>Hypocolius ampelinus</i>) |

| ORDNUNG | FAMILIE | GATTUNGSZAHL INKL. ARTENZAHLEN FÜR JEDE GATTUNG, BEISPIEL-ARTEN |
|---------|------------------|---|
| | Cisticolidae | 17/mit zahlreichen Arten, Rotkopf-Cistensänger (<i>Cisticola ruficeps</i>), Rotbackensänger (<i>Malcorus pectoralis</i>) |
| | Zosteropidae | 13/mit zahlreichen Arten, Mönchsbrillenvogel (<i>Speirops melanocephalus</i>), Nacktaugen-Brillenvogel (<i>Heleia crassirostris</i>) |
| | Sylviidae | 101/mit zahlreichen Arten, Seidensänger (<i>Cettia cetti</i>), Kaschmirbuschsänger (<i>Bradypterus major</i>), Gelbspötter (<i>Hippolais icterina</i>), Elsterdrossling (<i>Turdoides bicolor</i>), Gartengrasmücke (<i>Sylvia borin</i>) |
| | Alaudidae | 19/mit zahlreichen Arten, Rostlerche (<i>Mirafra rufa</i>), Feldlerche (<i>Alauda arvensis</i>), Hornlerche (<i>Eremophila bilopha</i>) |
| | Nectariniidae | 8/mit zahlreichen Arten, Elfenektarvogel (<i>Nectarinia pulchella</i>), Goldkehl-Nektarvogel (<i>Aethopyga shelleyi</i>) |
| | Melanocharitidae | 3/6,3,1 Weißbüschel-Beerenpicker (<i>Melanocharis nigra</i>), Zwergpfriemschnabel (<i>Oedistoma pygmaeum</i>) |
| | Paramythiidae | 2/1,1 Gelbbauch-Beerenpicker (<i>Orecharis arfaki</i>), Schopfbeerenfresser (<i>Parymythia montium</i>) |
| | Passeridae | 57/mit zahlreichen Arten, Haussperling (<i>Passer domesticus</i>), Bachstelze (<i>Motacilla alba</i>), Heckenbraunelle (<i>Prunella modularis</i>), Gouldamadine (<i>Chloebia gouldiae</i>) |
| | Fringillidae | 241/mit zahlreichen Arten, Buchfink (<i>Fringilla coelebs</i>), Gimpel (<i>Pyrrhula pyrrhula</i>), Goldammer (<i>Emberiza citrinella</i>), Großgrundfink (<i>Geospiza magnirostris</i>), Goldtrूपial (<i>Icterus auratus</i>), Wiesenstärling (<i>Sturnella neglecta</i>), Bobolink (<i>Dolichonyx oryzivorus</i>) |

IX QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

Die lateinische Nomenklatur ist (mit wenigen Ausnahmen) entnommen aus:

- **M. Schaefer:** Brohmer, Fauna von Deutschland, 19. Auflage, Quelle & Meyer Verlag, Heidelberg, Wiesbaden (1994)
- **C. Sibley, B. Monroe:** Distribution and Taxonomy of Birds of the World. New Haven: Yale Univ. Press (1990)
- **C. Sibley, B. Monroe:** A Supplement to Distribution and Taxonomy of Birds of the World. New Haven: Yale Univ. Press (1993)
- **L. Svensson, P. Grant, K. Mullarney, D. Zetterström:** Der Kosmos Vogelführer, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. Stuttgart (1999), **Originalausgabe:** Fågelguiden, Europas och Medelhavsområdets fåglar i fält, Albert Bonniers, Stockholm (1999)

I Einführung

II Organismus Vogel

II.1 Anatomie, Physiologie und Ökologie des Stoff- und Energiewechsels

- **R. Akester:** The Cardiovascular System, in: (Hrsg.) B.M. Freeman: Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl, Band 5, Academic Press Inc., London (1984)
- **A. F. A. Brown:** Kunstbrut, Handbuch für Züchter, M. & H. Schaper Verlag, Alfeld, Hannover (1988)
- **F. Bairlein:** Ökologie der Vögel, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm (1996)
- **M. E. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend:** Ökologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (1998)
- **P. Berthold:** Das größte Streckennetz der Welt, in: kosmos Heft 8, Gesellschaft der Naturfreunde, Deutsche Verlags-Anstalt (1992a)
- **P. Berthold:** Vogelzug, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1992b)
- **P. Berthold:** Vogelzug, eine aktuelle Gesamtübersicht, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (2000)
- **E. Bezzel, H.-W. Helb, K. Witt:** Jahrbuch für Vogelkunde und Vogelschutz, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **E. Bezzel, R. Prinzinger:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **R. Burton:** Vogelflug, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart (1991)
- **A. Cameron, C. Perrins:** Die Welt der Vögel, Verlag Herder, Freiburg (1976)
- **Digitale Folien:** Homepage <http://www.digitalefolien.de> (2002)
- **A. Eichendorf:** Unterrichtsskriptum Ökologie, Abendgymnasium Rhein-Sieg, verlagsfrei, Siegburg (WS 1995/96)
- **J. Feldhusen:** Kolibris, Homepage <http://people.freenet.de/jfeldhusen/> (2002)
- **M. I. Flint, R. van den Bosch:** Introduction to Integrated Pest Management, Plenum Press, New York (1981)
- **R. Flindt:** Biologie in Zahlen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1986, 1995)
- **H. Folger:** Kolibris, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1982)
- **J. Gould, R. Bowdler Sharpe:** Humming Birds, Wordsworth Editions Ltd, Hertfordshire (1990)
- **P. R. Grant:** Aktuelle Selektion bei Darwinfinken, in: Spektrum der Wissenschaft, Heft 12, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (1991)
- **P. R. Grant:** Ecology and evolution of Darwin's Finches, Princeton University Press, Princeton (1986)
- **H.-W. Grömping:** Die Sumpfohreule, Natur-Lexikon, Homepage <http://www.natur-lexikon.com>, Borken (2002)
- **W. Heitland, W. Bäuml:** Skript Bestimmungsübungen an Vögeln und Säugern, Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement, Homepage <http://zoologie.forst.tu-muenchen.de/>, Freising (2002)
- **H.-W. Helb:** Rabenvögel, Homepage <http://www.rabenvoegel.de>, Universität Kaiserslautern, AG Biologie & Ökologie im FB A/RU/BI, Kaiserslautern (2002)
- **H.-W. Helb G. Postel:** Kontroverse um die Abschussfreigabe von Rabenvögeln, <http://www.oeljv.de/positionen/rabenvoegel.htm>, Homepage <http://www.oeljv.de>, Ökologischer Jagdverein (ÖJV), Waldburg (2002)

- **A. Henft:** Lemminge, Ausstellung in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn (1997 - 1998)
- (Hrsg.) **C. R. Hennicke:** Naumann, Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas, Verlag Fr. Eugen Köhler, Gera-Untermhaus (1905)
- **J.-P. Hildebrandt:** Mechanismen der Übertragung von Wachstums- und Differenzierungssignalen in exokrinen Zellen, Homepage http://www.uniklinik-saarland.de/med_fak/physiol2/jph/jph.htm#Forschungsprojekt,2. Physiologisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität des Saarlandes, Saarbrücken (1997)
- **D. S. Horn:** Ecological Approach to Pest Management, Elsevier, London (1988)
- **J. del Hoyo, A. Elliot, J. Sargatal:** Handbook of the Birds of the World - Volume 4, Lynx Edicions, Barcelona (1997)
- **J. del Hoyo, A. Elliot, J. Sargatal:** Handbook of the Birds of the World - Volume 5, Lynx Edicions, Barcelona (1999)
- **M. Kappeler / Groth AG:** Fischadler (*Pandion haliaetus*), Homepage <http://www.markuskappeler.ch/>, American Wildlife Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1987)
- **M. Kappeler / Groth AG:** Schnee-Eule (*Nyctea scandiaca*), Homepage <http://www.markuskappeler.ch/>, WWF Conservation Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1999)
- **S. King, J. McLelland:** Anatomie der Vögel, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1978)
- **M. Klein:** Das Tierlexikon, Homepage <http://www.das-tierlexikon.de> (2001)
- **T. Lingen:** Der Vogelzug und seine Einbettung in den fachwissenschaftlichen Unterricht (in drei Teilen), Arbeit für das erste Staatsexamen, Prof. Dr. C. M. Naumann zu Königsbrück, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2001)
- **H. Lingen, G. Rheinwald:** Atlas der Vogelwelt, Lingen Verlag, Köln (o. J.)
- **F. Lorenz:** Das Schnabeltier, Homepage <http://www.australien-reisebericht.de> (2002)
- **U. Mammen:** Monitoring Greifvögel und Eulen Europas, <http://www.biologie.uni-halle.de/Zoology/Ecology/Vertebrate/Monitoring/>, Institut für Zoologie, Martin-Luther-Universität, Halle / Saale (2002)
- **J. Martens, H.-W. Helb:** Rabenvögel-Gutachten, Begleituntersuchung an Elster (*Pica pica*) und Rabenkrähe (*Corvus c. corone*) in Rheinland-Pfalz, Universität Mainz, Universität Kaiserslautern (1996-1998)
- **R. L. Metcalf:** Insecticides in pest management, in: R. L. Metcalf, W. L. Luckmann: Introduction to Insect Pest Management, Wiley, New York (1982)
- **L. Michel:** Schnabeltier, Großschönau (1999), auf der Homepage von V. Hyner, Homepage <http://www.australien-gala.de/>, Offenbach (2002)
- **J. Monteiro-Oliveira:** Skript „Konvergenzen Kolibris und Nektarvögel“, Seminar „Vögel von A-Z“, Leitung Prof. Dr. W. Böhme, Dr. R. van den Elzen, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2002)
- **E. N. Moore:** Experimental electrophysiological studies on avian hearts, Ann. New York Academic Science 127, New York (1965)
- **J. Neumann:** Interaktives Tierlexikon, Homepage http://home.arcor.de/new_graphix/schnabeltier.htm, Grönnow (2002)
- **R. H. Nordsieck:** Weichtiere, Die Wellhornschnecke, Homepage <http://www.weichtiere.at/>, Wien (2002)
- **R. Pacht:** Kids Color, Homepage <http://www.rp8.de>, Wuppertal (2002)
- **R. T. Peterson:** Die Vögel, Time Inc., Amsterdam (1965)
- **D. Poley:** Kolibris, Die Neue Brehm-Bücherei, Band 484, Verlag Westarp Wissenschaften, Magdeburg (1994)
- **R. Rebmann:** Gifte - Toxikologie in der Notfallmedizin, Homepage <http://www.gifte.de>, Niedernhausen (2001)
- **H. Remmert:** Ökologie, Springer Verlag, Heidelberg (1992)
- **P. Rüter:** Dissertation: Untersuchungen zur tageszeitabhängigen Rhythmik der Ruheherzfrequenz und ausgewählter Arrhythmien bei der Brieftaube (*Columba livia f. domestica*), Institut für Veterinär - Physiologie des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Berlin (1998)
- **Schnabeltier:** Homepage <http://www.schnabeltier.de/> (2002)
- **P. D. Sturkie:** Heart and Circulation: Anatomy, Hemodynamics, Blood Pressure, Blood Flow. Heart: Contraction, Conduction, and Electrocardiography, in: Avian Physiology. Sturkie, P.D., (Hrsg.) 4. Auflage, Springer-Verlag, New York (1986)

- **Tiergarten Wien, Schönbrunn:** Bienenfresser, Homepage <http://www.zoovienna.at>, Wien, Schönbrunn (2002)
- **Tierpark Chemnitz:** Homepage <http://www.in-chemnitz.de/tierpark-chemnitz/index.html>, Chemnitz (2002)
- **C. Toops:** Hummingbirds, Voyageur Press, Stillwater (1992)
- **G. Viscor, M. S. Marques, J. Palomeque:** Cardiovascular and organ weight adaptations as related to flight activity in birds, *Comp. Biochem. Physiol.* (1985)
- (Red.) **W. Vollmer, U. Fehrmann, W. Wiemers:** Natura, Ernst Klett Verlag, Stuttgart (1995)
- **H. Waibl, F. Sinowatz:** Kreislaufapparat und Lymphatisches System, in: (Hrsg.) R. Nickel, A. Schummer, E. Seiferle: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 5, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg (1992)
- **S. Weidensaul, Übersetzung J. H. Reichholf:** Kolibris, Verlag Karl Müller, Erlangen (1990)
- **V. Wiese:** Naturmuseum Cismar, <http://www.hausdernatur.de/>, Haus der Natur, Cismar (2002)
- **V. Ziswiler:** Spezielle Zoologie, Wirbeltiere, Band II: Amniota, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1976)

II.2 Hormonale Koordination und II.3 Neuronale Koordination

- **E. Bezzel:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1977)
- **E. Bezzel, R. Prinzing:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **U. Gille:** Anatomie der Vögel, Homepage <http://www.uni-leipzig.de/~vetana/index1.htm>, Veterinär-Anatomisches Institut der Universität Leipzig, Leipzig (2000)
- **H. Schildmacher:** Einführung in die Ornithologie, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (1982)
- Roche Lexikon Medizin, Urban & Fischer Verlag, München (1999)
- **J. Wehner:** MedizInfo, <http://www.medizinfo.de/>, Flensburg (2002)
- **V. Ziswiler:** Spezielle Zoologie, Wirbeltiere, Band II: Amniota, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1976)

II.4 Anatomie, Physiologie und Ökologie der Sinne

- **J. Balthazart, E. Schoffeniels:** Hormones are Involved in the Control of Sexual Behaviour in Birds, *Naturwissenschaften* 66 (1979)
- **E. W. Bauer:** Höhlen - Welt ohne Sonne, Österreichischer Bundesverlag, Wien (1971)
- **M. E. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend:** Ökologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (1998)
- **R. C. Beason, P. Semm:** Two different magnetic in avian orientation, in: B. D. Bell, R. O. Cossee, J. E. C. Flux, B. D. Heather, R. A. Hitchmough, C. J. R. Robertson, M. J. Williams, *Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici*, Christchurch, New Zealand (1991)
- **H.-H. Bergmann:** Die Biologie des Vogels, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **P. Berthold:** Vogelzug, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1992)
- **E. Bezzel, R. Prinzing:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **R. P. Blakemore, R. B. Frankel:** Magnetische Bakterien, in: *Spektrum der Wissenschaft*, Heft 2, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (1982)
- **N. B. Davies:** Prey selection and social behaviour in wagtails (Aves: Motacillidae), in: *Journal of Animal Ecology* 46, British Ecological Society (1977)
- (Hrsg.) **J. Dudel, R. Menzel, R. F. Schmidt:** Neurowissenschaft, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1996)
- **R. Flindt:** Biologie in Zahlen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1986, 1995)
- **T. C. Grubb:** Olfactory navigation to the nesting burrow in Leach's Petrel (*Oceanodroma leucorhoa*), *Animal Behaviour* 22 (1974)
- **J. del Hoyo, A. Elliot, J. Sargatal:** Handbook of the Birds of the World - Volume 4, Lynx Edicions, Barcelona (1997)
- **J. del Hoyo, A. Elliot, J. Sargatal:** Handbook of the Birds of the World - Volume 5, Lynx Edicions, Barcelona (1999)
- **M. Kirk:** Eulenwelt, Homepage <http://home.arcor.de/mkirk/eulenwelt.htm> (2002)
- **J. L. Kirschvink, J. L. Gould:** Biogenic magnetite as a basis for magnetic field detection in animals, *Biosystems* 13 (1981)
- **J. L. Kirschvink, D. S. Jones und B. J. MacFadden:** Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms, Plenum, New York (1985)
- **J. R. Krebs:** Optimal foraging: decision rules for predators, in: J. R. Krebs, N. B. Davies: *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*, Blackwell Scientific Publications, Oxford (1978)

- **M. J. M. Leask:** A physiochemical mechanism for magnetic field detection in migratory birds and homing pigeons, *Nature* 267 (1977)
- **H. Lingen, G. Rheinwald:** Atlas der Vogelwelt, Lingen Verlag, Köln (o. J.)
- **C. Meyer-Cords, R. Hutterer:** Die Ofenkaulen im Siebengebirge als Fledermausquartier: Artnachweise und Forschungsaktivitäten von 1908 bis 1978, *Decheniana* 154, Bonn (2001)
- **R. Pacht:** Kids Color, <http://www.rp8.de>, Wuppertal (2002)
- **F. Papi:** The olfactory navigation system of homing Pigeons, *Verh. Deutsche Zoologische Gesellschaft* (1976)
- **U. Rockmann:** Sinnesphysiologie, Homepage <http://www.uni-oldenburg.de/sport/bww/Lehre/Sinne/sinne.html>, Universität Oldenburg, Oldenburg (2000)
- **V. Ziswiler:** Spezielle Zoologie, Wirbeltiere, Band II: Amniota, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1976)

II.5 Anatomie, Physiologie und Ökologie der Fortbewegung

- **C. Arslanemir:** Straubherz Physiologie, Homepage http://www.uni-ulm.de/~s_carsla/Physiologie/Straubherz/physiov4.htm (1997-2000)
- **E. Bezzel:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1977)
- **E. Bezzel, R. Prinzing:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **R. Burton:** Vogelflug, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart (1991)
- **R. Flindt:** Biologie in Zahlen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1986, 1995)
- **H. Lingen, G. Rheinwald:** Atlas der Vogelwelt, Lingen Verlag, Köln (o. J.)
- **R. Pacht:** Kids Color, <http://www.rp8.de>, Wuppertal (2002)
- **R. Wehner, W. Gehring:** Zoologie, Georgs Thieme Verlag, Stuttgart (1995)
- **V. Ziswiler:** Spezielle Zoologie, Wirbeltiere, Band II: Amniota, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1976)

II.6 Vogelflug

- **APN Arbeitsgemeinschaft Papageien-Netzwerk:** Homepage APN, <http://www.papageien.org> (2002)
- **E. Bezzel:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1977)
- **E. Bezzel, R. Prinzing:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **Brockhaus:** Brockhaus! Was so nicht im Lexikon steht, F. A. Brockhaus, Leipzig (1996)
- **R. Brown:** Federn, Spuren und Zeichen der Vögel Europas, Gerstenberg Verlag, Hildesheim (1988)
- **R. Burton:** Vogelflug, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart (1991)
- **J. del Hoyo, A. Elliot, J. Sargatal:** Handbook of the Birds of the World - Volume 4, Lynx Edicions, Barcelona (1997)
- **J. del Hoyo, A. Elliot, J. Sargatal:** Handbook of the Birds of the World - Volume 5, Lynx Edicions, Barcelona (1999)
- **Digitale Folien:** Homepage <http://www.digitalefolien.de> (2002)
- **Digital Producer:** Homepage <http://www.digitalproducer.com> (2002)
- **dpa/fwt, Redaktion Wissenschaft, Berliner Zeitung:** Urweltfund im Westerwald, Ausgabe 11.06., Berliner Verlag, Berlin (1997)
- **S. Ernst, P. Fülle:** Der Fregattvogel - Eleganter Taupate für eine Trauminsel, w&p Wilde & Partner Public Relations, Homepage <http://www.wilde.de/pdf/fregate/Vogel.pdf>, München (2002)
- **J. Feldhusen:** Kolibris, Homepage <http://people.freenet.de/jfeldhusen/> (2002)
- **R. Flindt:** Biologie in Zahlen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1986, 1995)
- **O. Groß:** Gleitsegler mit Schuppen, in: *mare - Die Zeitschrift der Meere* Ausgabe 16 (Oktober/November), Dreiviertel Verlag, Berlin, Hamburg (1999)
- (Red.) **M. Hansen:** Das farbige Bilderlexikon der Vögel, Mohndruck Graphische Betriebe, Gütersloh (1983)
- **W. Heitland, W. Bäuml:** Skript Bestimmungsübungen an Vögeln und Säugern, <http://zoologie.forst.tu-muenchen.de/>, Studienfakultät für Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement, Freising (2002)
- **G. Hummel:** Anatomie und Physiologie der Vögel, Ulmer Verlag, Stuttgart (2000)
- **M. Kappeler / Groth AG:** Breitschwanzkolibri (*Selasphorus platycercus*), American Wildlife Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1987)
- **M. Kappeler / Groth AG:** Fischadler (*Pandion haliaetus*), American Wildlife Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1987)
- **M. Kappeler / Groth AG:** Schnee-Eule (*Nyctea scandiaca*), WWF Conservation Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1999)

- **M. Kappeler / Groth AG:** Zweifarbenkolibri (*Cyanophaea bicolor*), WWF Conservation Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1984)
- **M. Kappeler / WWF Schweiz:** Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*), in: WWF-Kalender 1984, WWF Schweiz, Zürich (1983)
- **A. S. King, J. McLelland:** Anatomie der Vögel, Ulmer Verlag, Stuttgart (1978)
- **D. Lambert:** Das Superbuch der Fakten und Rekorde: Tiere und Pflanzen, Reichenbach Verlag, München (1995)
- **Livingstone, Biodidac:** entnommen aus Heitland, Bäumler (siehe dort)
- **LS Luftkissen Systeme GmbH:** Homepage <http://www.luftkissensysteme.com/>, Krefeld (2002)
- **M. Maier:** Schillerfalter, <http://www.geocities.com/europeanbutterflies/> (1998)
- **W. Nachtigall:** Vogelflug und Vogelzug, Rasch und Röhring Verlag, Hamburg (1987)
- **W. Nachtigall:** Warum die Vögel fliegen, Rasch und Röhring Verlag, Hamburg (1985)
- **Nature Songs:** Tonaufnahmen von Kolibris unter <http://www.naturesongs.com/> (2002)
- **J. Nicolai:** Fotoatlas der Vögel, Verlag Gräfe und Unzer, München (1982)
- **O. Lilienthal:** Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst, R. Gaertners Verlagsbuchhandlung, Berlin (1889), Otto-Lilienthal-Museum, Ellbogenstraße 1, 17389 Anklam (2003)
- **Otto-Lilienthal-Museum:** Homepage <http://home.t-online.de/home/LilienthalMuseum/>, Anklam (2003)
- **K. Meyl:** Elektromagnetische Umweltverträglichkeit, Freie Energie und die Wechselwirkung der Neutrinos, Indel, Villingen-Schwenningen (1999), Homepage <http://www.k-meyl.de/>, TZA (Transferzentrum der Steinbeis-Stiftung), St.Georgen/Schwarzwald (1999)
- **R. Netzker:** Jurassic Quark - Holden, Wegener, Meyl: Ein theoretischer Dreisprung, Homepage <http://home.t-online.de/home/ralph.netzker/homepage.htm> (2002)
- **J. Nicolai:** Fotoatlas der Vögel, Verlag Gräfe und Unzer, München (1982)
- **R. Pacht:** Kids Color, Homepage <http://www.rp8.de>, Wuppertal (2002)
- **A. Portmann:** Vom Wunder des Vogellebens, Verlag R. Piper, München (1984)
- **A. L. Rand:** Die Vögel, BLV Verlagsgesellschaft, München (1971)
- **H.-C. Reinhardt:** Gouldamadine (Foto) (2001)
- **C. Sachs:** Warum schillert das Gefieder des Kolibris so ungewöhnlich?, in: Kopfball, Sendung vom 25.11., <http://www.kopfball-online.de>, Westdeutscher Rundfunk (WDR), Köln (2001),
- **G. Sachs:** Albatrosflug - Bemannter dynamischer Segelflug, Homepage <http://www.lfm.mw.tum.de/>, Lehrstuhl für Flugmechanik und Flugregelung Technische Universität München, München (2000)
- **Schooner Marine Inc:** Homepage <http://www.schooneryachts.com>, Lauderdale, USA (2002)
- **E. Spilling:** <http://www.gaense.de>, Arbeitsgruppe Gänseforschung der Universität Osnabrück, mit Unterstützung durch die Deutsche Ornithologen-Gesellschaft (1999)
- **The Hummingbird Society:** Homepage <http://www.hummingbird.org/>, Newark (2002)
- **ThinkQuest Team:** The Virtual Zoo, Homepage <http://www.thinkquest.org> (1997)
- **M. Wieber:** Gefiederfarben, Seminar unter Leitung von AOR Dr. J. Butenuth, AOR Dr. E. Gerstner, Philipps-Universität Marburg, FB Chemie, Marburg (2002)

II.7 Flugfähige Vögel

- **R. Burton:** Vogelflug, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart (1991)
- **Corbis Headquarters:** Abbildung Dronte, Homepage <http://www.corbis.com/>, WA 98007 (2002), entnommen der Dronte-Bilder-Galerie unter der Homepage <http://www.davidreilly.com/dodo/gallery.html> (2002)
- **R. Dombrowsky:** Die Dronte, JADU Internetworld, Berlin (2002), entnommen aus: Unsere Vogelwelt, Der neue Sammelband der Berliner Morgenpost, Ullstein AG, Berlin (1959)
- **J. Dorst:** Das Leben der Vögel (II), Enzyklopädie der Natur, Band 13, Edition Recontre, Lausanne (1972)
- **R. Gerlach:** Die Geheimnisse der Vogelwelt, Claassen Verlag, Hamburg, Düsseldorf (1968)
- **C. Golling, B. Golling:** Die Dronte, Homepage <http://www.bernd-golling.de/index.htm> (2001)
- **M. Kappeler / Groth AG:** Strauss (*Struthio camelus*), WWF Conservation Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1996)
- **R. Lachner:** Paradies der wilden Vögel, Südwest Verlag, München (1969)
- **H. Lingen, G. Rheinwald:** Atlas der Vogelwelt, Lingen Verlag, Köln (o. J.)
- **G. Mauersberger:** rororo Tierwelt, Urania Tierreich in 18 Bänden, Bände 1 bis 3, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek (1974)
- **W. Nachtigall:** Vogelflug und Vogelzug, Rasch und Röhring Verlag, Hamburg (1987)

- **R. T. Peterson:** Die Vögel, Time Inc., Amsterdam (1965)
- **Safaripark Gänserndorf:** Homepage <http://www.safaripark.at>, Gänserndorf (2002)

III Vogelzug

- **E. Arndt, H. Weitz:** Weitere Radarbeobachtungsergebnisse zum großräumigen und regionalen Vogelzug im Nordosten von München, in: Vogel und Luftverkehr, Band 2, DAVVL e. V., Traben-Trarbach (1990)
- **R. R. Baker:** The Evolutionary Ecology of Animal Migration, in: London-Sydney-Auckland-Toronto (1978)
- **P. Berthold:** Das größte Streckennetz der Welt, in: kosmos 8/1992, Gesellschaft der Naturfreunde, Deutsche Verlags-Anstalt (1992a)
- **P. Berthold:** Vogelzug, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1992b, 2000)
- **P. Berthold:** Vogelzug von A-Z; Von Aristoteles bis zur Zweiweg-Selektion, in: Mitteilungen der DZG Zoologie (1998)
- **P. Berthold, W. van den Bossche, Y. Leshem, C. Kaatz, M. Kaatz, E. Nowak, U. Querner:** Satelliten-Telemetrie der Jahreswanderungen eines Weißstorchs *Ciconia ciconia* und Diskussion der Orientierungsmechanismen des Heimzugs, in: Journal für Ornithologie 138, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, Berlin (1997)
- **P. Berthold, W. van den Bossche, Y. Leshem, C. Kaatz, M. Kaatz, E. Nowak, U. Querner:** Satelliten-Telemetrie beim Weißstorch *Ciconia ciconia*: Wanderung eines Ost-Storchs westlich bis Nigeria, in: Journal für Ornithologie 138, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft (1997)
- **P. Berthold, E. Nowak, U. Querner:** Satelliten-Telemetrie beim Weißstorch (*Ciconia ciconia*) auf dem Wegzug – eine Pilotstudie, in: Journal für Ornithologie Band 133, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft (1992)
- **P. Berthold, E. Nowak, U. Querner:** Satelliten-Telemetrie eines Zugvogels von Mitteleuropa bis in das südafrikanische Winterquartier: eine Fallstudie am Weißstorch (*Ciconia ciconia*), in: Journal für Ornithologie Band 136, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft (1995)
- **P. Berthold, U. Querner:** Satellitentelemetrie von Zugrouten beim Weißstorch 1993/1994: Untersuchung von Altvögeln, in: Jubiläum 15 Jahre Storchenhof Loburg und 15 Jahre Arbeitskreis Weißstorch: 3. Sachsen-Anhaltischer Storchentag vom 21. bis 23.10.1994, Loburg (1996)
- **E. Bezzel, H.-W. Helb, K. Witt:** Jahrbuch für Vogelkunde und Vogelschutz, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **K. Blessing:** Natur ohne Grenzen, Vernetzte Natur in Europa, Naturerbe Verlag Jürgen Resch, Überlingen (1994)
- **B. Bruderer:** Vogelzug über der Sahara, Schweizerische Vogelwarte Sempach, Homepage <http://www.vogelwarte.ch>, Sempach (1998)
- **B. Bruderer, F. Liechti:** Vogelzug-Quantifizierung - ein Vergleich verschiedener Methoden, in: Vogel und Luftverkehr, Band 1-2, DAVVL e. V., Traben-Trarbach (1998)
- **B. Bruderer, F. Liechti, D. Erich:** Radarbeobachtungen über den herbstlichen Vogelzug in Süddeutschland, in: Vogel und Luftverkehr, Band 2, DAVVL e. V., Traben-Trarbach (1989)
- (Hrsg.) **J. Dudel, R. Menzel, R. F. Schmidt:** Neurowissenschaft, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1996)
- **D. Eschenhagen, E. R. Scherner:** Erforschung des Vogelzugs, in: Unterricht Biologie 139, Erhard Friedrich Verlag GmbH, Seelze/Velber (1988)
- **R. Flindt:** Biologie in Zahlen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1986, 1995)
- **H.-A. Freye, L. Kämpfe, G.-A. Biewald:** Zoologie, Gustav Fischer Verlag, Jena (1991)
- **GROMS (E. Heuel, T. Lingen):** Karte Goldregenpfeifer (*Pluvialis apricaria*), 2 Karten, Dr. K. Riede, Global Register of Migratory Species (<http://www.groms.de>), Bonn (2002)
- **F. Hourlay:** Suivi des migrations automnale et printanière de la Cigogne Noire (*Ciconia nigra*), ainsi que de ses déplacements dans les zones d'hivernage et reproduction par radiotélémetrie satellitaire, in: Mémoire, 81 p. Université de Liège, Faculté des Sciences (1999)
- **O. Hueppop:** Vogelzug-Forschung, Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Inselstation Helgoland, Homepage <http://home.t-online.de/home/O.Hueppop-IFV/vogelzug.htm> (2001)
- **M. Kaatz, K. Dubian, R. Rehbein, T. Schaffer:** Zugbegleitung besonderer Weißstörche – Neue Schutzmöglichkeiten auf den Zugwegen, in: Jubiläum 15 Jahre Storchenhof Loburg und 15 Jahre Arbeitskreis Weißstorch: 3. Sachsen-Anhaltischer Storchentag vom 21. bis 23.10.1994, Loburg (1996)

- **M. Kaatz, F. Groh, G. Kratzsch, K. Lüdecke, T. Bich:** Rastplatzökologie und Zugverhalten – Begleitung besonderer Weißstörche auf den osteuropäischen Zugrouten 1995 und 1996, Storchenhof Loburg, Sachsen-Anhalt, Loburg (1997)
- **F. Lange, E. Strauß, J. Dobers:** Biologie, Hermann Schroedel Verlag, Hannover, Berlin, Darmstadt, Dortmund (1967)
- **Lufthansa Report:** Cranes – The heralds of joy, Press and Public Relations Department Deutsche Lufthansa AG, Dinner Druck, Schwanau (1999)
- **H. Lingen, G. Rheinwald:** Atlas der Vogelwelt, Lingen Verlag, Köln (o. J.)
- **T. Lingen:** Der Vogelzug und seine Einbettung in den fachwissenschaftlichen Unterricht (in drei Teilen), Arbeit für das erste Staatsexamen, Prof. Dr. C. M. Naumann zu Königsbrück, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2001)
- **Nationalpark-Haus Juist,** Homepage <http://www.nationalparkhaus-juist.de/>, Juist (2002)
- **E. Nowak, P. Berthold:** Die Satelliten-Telemetrie in der Erforschung von Tierwanderungen: eine Übersicht, in: Journal für Ornithologie Band 128, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft (1987)
- **E. Nowak:** Satellitentelemetrie im Dienste des Schutzes wandernder Vogelarten, in: Natur und Landschaft, Heft 10 (1991)
- **V. Olsson:** Die Expansion des Girlitzes (*Serinus serinus*) in Nordeuropa in den letzten Jahrzehnten, in: Vogelwarte 25, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, Berlin (1969)
- **J. M. Rayner:** The mechanisms of flight and bird migration performance, in: (Hrsg.) E. Gwinner: Bird Migration: The Physiology and Ecophysiology, Berlin, Heidelberg, New York (1990)
- **F. Salomonsen:** Vogelzug, BL Verlag, München (1967)
- **L. Schäfer:** Wildgänse im Winterurlaub, in: Rhein-Sieg-Rundschau, Ausgabe 22.01., Köln (2003)
- **E. Schüz, P. Berthold, E. Gwinner, H. Oelke:** Grundriß der Vogelzugkunde, Parey Verlag, Berlin, Hamburg (1971)
- **S. B. Terril:** Evolutionary aspects of orientation and migration in birds, in: Orientation in Birds, Experientia 46 (1990)
- **R. Yogeshwar:** Der Vogelzug, Globus, Westdeutscher Rundfunk (WDR), Köln (2001)
- **E. Schüz:** Grundriß der Vogelzugkunde, Parey Verlag, Berlin (1971)
- **R. Wehner, W. Gehring:** Zoologie, 23. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1995)
- **o. Namen:** Wandernde Tierarten, Museumsschule, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Adenauerallee 160, Bonn (o. J.)

IV Evolution

- **R. T. Bakker:** The Dinosaur Heresy, William Morrow, New York (1990)
- **K. W. Barthel:** Fossilien aus Solnhofen, Ott Verlag Thun, Thun (1978)
- **M. E. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend:** Ecology: Individuals, populations and communities, Blackwell Scientific Publications, London (1996), Deutsche Übersetzung: Ökologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (1998)
- **E. Bezzel, R. Prininger:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **R. I. Bowman:** Morphological differentiation and adaptation in the Galapagos finches, University California Publ. Zool. 58 (1961)
- **A. Burke, A. Feduccia:** Developmental Patterns and the Identification of Homologies in the Avian Hand, in: Science Magazine 278, American Association for the Advancement of Science (1997)
- **P. J. Chen, Z. Dong, S. Zhen:** An exceptionally well-preserved theropod dinosaur from the Yixian formation of China, in: Nature 391 (1998)
- (Hrsg.) **DIFF (Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen):** Evolution der Pflanzen- und Tierwelt, Teil 2 Ursachen und Mechanismen der Evolution, Manuskript K. P. Sauer, J. K. Müller, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Tübingen (1987)
- **I. Eibl-Eibesfeldt:** Galapagos, R. Piper & Co. Verlag, München (1984)
- **A. Elzanowski, P. Wellnhofer:** Cranial morphology of Archaeopteryx: Evidence from the seventh skeleton, Sonderdruck aus Journ. Vertebr. Palaeont. 16 (1) (1996)
- **J. Fehrer, F. Zimblemann:** Neues über alte Vögel, in: Studium Integrale 5. Jahrgang, Heft 1, Studiengemeinschaft Wort und Wissen e.V., Baiersbrunn (1998)

- **C. A. Forster, S. C. Sampson, L. M. Chiappe, D. W. Krause:** The theropod ancestry of birds: New evidence from the Late Cretaceous of Madagascar, in: Science Magazine 279, American Association for the Advancement of Science (1998)
- **A. Gibbons:** Early birds rise from China fossil beds, in: Science Magazine 274, American Association for the Advancement of Science (1996)
- **A. Gibbons:** Plucking the feathered dinosaur, in: Science Magazine 278, American Association for the Advancement of Science (1998)
- **A. Gibbons:** Missing link ties birds, dinosaurs, in: Science Magazine 279, American Association for the Advancement of Science (1998)
- **M. Glaubrecht:** Darwin-Finken auf Galapagos, Paradebeispiel der Evolution, in: Naturwissenschaftliche Rundschau 41, Hamburg (1988)
- **P. R. Grant, B. R. Grant:** Fluctuating selection and evolution in Darwin's finches, Journal Ornithology 135 (1994)
- **P. R. Grant, B. R. Grant:** Hybridisierung von Darwins Finken, in deutscher Übersetzung von M. Wikelski, Praxis der Naturwissenschaften Biologie Heft 8/44, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln (1995)
- **P. H. Harvey:** A new phylogeny for Darwin's Galapagos finches, Nature 314 (1985)
- **R. Hinchliffe:** The forward march of the bird-dinosaur halted?, in: Science Magazine 278, American Association for the Advancement of Science (1997)
- **L. Hou, L. D. Martin, Z. Zhou, A. Feduccia:** Early adaptive radiation of birds: Evidence from fossils from Northeastern China, in: Science Magazine 274, American Association for the Advancement of Science (1996)
- **L. Hou, Z. Zhou, Y. Gu, H. Zhang H:** Confusiusornis sanctus, a new late Jurassic sauriurine bird from China, in: Chinese Scientific Bulletin 40 (1995)
- **L. Hou, Z. Zhou, L. D. Martin, A. Feduccia:** A beaked bird from the Jurassic of China, in: Nature 377 (1995)
- **R. Junker, S. Scherer:** Evolution, Ein kritisches Lehrbuch, Weyel Lehrbuchverlag, Gießen (1998)
- **R. W. Kaplan:** Evolution der Pflanzen- und Tierwelt, Teil 4 Ursprung und frühe Evolution des Lebens, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Tübingen (1985)
- **T. M. Keeseey:** Classification, Homepage <http://www.dinosauricon.com> (2001)
- **M. H. Knecht, J. H. Ostrom, G. Viohl, P. Wellnhofer:** The beginnings of Birds, Proceedings of the International Archaeopteryx Conference Eichstätt (1984)
- **O. Kuhn:** Die Tierwelt des Solnhofener Schiefer (1977)
- **D. Lambert:** Dinosaurier, München (1993)
- **B. Leisler:** Artbildung und adaptive Radiation bei Darwinfinken, Praxis der Naturwissenschaften Biologie Heft 8/44, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln (1995)
- **D. Lessem:** Dinosaurierforscher, Basel (1994)
- **W.-E. Lönnig:** Artbegriff, Evolution und Schöpfung, Nachträge auf der Homepage unter <http://www.mpiz-koeln.mpg.de/~loennig/>, Naturwissenschaftlicher Verlag Köln, Köln (1993),
- **R. Möller:** Wie der Archaeoraptor gefälscht wurde, in: Bild der Wissenschaft online 02.04.2001, Leinfelden-Echterdingen (2001)
- **D. Norman:** Dinosaurier, C. Bertelsmann Verlag, München (1991)
- **D. Norman:** Ursprünge des Lebens, C. Bertelsmann Verlag, München (1994)
- **K. Padian:** When is a bird not a bird?, in: Nature 393 (1998)
- **G. S. Paul:** Predatory Dinosaurs of the World, Simon & Schuster, New York (1988)
- **D. S. Peters:** Das Exponat des Monats: Ein nahezu vollständiges Skelett eines urtümlichen Vogels aus China, in: Natur und Museum 126 (1996)
- **D. S. Peters:** Die Entstehung der Vögel, Verändern die jüngsten Fossilfunde das Modell?, in: Morphologie und Evolution, Symposien zum 175jährigen Jubiläum der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, Senckenberg-Buch 70, Frankfurt (Main) (1994)
- **D. S. Peters:** Führung Nr. 408 Vögel - die einzig überlebenden Dinosaurier, Homepage <http://www.senckenberg.uni-frankfurt.de/sm/dino.htm> und <http://www.senckenberg.uni-frankfurt.de/paed/fuehrs2.htm#L408>, Frankfurt (Main) (2002)
- **D. S. Peters:** Die frühe Stammesentwicklung der Vögel, in: Reihe Neues aus der Naturwissenschaft, Vortrag vom 25. 2.1997, Görlitz (1997)

- **D. S. Peters:** Konfuzius ornis und die Vogelevolution im Mesozoikum, in: Reihe Görlitzer Biologische Kolloquien, Vortrag vom 25. 2. 1997, Görlitz (1997)
- **R. T. Peterson:** Die Vögel, Time Inc., Amsterdam (1965)
- **B. Petri:** Die Kohlmeisen (*Parus major*) – Kontaktzone am mittleren Amur – Existieren akustische Isolationsmechanismen? (Diplomarbeit), Fachbereich Biologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz (1998)
- **M. Pössel:** Phantastische Wissenschaft, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg (2000)
- **J. Qiang, P. J. Currie, M. A. Norell, J. Shu-An:** Two feathered dinosaurs from northeastern China, in: Nature 393 (1998)
- **K. Richter:** Dinosaurier und Menschen - Zeitgenossen?, GEAS-Forum 4 (1999)
- **K. Richter:** Dinosaurier und Menschen - Zeitgenossen?, Pterodactylus 4/5 (2000)
- **J. A. Ruben, T. D. Jones, N. R. Geist, W. J. Hillenius:** Lung structure and ventilation in theropod dinosaurs and early birds, in: Science Magazine 278, American Association for the Advancement of Science (1997)
- **J. A. Ruben, C. Dal Sasso, N. R. Geist, W. J. Hillenius, T. D. Jones, M. Signore:** Pulmonary function and metabolic physiology of theropod dinosaurs, in: Science Magazine 283, American Association for the Advancement of Science (1999)
- **J. L. Sanz, L. M. Chiappe, B. P. Perez-Moreno, J. J. Moratalla, F. Hernández-Carrasquilla, A. Buscalioni, F. Ortega, F. J. Poyato-Ariza, D. Rasskin-Gutman, X. Martínez-Delclòs:** A Nestling Bird from the Lower Cretaceous of Spain: Implications for Avian Skull and Neck Evolution, in: Science Magazine 297, American Association for the Advancement of Science (1997)
- **P. Scheid, et al.:** Höhenflug bei Vögeln, in: Nat Rundschau 48 (1995)
- **M. Schmitt:** Evolution der Pflanzen- und Tierwelt, Teil 3 Theoretische Grundlagen der Evolutionsbiologie, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Tübingen (1987)
- **M. Schmitt:** Evolution der Pflanzen- und Tierwelt, Teil 5/2 Geschichte der Tiere, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Tübingen (1989)
- **P. Shipman:** Birds do it ... did dinosaurs?, in: New Scientist, February (1997)
- **P. Shipman:** Taking Wing - Archaeopteryx and the Evolution of Bird Flight (1998)
- **H. Spieth:** Evolution der Pflanzen- und Tierwelt, Teil 1 Homologie und phylogenetische Rekonstruktion, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Tübingen (1987)
- **B. Stephan:** Vorkommen und Ausbildung der Fingerkrallen bei rezenten Vögeln., Journal für Ornithologie 133, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft (1992)
- **E. Stresemann, N.W. Timophéeff-Ressovsky:** Artentstehung in geographischen Formenkreisen. 1. Der Formenkreis *Larus argentatus-cachinnans-fuscus*, Biol. Zentr. 66 (1947)
- **D. M. Unwin:** Feathers, filaments and theropod dinosaurs, in: Nature 391 (1998)
- (Red.) **W. Vollmer, U. Fehrmann, W. Wiemers:** Natura, Ernst Klett Verlag, Stuttgart (1995)
- **H. Voss:** Dinosaurier- Interesse Homepage www.dinosaurier-interesse.de, Schoeppingen (2002)
- **R. Wehner, W. Gehring:** Zoologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1995)
- **P. Wellnhofer:** A new specimen of Archaeopteryx, Sonderdruck aus Science Magazine 240, American Association for the Advancement of Science (1988)
- **P. Wellnhofer:** Archaeopteryx - Dinosaurier oder Vogel? , Sonderdruck aus der Neuen Zürcher Zeitung, Nr.116, Zürich (1976)
- **P. Wellnhofer:** Flugsaurier, München (1993)
- **P. Wellnhofer:** Solnhofener Plattenkalk: Urvögel und Flugsaurier, Museum beim Solnhofener Aktien Verein, Maxberg, (1983 bis 1997)
- **P. Wellnhofer:** Überraschenderweise ähneln alle diese Federn denen von Vögeln, Ausgabe 08.07., Frankfurter Allgemeine Zeitung, Frankfurt (1998)
- **B. Wuethrich:** Stunning fossil shows breath of a dinosaur, in: Science Magazine 283, American Association for the Advancement of Science (1999)
- **H. J. Zillmer:** Darwins Irrtum, München (1998)
- **H. J. Zillmer:** Darwins Irrtum gleich Richters Irrtum, Pterodactylus 6/ I (2001)
- **H. J. Zillmer:** Irrtümer der Erdgeschichte, München (2001)
- **F. Zimbelmann:** Sind Vögel Dinosaurier mit Federn?, in: Studium Integrale 6. Jahrgang, Heft 1, Studien-gemeinschaft Wort und Wissen e.V., Baiersbronn (1999)
- **V. Ziswiler:** Spezielle Zoologie, Wirbeltiere, Band II: Amniota, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1976)

V Fortpflanzung und Entwicklung

- **D. Attenborough:** Leben und Überleben, Verlag Das Beste, Stuttgart (1994)
- **P.-R. Becker:** Werkzeuggebrauch im Tierreich, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart (1993)
- **H.-H. Bergmann:** Die Biologie des Vogels, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **Berliner Morgenpost:** das Lotterleben der Pinguine, Ausgabe 27.02., Berlin (1998)
- **E. Bezzel, H.-W. Helb, K. Witt:** Jahrbuch für Vogelkunde und Vogelschutz, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **E. Bezzel, R. Prinzinger:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **J. Boswall:** Notes on tool-using by Egyptian Vultures, in: Bulletin Br. Ornithol. Club 97 (1977)
- **J. Boswall:** Tool-using by birds and related behaviour, in: Avicultural Magazine 83 (1977)
- **J. Boswall:** Further notes on tool-using by birds and related behaviour, in: Avicultural Magazine 84 (1977)
- **J. Boswall:** Tool-using by birds and related behaviour in birds: yet more notes, in: Avicultural Magazine 89 (1983)
- **A. F. A. Brown:** Kunstbrut, Handbuch für Züchter, M. & H. Schaper Verlag, Alfeld, Hannover (1988)
- **Bund Deutscher Wildvogelzüchter e.V.:** Homepage http://www.wildvogelzuechter.de/Gimpel/hauptteil_gimpel.html, Markkleeberg (2002)
- **C. K. Catchpole:** Sexual selection and the evolution of complex songs among European warblers of the genus *Acrocephalus*, in: Behaviour 74 (1980)
- **A. H. Chisholm:** The use by birds of tools and playthings, in: Vict. Nat. 88 (1971)
- **N. Collias, E. Collias :** Nest Building and Bird Behaviour, Princeton (1984)
- **B. Culik:** Das kälteste Gewerbe der Welt - Über eine ungewöhnliche Art der Baustoffbeschaffung: Prostitution bei Pinguinen, Privatdozent für Meereszoologie an der Universität Kiel, in: mare – Die Zeitschrift der Meere, No. 31, April/Mai (2002)
- **S. Daan, C. Dijkstra, J. M. Tinbergen:** Family planning in the kestrel (*Falco tinnunculus*): the ultimate control of covariation of laying date and clutch size, in: Behaviour 114 (1990)
- **J. del Hoyo, A. Elliot, J. Sargatal:** Handbook of the Birds of the World - Volume 4, Lynx Edicions, Barcelona (1997)
- **H. Dittberner, W. Dittberner:** Die Schafstelze, Neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen Verlag, Lutherstadt Wittenberg (1984)
- **W. Edelmann:** Lernpsychologie, Psychologie Verlags Union, Weinheim (1996)
- **I. Eibl-Eibesfeldt:** Grundriss der vergleichenden Verhaltensforschung – Ethologie, R. Piper & Co. Verlag, München (1967)
- **I. Eibl-Eibesfeldt:** Werkzeuggebrauch beim Spechtfinken, in: Natur und Museum 93 (1963)
- **N. L. Gage, D. C. Berliner:** Pädagogische Psychologie, Psychologie Verlags Union, Weinheim (1986)
- **R. M. Gagné:** Die Bedingungen des menschlichen Lernens, Schroedel Verlag, Hannover (1980)
- **U. Gille:** Anatomie der Vögel, Homepage <http://www.uni-leipzig.de/~vetana/index1.htm>, Veterinär-Anatomisches Institut der Universität Leipzig, Leipzig (2000)
- (Hrsg.) **B. Grzimek:** Grzimeks Tierleben, Vögel 1 - 3, Kindler, Zürich (1970)
- **V. Haeseler:** Werkzeuggebrauch bei der europäischen Grabwespe *Amophila hungarica* Mocsary 1883 (Hymenoptera: Sphecidae), in: Zoologischer Anzeiger 15 (1985)
- **C. Harrison:** Jungvögel, Eier und ihre Nester aller Vögel Europas, Nordafrikas und des Mittleren Ostens, Ein Naturführer zur Fortpflanzungsbiologie, Parey Verlag, Hamburg, Berlin (1975)
- **W. Heinrich:** Sozialverhalten II: Überwindung der Aggression, Fortpflanzung und Brutpflege, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Tübingen (1986)
- **W. Heitland, W. Bäumler:** Skript Bestimmungsübungen an Vögeln und Säugern, Studienfakultät f. Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement, Homepage <http://zoologie.forst.tu-muenchen.de/>, Freising (2002)
- (Hrsg.) **K. Heller, H. Nickel:** Psychologie in der Erziehungswissenschaft, Band I: Verhalten und Lernen, Klett-Cotta Verlag, Stuttgart (1978)
- **E. von Holst, U. von Saint Paul:** Instinktverhalten durch Stammhirnreizung bei Hühnern, Filme D 845 – 849, Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (1962)
- **E. von Holst, U. von Saint Paul:** Vom Wirkungsgefüge der Triebe, Naturwiss. 47 (1960)
- **R. D. Howard:** The influence of sexual selection and interspecific competition on Mockingbird song (*Mimus polygottos*), in: Evolution 28 (1974)

- **F. M. Hunter, L. S. Davis:** Female Adélie Penguins Acquire Nest Material from Extrapair Meles after Engaging in Extrapair Copulations, in: *The Auk. The American Ornithologists' Union*, Volumen 115. Nr. 2 (1998)
- **W. Irsch:** Wer singt denn da?, *Das Tier* 5 (1986)
- **H. H. Klein:** Homepage <http://www.tierenzyklopaedie.de/> (2002)
- **Kölner Stadt-Anzeiger, dpa (KSTA):** Das Blesshuhn lässt sich nicht täuschen, Ausgabe 03.04. Köln (2003)
- **C. König:** Auf Darwins Spuren, Ökologische Betrachtungen im Lande des Kondors, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin (1983)
- **O. Koenig:** Das Aktionssystem der Bartmeise (*Panurus biarmicus*), in: *Österreichische zoologische Zeitschrift* 1 und 3 (1951)
- **M. Koepke:** Über die Resistenzformen der Vogelnester in einem begrenzten Gebiet des tropischen Regenwaldes in Peru, in: *Journal für Ornithologie* 113, Heft 2, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, Berlin (1972)
- **H. Lingen, G. Rheinwald:** Atlas der Vogelwelt, Lingen Verlag, Köln (o. J.)
- **K. Lorenz:** Der Kumpan in der Umwelt des Vogels, *Journal für Ornithologie* 83, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, Berlin (1935)
- (Hrsg.) **G. Mausberger:** Die große farbige Enzyklopädie Urania Tierreich, Band Vögel, Berlin (2000)
- **R. Low:** Parrots-Their Care and Breeding, Blandford Press Ltd. Poole, Dorset (1980)
- **R. Low:** Das Papageienbuch, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1989)
- **T. Lubjuhn:** Fremdgehen mit Folgen - Untersuchungen zum Fortpflanzungsverhalten von Kohlmeisen mit Hilfe des DNA-Fingerprinting. *Biologie in unserer Zeit* 5 (1999)
- **A. J. Marshall:** Notes on the Satin Bower-bird, in: *Emu* 32 (1932)
- **A. J. Marshall:** Bower-birds, in: Oxford (1954)
- **A. J. Marshall:** Die Laubenvögel, in: *Endeavour* 19 (1960)
- **B. E. Marshall:** A possible example of tool usage by the Marabou Stork, in: *Ostrich* 53 (1982)
- **G. Mauersberger:** rororo Tierwelt, Urania Tierreich in 18 Bänden, Bände 1 bis 3, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg (1974)
- **D. McFarland:** Biologie des Verhaltens, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim (1989)
- (Hrsg.) **W. Miram, K.-H. Scharf:** Biologie heute SII, Schroedel Verlag, Hannover (1997)
- **D. Morris:** The snail-eating behaviour of Trushes and Blackbirds, in: *British Birds* 47 (1954)
- **Nano:** Die schlaue und diebische Elster, H. Prior am Lehrstuhl von O. Güntürkün (16.11.2001)
- **C. Perrins, A. Cameron:** Bird Life, Elsevier Publishing Projects S. A., Lausanne (1976)
- **A. J. Richards:** Predation of snails by migrant Song Trushes and Redwings, in: *Bird Study* 24 (1977)
- **K. Rost:** Bund Deutscher Wildvogelzüchter e.V., Homepage <http://www.wildvogelzuechter.de/>, Markkleeberg (2002)
- **T. Schmoll:** Seitensprung mit Folgen - Das außereheliche Liebesleben unserer Singvögel, Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie, Universität Bonn, in: *Naturschutz heute*, Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., Bonn (2002)
- (Hrsg.) **H. Spada:** Lehrbuch Allgemeine Psychologie, Huber Verlag, Bern (1990)
- (Hrsg.) **J. M. Starck, R. E. Ricklefs:** Avian growth and development, Oxford Series, Oxford (1993)
- **K. Steinmann:** Falschmünzer oder Umpräger? - Diogenes, der philosophische Clown, in: *Neue Zürcher Zeitung Literatur und Kunst* Nr. 72 78 Zürich (1999)
- **G. Tembrock:** Spezielle Verhaltensbiologie der Tiere, Bände I & II, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena (1983)
- (Red.) **W. Vollmer, U. Fehrmann, W. Wiemers (versch. Autoren):** *Natura*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart (1995)
- **R. Wehner, W. Gehring:** *Zoologie*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1995)
- **M. G. Wessels:** *Kognitive Psychologie*, Harper & Row UTB Große Reihe, New York (1994)
- **W. Winkel, J. Brünn, T. Lubjuhn:** Untersuchungen zur Paarungsstrategie des Trauerschnäppers am Westrand seines mitteleuropäischen Verbreitungsareals 1994-96, Projektförderung Deutsche Ornithologen-Gesellschaft, Cremlingen-Weddel, Bonn (1996)
- **V. Ziswiler:** *Spezielle Zoologie, Wirbeltiere, Band II: Amniota*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1976)

VI Ökologie

- **G. Arnold:** Regionale Fachberatung Biologie, Homepage <http://www.fachberatung-biologie.de/>, Dudenhofen (2002)
- **J. Aschoff:** Thermal conductance in mammals and birds: its dependence on body size and circadian phase. *Comp. Biochem. Physiol.* 69 A (1981)
- **D. Attenborough:** Leben und Überleben, Verlag Das Beste, Stuttgart (1994)
- **F. Bairlein:** Ökologie der Vögel, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1996)
- **F. Bairlein, G. Zink:** Der Bestand des Weißstorchs (*Ciconia ciconia*) in Südwestdeutschland: eine Analyse der Bestandsentwicklung, in: *Journal für Ornithologie* 120, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, Berlin (1979)
- **E.-G. Beck:** Merian-Schule, Homepage <http://www.merian.fr.bw.schule.de/>, Freiburg (2002)
- **M. E. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend:** Ecology: Individuals, populations and communities, Blackwell Scientific Publications, London (1996), Deutsche Übersetzung: Ökologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (1998)
- **H.-H. Bergmann:** Die Biologie des Vogels, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **P. Berthold:** Vogelzug, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1992)
- **P. Berthold:** Vogelzug, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (2000)
- **E. Bezzel:** Ornithologie, Ulmer Verlag, Stuttgart (1977)
- **E. Bezzel:** Vögel in der Kulturlandschaft, Ulmer Verlag, Stuttgart (1982)
- **E. Bezzel, H.-W. Helb, K. Witt:** Jahrbuch für Vogelkunde und Vogelschutz, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **E. Bezzel, R. Prinzinger:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- **H. Bick:** Ökologie, Fischer-Verlag, Stuttgart (1993)
- **H. Bick:** Grundzüge der Ökologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (1999)
- **Bildarchiv der Österreichischen Nationalbibliothek,** Wien (2002)
- **J. Bond:** Ökosystem, Homepage <http://www.hausarbeiten.de> (2001)
- **M. G. Bory:** Gaston Bonnier, La station de Biologie Végétale et d'Écologie Forestière, l'Université PARIS 7 - Denis Diderot, <http://www.sigu7.jussieu.fr/fontavon/index.html>, Paris (2001)
- **L. von Boxberger:** Die Welt des Vogels, Kosmos Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1949)
- **O. Breidbach:** Sammlungbestände (Archiv), Friedrich-Schiller-Universität Jena - Ernst-Haeckel-Haus, Institut für Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik, <http://www.uni-jena.de/biologie/ehh/> (2002)
- **R. Burton:** Vogelflug, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart (1991)
- **Bundesfachausschuss Feldherpetologie/Ichthyofaunistik im NABU, A. Krone** (Entwurf, Gestaltung): Homepage Amphibien- und Reptilienschutz, <http://www.amphibienschutz.de/>, Biesenthal (2002)
- **A. Cameron, C. Perrins:** Die Welt der Vögel, Verlag Herder, Freiburg (1976)
- **Corbis Headquarters:** Abbildung Dronte, Homepage <http://www.corbis.com/>, WA 98007 (2002), entnommen der Dronte-Bilder-Galerie unter der Homepage <http://www.davidreilly.com/dodo/gallery.html> (2002)
- **M. J. Crawley:** Plant ecology, 2nd ed. Oxford, London: Blackwell Science (1997)
- **B. Culik:** Pinguine. Spezialisten fürs Kalte, BLV Verlagsgesellschaft, München (2003)
- **S. Daan, C. Dijkstra, J. M. Tinbergen:** Family planning in the kestrel (*Falco tinnunculus*): the ultimate control of covariation of laying date and clutch size, in: *Behaviour* 114 (1990)
- **R. Dombrowsky:** Die Dronte, JADU Internetworld, Berlin (2002), entnommen aus: Unsere Vogelwelt, Der neue Sammelband der Berliner Morgenpost, Ullstein AG, Berlin (1959)
- **J. Dorst:** Das Leben der Vögel (II), Die Enzyklopädie der Natur, Band 13, Edition Recontre, Lausanne (1972)
- **V. B. Dröscher:** Nestwärme, Econ Verlag, Düsseldorf, Wien (1983)
- **G. Durrell:** Gerald Durrells Naturführer, Christian Verlag, München (1983)
- **H.-J. Ehrhardt:** Studienbrief 2, Organismen und Umwelt, Temperaturwirkungen bei Lebewesen, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen (1979)
- **A. Eichendorf:** Unterrichtsskriptum Ökologie, Abendgymnasium Rhein-Sieg, verlagsfrei, Siegburg (WS 1995/96)
- **eNature Inc:** Common Poorwill (*Phalaenoptilus nuttallii*), <http://www.enature.com> (2002)
- **D. S. Farner, J. R. King:** Avian Biology, Vol. 1-9, Academic Press, New York (1993)

- **Fels:** (1984), aus Eichendorf (1995/96), weitere Angaben unbekannt
- **J. Filser:** Vorlesung Einführung in die Ökologie, Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie, Allgemeine und theoretische Ökologie, Universität Bremen (2002)
- **R. Flindt:** Biologie in Zahlen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1986), (1995)
- **E. F. J. Garcia:** An experimental test of competition for space between blackcaps *Sylvia atricapilla* and garden warbler *Sylvia borin* in the breeding season, in: *Journal Animal Ecol.* 52 (1983)
- **R. Gerlach:** Die Geheimnisse der Vogelwelt, Claassen Verlag, Hamburg, Düsseldorf (1968)
- **Gesellschaft für Ökologie,** Homepage <http://www.uni-giessen.de/gfoe/>, Gesellschaft für Ökologie, Institut für Ökologie, Technische Universität Berlin, Berlin (2003)
- **C. Golling, B. Golling:** Die Dronte, Homepage <http://www.bernd-golling.de/index.htm> (2001)
- **Graf:** (1980), aus Eichendorf (1995/96), weitere Angaben unbekannt
- **P. J. Greenwood, P. H. Harvey, C. M. Perrins:** Inbreeding and dispersal in the great tit, in: *Nature* 271 (1978)
- **B. Grzimek:** Grzimek: Grzimeks Tierleben Vögel 2, Kapitel „Die Nachtschwalben“ (L. Lethonen), Bechtermünz Weltbild Verlag, Augsburg (2000)
- **L. Hafner, E. Philipp:** Ökologie, Schroedel Schulbuchverlag, Hannover (1986)
- **W. D. Hamilton, R. M. May:** Dispersal in stable habitats, in: *Nature* 269 (1977)
- **W. Heinrich:** Sozialverhalten II: Überwindung der Aggression, Fortpflanzung und Brutpflege, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen, Tübingen (1986)
- **G. Heinze:** Die Lachmöwe, Bestandsanalyse in Bayern 1950-1991, in: *Vogelschutz*, Ausgabe 4 (1992)
- **E. O. Höhn:** Die Wassertreter, aus: *Neue Brehm-Bücherei*, Heft 349, Akademische Verlagsgesellschaft, Geest und Protig, Leipzig (1965)
- **J. Huber:** Umwelt als soziologischer Begriff, Homepage <http://www.whomes.uni-bielefeld.de/wdrexler/htmldata/uebergreifend/oekl/Stadt/SozUmwelt/UmweltHuber.html>, in: B. Schäfers, W. Zapf: *Handwörterbuch zur Gesellschaft Deutschlands*, Leske + Budrich, Opladen (1998)
- **O. Hüppop:** Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Inselstation Helgoland, Homepage <http://home.t-online.de/home/O.Hueppop-IFV/amsel.htm>, Helgoland (2000)
- **ICA-D:** Weltchronik, Homepage <http://www.weltchronik.de>, Jockgrim, Homepage <http://www.ica-d.de/>, R. Detering, Karlsruhe (2000ff)
- **U. Jettke:** Homepage Naturerlebnispfad Seebener Busch, Homepage <http://people.freenet.de/seeben/>, Seebener (2002)
- **M. Kappeler / Groth AG:** Strauss (*Struthio camelus*), WWF Conservation Stamp Collection, Groth AG, Unterägeri (1996)
- (Hrsg.) **Katalyse e.V., Institut für Angewandte Umweltforschung:** Das Umweltlexikon, Verlag Kiepenheuer und Witsch, Köln (1993)
- **A. Ketterer:** Nestbau und Brüten, Vortrag im Seminar „Vögel von A-Z“, Prof. Dr. W. Böhme, Dr. R. v. d. Elzen, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2002)
- **G. Kneitz:** Blockkurs Ökologie mit Schwerpunkt Freilandökologie, Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie der Universität Bonn, verlagsfrei, Bonn (WS 1998/99)
- **G. Kneitz:** Vorlesung Einführung in die Ökologie, Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie der Universität Bonn, verlagsfrei, Bonn (WS 1997/98)
- **H. Knodel, U. Bäßler, A. Danzer, U. Kull:** *Linder Biologie*, J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Carl Ernst Poeschel Verlag, Stuttgart (1977)
- **P. Kranz, C. Boerker, M. Boss:** Theophrast, Institut fuer Klassische Archaeologie und Antikensammlung, Philosophische Fakultäten / FAU Erlangen-Nürnberg, Homepage <http://www.phil.uni-erlangen.de/~p1altar/>, Erlangen (2001)
- **J. R. Krebs:** Optimal foraging: decision rules for predators, in: J. R. Krebs, N. B. Davies: *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*, Blackwell Scientific Publications, Oxford (1978)
- **J. R. Krebs, N. B. Davies:** *Öko-Ethologie*, Parey Verlag, Berlin, Hamburg (1981)
- **R. Lachner:** *Paradies der wilden Vögel*, Südwest Verlag, München (1969)
- **F. Lange, E. Strauß, J. Dobers:** *Biologie*, Hermann Schroedel Verlag, Hannover, Berlin, Darmstadt, Dortmund (1967)
- **W. Larcher:** *Ökophysiologie der Pflanzen (UTB 232)*, Ulmer Verlag, Stuttgart (1994)

- **C. Leuschner, M. Schaefer: Ökologie** Vorlesung, Abteilung Ökologie des Instituts für Zoologie und Anthropologie der Universität Göttingen, Biologischen Fakultät, Göttingen (2003)
- **Leys:** zitiert aus Bezzel (1977)
- **T. Lingen:** Der Vogelzug und seine Einbettung in den fachwissenschaftlichen Unterricht (in drei Teilen), Arbeit für das erste Staatsexamen, Prof. Dr. C. M. Naumann zu Königsbrück, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2001)
- **N. Löhr:** Temperatur als Umweltfaktor bei Tieren, Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, Institut für Evolutionsbiologie und Ökologie, Blockkurs WS 1998/99 Ökologie mit Schwerpunkt Freilandökologie, G. Kneitz, verlagsfrei, Bonn (1998)
- **H. Löhrl:** Nistökologische und ethologische Anpassungserscheinungen bei Höhlenbrütern, in: Vogelwarte 29, Sonderheft, Verlag der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, Berlin (1977)
- **G. Mauersberger:** rororo Tierwelt, Urania Tierreich in 18 Bänden, Bände 1 bis 3, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek (1974)
- **K. Meyl:** Elektromagnetische Umweltverträglichkeit, Freie Energie und die Wechselwirkung der Neutrinos, Indel, Villingen-Schwenningen (1999), TZA (Transferzentrum der Steinbeis-Stiftung), Homepage <http://www.k-meyl.de/>, St. Georgen/Schwarzwald (1999)
- **D. De Min:** Homepage <http://www.riffshop.de/>, Titisee-Neustadt (2002)
- (Hrsg.) **W. Miram, K.-H. Scharf:** Biologie heute SII, Schroedel Verlag, Hannover (1997)
- **R. Mulow:** Untersuchungen zur Rolle der Vögel als Bioindikatoren am Beispiel ausgewählter Vogelgemeinschaften im Raum Hamburg, Hamburger avifaunistische Beiträge 17, Hamburg (1980)
- **K. Munk:** Grundstudium Biologie: Biochemie, Zellbiologie, Ökologie, Evolution, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (2000)
- **W. Nachtigall:** Vogelflug und Vogelzug, Rasch und Röhring Verlag, Hamburg (1987)
- **R. Netzker:** Jurassic Quark - Holden, Wegener, Meyl: Ein theoretischer Dreisprung, Homepage <http://home.t-online.de/home/ralph.netzker/homepage.htm> (2002)
- **I. Newton:** Population ecology of raptors, Poyser, Berkhamsted (1979)
- **R. Pacht:** Kids Color, Homepage <http://www.rp8.de>, Wuppertal (2002)
- **R. T. Peterson:** Die Vögel, Time Inc., Amsterdam (1965)
- **Poltz:** zitiert aus Bezzel (1977)
- **H. Remmert:** Ökologie, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1992)
- **F. Rieck, J. A. Belli, M. E. Blaskovics:** Oxygen consumption of whole animal tissues in temperature acclimated amphibians. In: Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine 103 (1960)
- **Safaripark Gänserndorf:** Homepage <http://www.safaripark.at>, Gänserndorf (2002)
- **P. Sammer, I. Hyna, M. Kaiser-Cooke:** aeiou - Das Kulturinformationssystem des BMBWK, <http://www.aeiou.at/>, Österreich (2002)
- **M. Schaefer:** Wörterbuch der Ökologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (1992)
- **E. Schmidt:** Ökosystem See, Der Uferbereich des Sees, Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden (1996)
- **W. Schmidt:** Zur Geschichte der Ökologie und Ökosystemforschung, Institut für Waldbau, Abteilung I: Waldbau der gemäßigten Zonen und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen (2002)
- (Leit.) **M. Schurig:** ABI-Power-Tools, Homepage <http://www.abi-tools.de/>, Berlin (2002)
- **P. von Sengbusch:** Botanik-online, Homepage <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/>, Universität Hamburg, Hamburg (2001)
- **D. Snow:** A Study of blackbirds (1958)
- **B. Streit:** Ökologie, Ein Kurzlehrbuch, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York (1980)
- **W. Suter:** Bestand und Verbreitung in der Schweiz überwinternder Kormorane (*Phalacrocorax carbo*), in: Ornithologische Beobachter 86 (1989)
- **W. Tischler:** Einführung in die Ökologie, Gustav Fischer, Stuttgart (1984, 1993)
- **W. Tischler:** Ökologie der Lebensräume, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1990)
- **G. Trommer:** Natur im Kopf - Die Geschichte ökologisch bedeutsamer Vorstellungen in deutschen Bildungskonzepten, Deutscher Studien Verlag, Weinheim (1993)
- (Red.) **W. Vollmer, U. Fehrmann, W. Wiemers:** Natura, Ernst Klett Verlag, Stuttgart (1995)
- **R. Wehner, W. Gehring:** Zoologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1995)
- **W. Winkel:** Langfristige Bestandstrends, Braunschweiger Heimat 77 (1991)

- **G. Winter:** Vögel - die einzig überlebenden Dinosaurier, Homepage <http://www.senckenberg.uni-frankfurt.de/sm/dino.htm>, Internetseite der Museumspädagogik <http://www.senckenberg.uni-frankfurt.de/paed/fuehrs2.htm#L408>, Internetseite zur Dronte <http://www.senckenberg.uni-frankfurt.de/sm/vogel1.htm>, Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt (2002)

VII Vögel und Menschen

- **AGRS:** Diverse Informationsblätter, AbendGymnasium Rhein-Sieg, Alleestraße 2, 53721 Siegburg (1994ff)
- **S. Altherr:** Piranhas im Gartenteich, Homepage Pro Wildlife e.V., Homepage <http://www.prowildlife.de>, München (09.2000)
- **D. Attenborough:** Leben und Überleben, Verlag Das Beste, Stuttgart (1994)
- **F. Bairlein:** Ökologie der Vögel, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1996)
- **M. E. Begon, J. L. Harper, C. R. Townsend:** Ecology: Individuals, populations and communities, Blackwell Scientific Publications, London (1996), Deutsche Übersetzung: Ökologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin (1998)
- **F. Berres:** Gesteine des Siebengebirges: Entstehung – Gewinnung – Verwendung, (Hrsg.) Heimatverein Siebengebirge, Königswinter, Rheinlandia-Verlag, Siegburg (1996)
- **E. Bezzel, H.-W. Helb, K. Witt:** Jahrbuch für Vogelkunde und Vogelschutz, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **E. Bezzel, R. Prinzinger:** Ornithologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1990)
- (Hrsg.) **H. Biebach, P. Bühler, V. Dorka, J. Hölzinger, H. Klein, B. Leisler, H. Löhrl, R. Prinzinger, K. Schmidt-Koenig:** Verdrahtung der Landschaft: Auswirkungen auf die Vogelwelt, Ökologie der Vögel, Band 2, Sonderheft, Kuratorium für avifaunistische Gesellschaft in Baden-Württemberg e.V., Stuttgart (1980)
- **H. Bielfeld:** Kanarien, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1983)
- **Brockhaus:** Brockhaus! Was so nicht im Lexikon steht, F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig (1996)
- **Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland (BUND):** Homepage <http://www.bund.net> (2003)
- **M. Dawkins:** Towards objective method of assessing welfare in domestic fowl., in: Appl. Anim. Ethol. 2 (1976)
- **Dorling Kindersley:** (CD-ROM) Die faszinierende Welt der Vögel, Dorling Kindersley, London (1995), Deutsche Version: Navigo Multimedia, München (1997)
- **G. Durrell:** Gerald Durrells Naturführer, Christian Verlag, München (1983)
- (Hrsg.) **Euronatur Service GmbH:** BioDiversität: Die Konvention für den Naturschutz des 21. Jahrhunderts wird 10 Jahre alt, in: euronatur – Magazin der Stiftung Europäisches Naturerbe (EURONATUR) für Freunde und Förderer, Heft 1, Radolfzell (2001)
- **H.-A. Freye, L. Kämpfe, G.-A. Biewald:** Zoologie, Gustav Fischer Verlag, Jena (1991)
- **E. Gattiker, L. Gattiker:** Die Vögel im Volksglauben, Aula-Verlag, Wiesbaden (1989)
- **R. Gerlach:** Die Geheimnisse der Vogelwelt, Claassen Verlag, Hamburg, Düsseldorf (1968)
- **Kölnner Stadt-Anzeiger, dpa (KSTA):** Vögel müssen federn lassen, Ausgabe 14.03., Köln (2003)
- **R. Lachner:** Paradies der wilden Vögel, Südwest Verlag, München (1969)
- **H. Lingen, G. Rheinwald:** Atlas der Vogelwelt, Lingen Verlag, Köln (o. J.)
- Die Bibel, Deutsche Bibelgesellschaft Stuttgart, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen (1982)
- **G. Mauersberger:** rororo Tierwelt, Urania Tierreich in 18 Bänden, Bände 1 bis 3, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek (1974)
- **R. Maurer:** Mehr Natur auf dem Bauernhof, in: Umwelt Aargau, Informationsbulletin der kantonalen Verwaltungseinheiten, Abteilung Umweltschutz, Kanton Aargau, Aarau (1998)
- (Hrsg.) **W. Miram, K.-H. Scharf:** Biologie heute SII, Schroedel Verlag, Hannover (1997)
- **M. Müller-Bierl:** Kanarienvögel, Albrecht Philler Verlag GmbH, Minden (1984)
- **R. T. Peterson:** Die Vögel, Time Inc., Amsterdam (1965)
- **M. Reuber, O. Reuber:** Homepage <http://www.reuber-norwegen.de/RundeInfoVoegelKranich.html>, Arnberg (2003)
- **Rhein-Sieg Rundschau, dpa (RSR):** Vögel lassen weltweit Federn, Ausgabe 14.03., Köln (2003)
- **E. Schmidt:** Ökosystem See, Der Uferbereich des Sees, Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden (1996)
- **S. Schmitz:** Kanarienvögel und andere exotische Stubenvögel, Humboldt-Taschenbuchverlag Jacobi, München (1979)

- **B. Schneider:** Bergmann Wilhelm Trute – Züchter des ersten „Harzer Rollers“, Geschichten zur Geschichte (1), Gefiederte Welt, Heft 2, Eugen Ulmer, Stuttgart (2002)
- **K. Speicher:** Kanarienvögel, Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart (1984)
- (Red.) **K. Tempel, M. Ulrich:** Sie kommen wieder – Arten im Aufwind, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Berlin (Mai 2002)
- (Red.) **M. Thien / NABU Erftkreis:** NABU-Info 2000, Naturschutzbund Deutschland im Erftkreis e. V., Pulheim (2000)
- (Red.) **M. Thien / NABU Erftkreis:** NABU-Info 2003, Naturschutzbund Deutschland im Erftkreis e. V., Pulheim (2003)
- (Hrsg.) **Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke VDEW:** Vogelschutz an Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m.b.H., VWEW-Verlag, Frankfurt (Main) (1991)
- (Red.) **W. Vollmer, U. Fehrmann, W. Wiemers (versch. Autoren):** Natura, Ernst Klett Verlag, Stuttgart (1995)
- **W. Wolf:** Der Vogel Phönix und der Gral, in: (Hrsg.) R. Kienast: Studien zur deutschen Philologie des Mittelalters (1950)

VIII Klassifikation

- **E. Bezzel:** Kompendium der Vögel Mitteleuropas- Nicht-Singvögel, Aula-Verlag, Wiesbaden (1985)
- **E. Bezzel:** Kompendium der Vögel Mitteleuropas- Singvögel, Aula-Verlag, Wiesbaden (1993)
- **W. Bock, J. Farrand:** Appendix pp. 24-29 in: The number of species and genera of recent birds: a contribution to comparative systematics. American Museum Novitates No. 2703: 1-29 (1980)
- **J. F. Clements:** Birds of the World: a checklist, Vista, California, Ibis Publishing, Vista (CA) (1991)
- **J. Morony, W. Bock, J. Farrand:** Reference List of the Birds of the World, American Museum of Natural History, New York (1975)
- **J. Morony, W. Bock, J. Farrand:** Reference List of the Birds of the World, Corrections and Additions (1 August 1978), American Museum of Natural History, New York (1978)
- **J. L. Peters:** Birds of the world, Cambridge, Mass., Harvard University Press, Harvard (1931-1986)
- **C. Sibley, B. Monroe:** Distribution and Taxonomy of Birds of the World, Yale Univ. Press, New Haven (1990)
- **C. Sibley, B. Monroe:** A Supplement to Distribution and Taxonomy of Birds of the World, Yale Univ. Press, New Haven (1993)
- **H. E. Wolters:** Die Vögel Europas im System der Vögel, Biotropic Verlag, Baden-Baden (1983)
- **H. E. Wolters:** Die Vogelarten der Erde, Parey Verlag, Hamburg, Berlin, (1975-1982)

VOGELWELTEN

Federn, Flügel, Vielfalt

Entwicklung einer ökologisch, nachhaltig orientierten
Ausstellung zum Sympathieträger Vogel

Band 3 Ausstellungskonzept

*Dissertation
Thomas Lingen
April 2004*



*Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät*

Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK)

Betreuer (bis 02/2004) Prof. Dr. Clas M. Naumann zu Königsbrück (†)

Betreuer (ab 02/2004) Prof. Dr. Wolfgang Böhme



**Konrad
-Adenauer-
Stiftung**

*Gefördert durch ein Graduiertenstipendium
der Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.
Sankt Augustin*



BAND 3 AUSSTELLUNGSKONZEPT KAPITEL-ÜBERSICHT

| | | | |
|------------|--|----------|---|
| I | Das Zoologische Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK) | AE 6 | Werkzeuggebrauch |
| II | Rahmenbedingungen | AE 7 | Fortpflanzung & Entwicklung |
| III | Konzeptionsüberblick | AE 8 | Federn & Gefieder |
| IV | Ausstellungseinheiten | AE 9 | Leichtbau & Flugmuskeln |
| IV.1 | Vögel in der menschlichen Erlebenswelt | AE 10 | Vogelflug |
| AE 1 | Vögel in Obhut des Menschen | AE 11 | Artbildung |
| AE 2 | VogelWelten-Eintritt | AE 12 | Herkunft der modernen Vögel |
| IV.2 | Übergeordnete Wirkprinzipien und Grundlagen | IV.3 | Vielfalt und Systematik |
| AE 3 | Biodiversität und Vielfalt | AE 13 | Exempel der Vogelwelt |
| AE 4 | Ökologische Nischen | AE 14 | Systematische Gliederung |
| AE 5 | Vogelzug | IV.4 | Abschlussphase |
| | | AE 15 | Rekapitulation |
| | | AE 16 | Vertiefung |
| | | AE 17 | Entspannung |
| | | V | Ergänzendes Literaturverzeichnis |

INHALTSVERZEICHNIS

I Das Zoologische Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK)

Gründung und Entwicklung

Ehemalige Schausammlung

II Rahmenbedingungen

Neukonzeption
Inhaltliche Rahmenvorgaben

Räumliche Vorgaben

III Konzeptionsüberblick

Auswahl
Leitmotiv der Ausstellung
Themen
Implikationskettung

Ausstellungsstrukturplan
Logo
Maskottchen

IV Ausstellungseinheiten

IV.1 Vögel in der menschlichen Erlebenswelt (*Begegnungen – Mensch und Vogel*)

AE 1 Vögel in Obhut des Menschen (*Wa(h)re Vögel?*)

Gestaltung
UE 1 Info-Baum
AKUSTIK-ELEMENT Begrüßung durch Maskottchen
UE 2 Was ist ein Vogel?
UE 3 Lebendvoliere
UE 4 Unser Haushuhn
Warum legen Hühner dauernd Eier?

Abergläubische Hühner?
UE 5 Die Märcheneule
Der bunte Eisvogel
Warum der Eisvogel in Luxemburg Mottenvogel (Mattevoll) heißt
UE 6 Sitzvogel

AE 2 VogelWelten-Eintritt (*Ergreifend – VogelWelten*)

IV.2 Übergeordnete Wirkprinzipien und Grundlagen (*Welt der Vögel und die Spielregeln des Lebens*)

AE 3 Biodiversität und Vielfalt (*Versteckte Vielfalt*)

Motivation und Thema
Struktur und Aufbau
Dioramenbau
UE 1 Lebensraum-Informationstafeln
UE 2 Artenvielfalt in Lebensräumen
UE 3 Facetten eines Lebens
UE 4 Baumtunnel
UE 5 Zeigt her eure Füße und ich sag euch, wie ihr lebt
UE 6 Anpassung des Schnabels an die Ernährung
UE 7 Bedrohte Vogelarten
UE 8 Vogelstimmen-Quiz

AE 4 Ökologische Nischen (*Viel los im Baum*)

Einführung
Aufbau
UE 1 Vertikalstrata des Laubmischwaldes
UE 2 Ökologische Nische

AE 5 Vogelzug (*Auf in den Süden*)

Einführung
UE 1 Hin und Weg
UE 2 Wieso, weshalb, warum?
UE 3 Gefährliche Urlaubsreise?
UE 4 In der ganzen Welt wird gewandert
AKUSTIK-ELEMENT Küstenseeschwalbe Migra
Variante Spurgeführte Ausstellungseinheit
Variante Aufzug-Simulation

AE 6 Werkzeuggebrauch
(*Werkzeuge machen´s leichter!*)

- Einführung
- UE 1 Steine-Schleudern
- Steine werfen für den Eierschmaus
- UE 2 Feuerlegen
- Brandstifter am Werk
- UE 3 Anstreichen
- Mehr Farbe für die Laube
- UE 4 Eisangeln
- UE 5 Stein-Bombardements
- Vorsicht, Steinewerfer!

AE 7 Fortpflanzung & Entwicklung
(*Brautschau und Kinderstube*)

- Konzept
- UE 1 Balz
- UE 2 Entwicklung des Embryos und das Ei
- UE 3 Entwicklung der Jungen im Nest
- Option der Nesttypen-Präsentation
- UE 4 Intelligenz beim Kolkraben
- Mit List und Tücke
- UE 5 Bruthöhle

AE 8 Federn & Gefieder
(*Federleicht*)

- Aufbau
- UE 1 Federn und Gefieder
- Wie viele Federn hat der Vogel?
- Ist das Gefieder wasserdicht?
- Was färbt das Gefieder?
- Halten Federn ein Vogelleben lang?
- Der Vogel lebt, aber auch seine Federn?
- UE 2 Tarnen und Präsentieren

AE 9 Leichtbau & Flugmuskeln
(*Hochleistungsorganismus Vogel*)

- Rahmengestaltung
- UE 1 Leichtbau
- Leichtbautechnik
- UE 2 Flugmuskeln

AE 10 Vogelflug
(*Geflügelt in die Lüfte*)

- Einführung
- UE 1 Empfang
- Ready for Take Off – Der Traum vom Fliegen
- UE 2 Flugphysik und Gleitflug
- Perfekte Segelflieger
- UE 3 Schlagflug
- UE 4 Rekordflieger

AE 11 Artbildung
(*Wie Arten entstehen*)

- Einführung
- UE 1 Anpassung durch Selektion
- UE 2 Isolation
- Optional: UE 3 Adaptive Radiation

AE 12 Herkunft der modernen Vögel
(*Vögel vor unserer Zeit*)

- Grundaufbau
- UE 1 Zeittunnel
- UE 2 Vögel der Urzeit
- Archaeopteryx lithographica – ein Dino-Vogel oder ein Vogel-Dino?
- Wer sind die Vorfahren der Vögel?
- UE 3 Spurensuche

IV.3 Vielfalt und Systematik
(*Überblick über die Vielfalt*)

AE 13 Exempel der Vogelwelt
(*Alles Vögel*)

- Einführung
- UE 1 Strauß
- Strauße - Sprinter der afrikanischen Savanne
- UE 2 Kolibri
- Kolibris – Kleine, aber perfekte Flieger
- UE 3 Vogel des Jahres
- UE 4 Pinguin
- Adeliepinguine – Für Steine tun sie alles

- Desto kälter die Umgebung – desto größer und schwerer der Pinguin (Bergmannsche Regel)
- Kaiserpinguine - Wie sie es schaffen, mitten in Eis und Schnee der Antarktis nicht zu frieren

AE 14 Systematische Gliederung
(*Verwandschaften*)

- UE 1 Systematik
- Ordnung muss sein

IV.4 Abschlussphase
(*Quiz – Schmökerecke – Pause*)

AE 15 Rekapitulation (*VogelWelten-Quiz*)

- Motiv der Abschlussphase
- Thema und Aufbau

AE 16 Vertiefung (*Schmökerecke*)

AE 17 Entspannung (*Waldlichtung*)

- Motiv und Gestaltung
- Motiv
- Gestaltung

V Ergänzendes Literaturverzeichnis

Die Schwalben

Die Schwalben halten zwitschernd
Hoch auf dem Turme Rat;
Die ält'ste spricht bedenklich:
„Der Herbst hat sich genahet.

Schon färben sich die Blätter,
die Felder werden leer;
bald tanzt kein einzig Mücklein
im Strahl der Sonne mehr.

Seid ihr zur Reise fertig?“
Die Alten zwitschern: „Ja!“
Die Jungen fragen lustig:
„Wohin?“ „Nach Afrika!“

Nun schwirrt es durch die Lüfte,
verlassen ist das Nest;
doch alle hält die Liebe
an ihrer Heimat fest.

Wohl ist's viel hundert Meilen
Von hier bis Afrika;
Doch, kommt der Sommer wieder,
sind auch die Schwalben wieder da.

I DAS ZOOLOGISCHE FORSCHUNGSINSTITUT UND MUSEUM ALEXANDER KOENIG (ZFMK)

Gründung und Entwicklung

Nach seinem Gründer und Stifter Alexander Koenig (1858-1940) benannt ist das Zoologische Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK) heute Bestandteil der Bonner Museumsmeile, zu der unter anderem das „Haus der Geschichte“, die „Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland (Bundeskunsthalle)“ und das „Kunstmuseum Bonn“ gehören.

Das Gebäude im italienischen Renaissance-Stil entstand zwischen 1912 und 1914 und sollte von Anbeginn an der Sammlung und Ausstellung von Tierpräparaten dienen. Der leidenschaftliche Jäger und Sammler Alexander Koenig hatte in mühsamer Arbeit und auf zahlreichen Forschungsreisen und Expeditionen eine stattliche zoologische Sammlung aufgebaut, die er dort der Öffentlichkeit zugänglich machen wollte. Erster Weltkrieg und der Verlust fast sämtlichen Vermögens, bedingt durch die Weltwirtschaftskrise in den 1920er Jahren, führten dazu, dass er das Forschungsinstitut und Museum im Jahre 1929 dem Deutschen Reich übereignete, unter dessen Obhut es schließlich 1934 erstmals eröffnet werden konnte. Nach zwischenzeitlicher Nutzung als Kriegslazarett und Bunker im zweiten Weltkrieg wurde es ab 1948 der Ort des Parlamentarischen Rates, der das Grundgesetz in seiner Urfassung aufstellte. Als eines der wenigen Gebäude hatte es den Weltkrieg vergleichsweise wenig beschädigt überstanden, auch aufgrund der bewussten Aussparung bei der Bombardierung Bonns durch die Alliierten Mächte, die das Gebäude nach dem Krieg nutzen wollten. Lediglich das Nebengebäude wurde in sehr schlichter Bauweise neu errichtet. Etwa zwei Jahre nutzte auch Bundeskanzler Konrad Adenauer und Teile seiner Regierung die Räumlichkeiten.

Heute dient das ZFMK als Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e.V. (WGL) ausschließlich der Forschung, Lehre und dem Museumsbetrieb, die Räumlichkeiten aber auch für politische und gesellschaftlich-kulturelle Veranstaltungen.

Als eine der Universität Bonn angegliederte Institution ist es unmittelbar dem Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) unterstellt und vom Land NRW, vom Bund und den übrigen Bundesländern finanziert.

Forschungsschwerpunkte des ZFMK liegen in der Erforschung der Artenvielfalt in den Landlebensräumen, Taxonomie und Systematik terrestrischer Wirbeltiere und Arthropoden (inklusive der limnischen Fauna) sowie in der Evolutionsforschung. Die wissenschaftlichen Sammlungen sind als Datenbank eine fachlich unverzichtbare Referenzquelle für alle weiterführenden Analysen der Artenvielfalt der Erde (Informationblatt Museum Koenig).

Ehemalige Schausammlung

Vor der Schließung und Renovierung des Museums ab 1999 zeigte die zoologische Schausammlung in ihren Räumen auf etwa 4000 m² in vier Etagen eine nach klassischen Tiergruppen systematisch sortierte Ausstellung, die im Wesentlichen bei der Überarbeitung in den 1950er Jahren und der in den 1970er Jahren erfolgten Umstrukturierung entstanden war.

Im Erdgeschoss war die Säugetierabteilung, in der ersten Etage Vögel und Reptilien, in der zweiten Etage „Heimische Tiere“, Afrikanische Antilopen, ein Walskelett, See-Elefanten, Insekten und ein Blindenmuseum, im Keller diverse Vogel-Dioramen und das Vivarium untergebracht. Dabei konnte die gewollte systematische Gliederung der Tiergruppen jedoch aufgrund verschiedener Einschränkungen nur unvollkommen realisiert werden. Auch wurden die meisten Tiere in Glasvitriolen isoliert von ihrer natürlichen abiotischen wie biotischen Umwelt dargestellt. Lediglich einige, teilweise heute unter Denkmalschutz stehende Großdioramen hinter Glas zeigten Tierpräparate in ihrer natürlichen Umgebung. Etliche der vorhandenen Tierpräparate sind von unschätzbarem sowohl ideellen wie materiellem Wert und Raritäten.

II RAHMENBEDINGUNGEN

Neukonzeption

Die bereits im ersten Band angesprochene Neuausrichtung des ZFMK hin zu einem Lern- und Erlebnisort der Umweltbildung bedingte neben einer dringenden Renovierung der Infrastruktur auch eine völlige Abkehr von der bisherigen Ausstellungspraxis. Eingebunden in eine neue Dauerausstellungskonzeption „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“ präsentieren sich seit der Neueröffnung am 10.10.2003 neben den Sonderausstellungen die ersten Teilausstellungen

- Afrikanische Savanne (Das wechselvolle Paradies auf Erden) und
- Regenwald (Grüne Lunge – grüne Hölle),
- Mitteleuropa: Leben vor unserer Haustür,
- Welt der Vögel (Übergangsausstellung)
- und Vivarium.

Zu einem späteren Zeitpunkt sollen die folgenden weiteren Teilausstellungen die Ausstellung ergänzen bzw. vorhandene Teilausstellungen ersetzen:

- Spielregeln der Natur (Prinzipien der Ökologie),
- Mensch und Umwelt – oder: wird die Umwelt zur Umwelt?,
- Wasser – Quell allen Lebens,
- Tricks und Wege (Ursprung und Erhaltung der Vielfalt im Tierreich),
- Schwerpunktausstellung: VogelWelten,
- Die Nachtschicht – Überlebensstrategien in einer verkehrten Welt,
- Im Eisschrank der Erde (Polare Lebensgemeinschaften) und
- Wir über uns – das Museum Koenig als Forschungseinrichtung

ersetzt werden. Dann wird sich das Museum Koenig auf etwa 4000 Quadratmetern (10 Prozent für Sonderausstellungen) als moderne Lern- und Erlebnisstätte der Umweltbildung präsentieren können.

Die neue Dauerausstellung „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“ soll, so die Konzeption,

- Einblick in die Funktionsweisen der belebten Umwelt des Menschen bieten,
- deutlich machen, wie sehr der Mensch von den Prozessen dieser Umwelt abhängig ist,
- auf spannende Weise Zerbrechlichkeit des Netzwerkes von Wechselbeziehungen erläutern, in das wir alle eingebunden sind,
- über das Verstandene und emotional Akzeptierte zu einem bewussteren Umgang mit den begrenzten Ressourcen der Natur hinführen.

Inhaltliche Rahmenvorgaben

Das hier behandelte Projekt der VogelWelten-Ausstellung fügt sich, wie aus der Aufstellung im letzten Abschnitt deutlich wird, als integraler Bestandteil in die Gesamtkonzeption „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“ ein. Diese Tatsache gibt die inhaltlichen Rahmenbedingungen für die hier vorgestellte Ausstellungsplanung vor. Auch wenn die VogelWelten eine Sonderrolle innerhalb der übrigen Teilausstellungen einnimmt, da sie als einzige allein einer einzigen Tierklasse verschrieben ist und nicht einem bestimmten Lebensraum oder ökologischen beziehungsweise evolutiven Themen gewidmet ist, muss sie sich doch in diese Voraussetzungen harmonisch einfügen. Dies birgt eine besondere Problematik der VogelWelten-Ausstellung in sich. Sollen (unnötige und den Besucher langweilende und verwirrende) thematische Wiederholungen vermieden werden, müssen solche Vogelarten, die in anderen Teilausstellungen bereits sinnvoll integriert werden, in der VogelWelten-Ausstellung unberücksichtigt bleiben, in anderen Sinnzusammenhängen oder in erweitertem Umfang dargestellt werden.

Dennoch sind Wiederholungen bestimmter Themenkomplexe oder Arten nicht immer von Nachteil, besonders wenn Anknüpfungspunkte zum eigenen Erleben und der Erfahrungswelt von Besuchern wichtig sind. Gleiches gilt auch für die Darstellung von übergeordneten Grundprinzipien, wie beispielsweise Konkurrenzausschluss, -vermeidung oder ökologische Nische. Wenn sich diese Prinzipien in mehreren Themenausstellungen im Museum wiederfinden, wird deutlich, dass diese Leitprinzipien für alles Belebte sind und nicht nur für Vögel gelten.

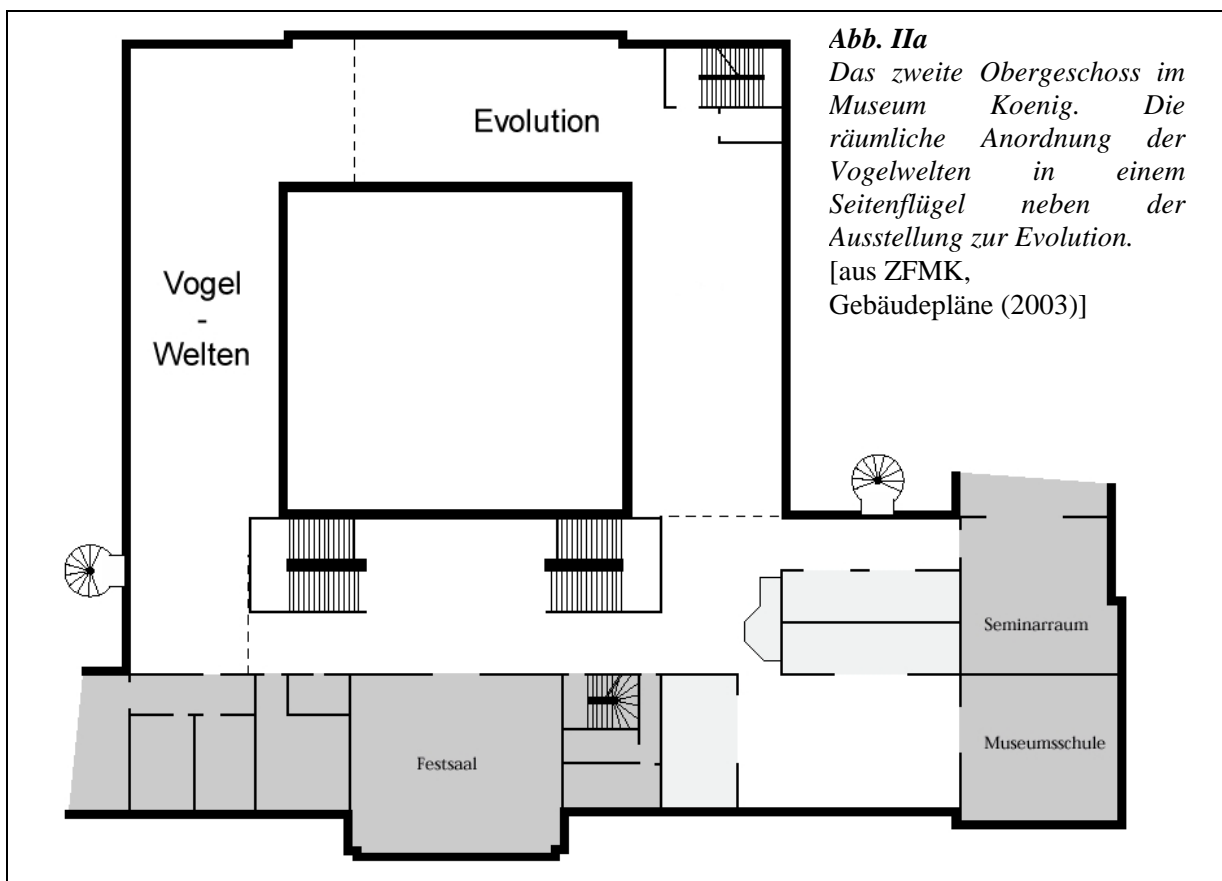
Daher wäre es sogar wünschenswert, wenn diese „Grundgesetze des Lebens“ alle Teil-

ausstellungen in ihren Wiederholungen miteinander vernetzen und so Besuchern die alles Leben bestimmenden Leitprinzipien, auch die der Entwicklung und Werden des Menschen als integralem Bestandteil dieses Gefüges, vermitteln würden.

Räumliche Vorgaben

Die geplante Ausstellung soll in der zweiten Etage des Museum Koenig realisiert werden, wo für sie einen Seitenflügel fest eingepplant ist (siehe Abbildungen IIa und IIb).

Für die weitere hier vorgestellte Planung stellt dies die räumlichen Rahmenbedingungen dar.



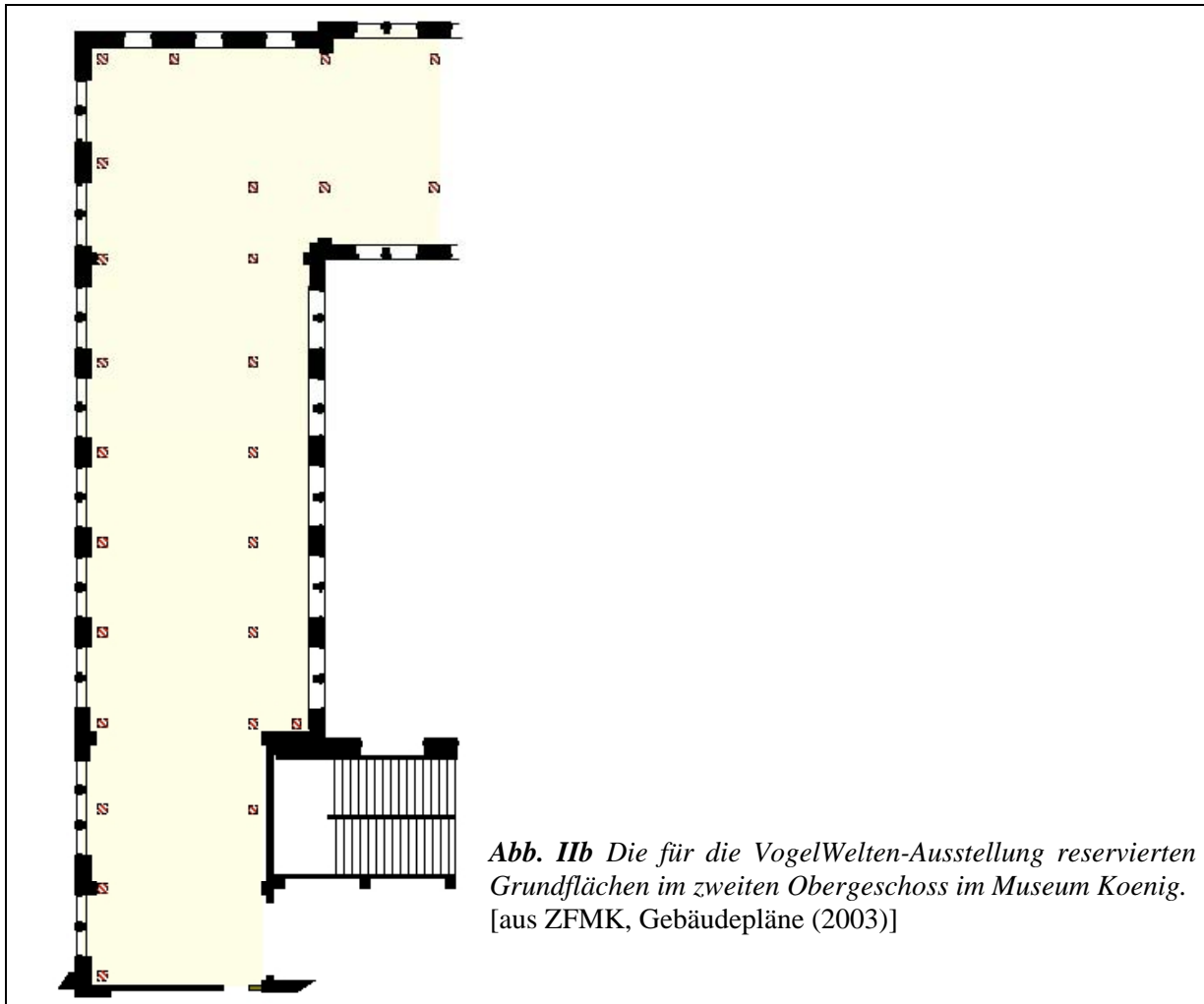


Abb. IIb Die für die VogelWelten-Ausstellung reservierten Grundflächen im zweiten Obergeschoss im Museum Koenig. [aus ZFMK, Gebäudepläne (2003)]

III KONZEPTIONSÜBERBLICK

Auswahl

Jeder, der sich auch nur etwas eingehender mit Vögeln und der Komplexität ihres Lebens, ihrer Verhaltensweisen und Anpassungen an die verschiedensten Bedingungen und Lebensräume befasst hat, wird fasziniert und ehrfurchtsvoll auf sie blicken. Je intensiver die Beschäftigung, umso schwerer fällt es, aus dieser Vielfalt eine notwendige und sinnvolle Auswahl für eine Ausstellung zu treffen, die sich im Wesentlichen an durchschnittlich interessierte und meist kennntnisschwache Besucher richtet – ein Problem, dass wohl jeder kennt, der in der museumspädagogischen Praxis tätig ist.

Ausstellungsmacher sind in aller Regel von „ihrer“ Thematik so begeistert, dass es ihnen schwer fällt, zu erkennen und daran zu denken, dass es gilt, eine Überfrachtung der Besucher mit Inhalten unter allen Umständen zu vermeiden. Das Prinzip „Weniger ist mehr“ (siehe Band 1, Kapitel IV.3) diktiert im Kontext mit der meist nur kurzen Besuchsdauer des Museums (Band 1, Kapitel V.2) den Umfang der geplanten VogelWelten-Ausstellung. In Gesprächen mit verschiedenen Gruppen, wie Ornithologen, Museumslehrern, Museumspädagogen oder Probanden der Zielgruppe, werden zudem unterschiedliche Vorstellungen darüber geäußert, welche Vogelarten,

Verhaltensweisen oder weiteren Merkmale und Besonderheiten auf jeden Fall in einer Ausstellung zu Vögeln thematisiert werden müssten.

Hier galt es nun aus dieser in weiten Teilen vorherrschenden Heterogenität eine geeignete Auswahl zu treffen, so dass einerseits die Erwartungen der künftigen Besucher erfüllt werden (siehe Evaluation im Band 1), gleichzeitig aber auch die erwünschten Lern- und Bildungsintentionen vermittelt werden können. Das zu setzende Anspruchsniveau resultiert dabei aus den Ergebnissen der Evaluation. Eine besondere Schwierigkeit ergibt sich auch aus der Tatsache, dass die ursprüngliche Vogel-Ausstellung mit drei Seitenflügeln räumlich üppig bemessen war, sich die Zwischenausstellung mit zwei Seitenflügeln, die endgültige und hier skizzierte VogelWelten-Ausstellung jedoch im Wesentlichen mit nur noch einem einzigen Seitenflügel begnügen muss. Dies erzwingt eine starke inhaltliche Reduktion im Vergleich zur alten Ausstellung. Gerade der systematische Überblick über die verschiedenen Vogelgruppen muss daher auf ein Minimum reduziert werden, wohingegen übergeordneten Wirkprinzipien und Grundlagen der Ökologie und Evolution verhältnismäßig breiter Raum eingeräumt wird. Dennoch muss jede Ausstellungseinheit aus räumlichen Gründen auf das absolut Notwendige komprimiert werden, was manches Mal zu scheinbar schmerzlichen Beschneidungen jeder einzeln für sich betrachtet inhaltsstarker Thematik führt. Eine Übersichtsausstellung über alle wesentlichen Merkmale und Phänomene der Vogelwelt darf sich jedoch nicht zu stark in Details verlieren, möchte sie ihrem eigentlichen Anspruch, einen Überblick zu vermitteln, gerecht werden.

Um den beiden Hauptbesuchergruppen, dies sind Familien mit Kindern und Schulklassen (siehe Kapitel V, Band 1), gerecht zu werden, musste ein geeigneter Kompromiss im Schwierigkeitsniveau und der Themenauswahl gefunden werden. Doch gerade für den außerschulischen Unterricht ist das Aufgreifen bestimmter Themen der Ökologie und Evolution unabdingbar, sollen auch weiterhin Schülergruppen, speziell der Sekundarstufe II, das

Museum Koenig besuchen. Für diese Schüler ist nach der Neugestaltung des Hauses derzeit, so die Fachlehrer der Museumsschule, kein dem Lehrplan adäquates Angebot mehr möglich. Diese Lücke schließt die VogelWelten-Konzeption, indem sie Begriffe wie Ökologische Nische, Anpassungen an Lebensräume, Verhaltensweisen usw. aufgreift und thematisiert.

In etlichen Fällen könnten statt der hier vorgestellten und gewählten Vogelarten und Merkmalen gleichwertig auch andere Arten integriert werden. Letzten Endes entscheidet in diesen Fällen der persönliche Gusto oder die Verfügbarkeit geeigneter Präparate.

Leitmotiv der Ausstellung

Die Ausstellungsplanung muss sich meist grundlegenden Prinzipien der musealen Themenpräsentation unterordnen. Entweder orientiert sich eine Ausstellung an systematischen Gesichtspunkten, bei der bei zumindest einige Arten mit mehreren Aspekten ihrer Lebensweise näher vorgestellt werden, oder aber sie wählt übergeordnete Strukturen, Gesetze und Modelle als Leitmotiv der Ausstellung. Bei letzterer Methodik, der auch die hier vorgestellte VogelWelten-Ausstellung folgt, werden aus der Vielfalt der Arten diejenigen Beispiele herausgegriffen, die besonders extreme oder typische Merkmalsausprägungen aufweisen. Bei allen Vorteilen, die diese Art der Museumspräsentation auch hat, besteht jedoch immer die latente und nicht abzustreitende Gefahr, dass bei den angeführten Vogelarten stets nur ein einzelner Aspekt spotlight-artig erläutert wird und im Besucher der Eindruck manifestiert wird, der einzelne Vogel sei auf dieses eine eben dargebotene Merkmal reduzierbar und einzelne Grundprinzipien und Themen ließen sich ohne Wechselwirkungen zu anderen isoliert betrachten. Ein Gefühl der Ganzheitlichkeit, Wertigkeit und Komplexität, aber auch Individualität jedes einzelnen Lebewesens kann so nur schwerlich vermittelt werden. Daher wird zumindest in einigen Fällen der Ganzheitsgedanke durch breitere Präsentation einzelner Arten, wie dem Buntspecht, Kolkraben und weiteren Arten, realisiert werden.

Dabei soll ein besonderer Schwerpunkt der Ausstellung nicht nur in der angesprochenen ganzheitlichen Betrachtung einzelner Arten, sondern vielmehr in der wechselseitigen Vernetzung vieler (Vogel-)arten durch eine Lebensraumdarstellung liegen.

Auch die hier vorliegende VogelWelten-Konzeption soll als eine Einheit verstanden werden können. Besucher sollen daher möglichst bruchlos von Hauptthematik zu Hauptthematik wechseln können, indem verknüpfende Gedanken von einer Ausstellungseinheit zur nächstfolgenden überleiten.

Nur beim Übergang von der menschlichen Erlebenswelt als Teil der VogelWelten-Ausstellung zur tatsächlichen Lebenswelt der Vögel ist ein solcher Übergang nicht umgesetzt und der Bruch als Strukturmittel bewusst umgesetzt und durch trennende Elemente verstärkt.

Themen

Die VogelWelten-Ausstellung strukturiert sich in zunächst vier aufeinanderfolgende implizite Kernthemengruppen, die gleichzeitig die jeweiligen Grobziele dieser repräsentieren. In Klammern ist jeweils der in der Ausstellung verwendete Titel angegeben. Kernthemengruppentitel und Ausstellungsgruppentitel unterscheiden sich aus praktischen Gründen. Die in der Ausstellung benutzten Titel müssen leicht verständlich und prägnant sein. Zwar treffende, aber der Fachsprache entnommene Termini sind an dieser Stelle der Museumspraxis daher fehl am Platze.

Jeder dieser Abschnitte ist eine Kennfarbe zugeordnet, die sich auch in der eigentlichen Ausstellung wiederfindet und die Orientierung der Besucher erleichtert.

- Vögel in der menschlichen Erlebenswelt (*Begegnungen – Mensch und Vogel*)
- Übergeordnete Wirkprinzipien und Grundlagen (*Welt der Vögel und die Spielregeln des Lebens*)
- Vielfalt und Systematik (*Überblick über die Vielfalt*)
- Abschlussphase (*Quiz – Schmökerecke – Pause*)

In 17 Themenbereichen (Ausstellungseinheiten, im Folgenden mit AE abgekürzt), die ihrerseits wieder in Untereinheiten (UE) gegliedert sind, werden diese Kernthemen transportiert.

Vögel in der menschlichen Erlebenswelt (Begegnungen – Mensch und Vogel)

- AE 1 Vögel in Obhut des Menschen (*Wa(h)re Vögel?*)
- AE 2 VogelWelten-Eintritt (*Ergreifend – VogelWelten*)

Übergeordnete Wirkprinzipien und Grundlagen (Welt der Vögel und die Spielregeln des Lebens)

- AE 3 Biodiversität und Vielfalt (*Versteckte Vielfalt*)
- AE 4 Ökologische Nischen am Baum (*Viel los im Baum*)
- AE 5 Vogelzug (*Auf in den Süden*)
- AE 6 Werkzeuggebrauch (*Werkzeuge machen´s leichter!*)
- AE 7 Fortpflanzung & Entwicklung (*Brautschau und Kinderstube*)
- AE 8 Federn & Gefieder (*Federleicht*)
- AE 9 Knochenleichtbau & Flugmuskeln (*Hochleistungsorganismus Vogel*)
- AE 10 Vogelflug (*Geflügelt in die Lüfte*)
- AE 11 Artbildung (*Wie Arten entstehen*)
- AE 12 Herkunft der modernen Vögel (*Vögel vor unserer Zeit*)

Vielfalt und Systematik (Überblick über die Vielfalt)

- AE 13 Exempel der Vogelwelt (*Alles Vögel*)
- AE 14 Systematische Gliederung (*Verwandtschaften*)

Abschlussphase (Quiz – Schmökerecke – Pause)

- AE 15 Rekapitulation (*Vogel-Quiz*)
- AE 16 Vertiefung (*Schmökerecke*)
- AE 17 Entspannung (*Pause*)

Implikationskettung

Anknüpfend an die Lebens- und Erfahrungswelt des Menschen (Zielgruppe, Besucher) (AE 1 und 2) entfernt sich die Ausstellung im Verlauf des Ausstellungsbesuches zunehmend von dieser und führt ihn in immer abstraktere, übergeordnetere oder fachwissenschaftliche Teilbereiche der Ornithologie ein (AE 3 bis 12), um schließlich nach der Vorstellung einiger besonders unterschiedlicher Vögel und des Vogels des Jahres (AE 13) und der taxonomischen Gliederung der Vögel (AE 14) in einer Rekapitulations- und Entspannungsphase (AE 15 bis 17) zu münden.

Dies entspricht dem Grundprinzip der Pädagogik, dem Prinzip der optimalen Passung („Den Besucher da abholen, wo er fachlich und erfahrungsgemäß steht, um darauf aufzubauen“).

So steht die erste Ausstellungseinheit ganz im Zeichen der ersten Begegnung mit Vögeln und der Welt des Menschen, in der Vögel „auch“ vorkommen (AE 1) - als Produktlieferanten, als Haustier, als Kuscheltier aus Stoff oder auch nur als Symbol in Märchen oder im Aberglauben. Erst mit Durchschreiten des VogelWelten-Tores (AE 2) taucht der Mensch zunehmend in die Welt der Vögel ein, auch wenn zunächst noch in eine, die zahlreiche Menschen auch als Erholungs- und Entspannungsraum kennen (AE 3).

Diese Welt wird den Besuchern also in seiner Grundstruktur noch bekannt erscheinen. Dies ist wichtig, um auf diesen Wiedererkennungseffekt aufbauend den Blick zu schärfen für die vielen verschiedenen Nischen und Details, die Vögel mit Leben erfüllen.

Der Besucher entfernt sich so sukzessive von seiner eigenen Welt und erkundet in Einzelschritten immer unbekanntere und verborgene Elemente der VogelWelten. Dabei ist es höchst wichtig, den Besucher nicht von An-

fang an mit für ihn völlig Fremdem zu konfrontieren, Überforderung und Resignation wären die unweigerliche Folge. Vielmehr beruht die Ausstellungskonzeption wie ein Kriminalroman in der Intention, stückweise seine Geheimnisse preiszugeben und so Freude, Neugier und Interesse bis zum Ende der Ausstellung aufrechtzuerhalten.

Zusammen mit der Präsentation einiger extrem unterschiedlicher Vögel (AE 13) und der Übersicht über die Ordnung und Systematik der Vögel in die zahlreichen Familien (AE 14) als letzter Fachwissenschaftseinheit sollte der interessierte Besucher über die Rezipierung der dargebotenen Inhalte die Bedeutsamkeit und Komplexität der Vogelwelt nun erkannt haben.

Nur, wer diese Erkenntnis erlangt hat, kann die bestehenden Bedrohungssituationen auch nur annähernd in ihrer Tragweite für das ganze Leben auf der Erde, auch für den Menschen, erkennen und darüber hinaus Achtung und intrinsische Wertschätzung für Vögel aufbringen.

Die letzten Ausstellungseinheiten wiederholen und vertiefen Themeninhalte der VogelWelten und sprechen besonders die emotionale Komponente an.

Dies alles sind notwendige Voraussetzungen, um überhaupt die im Verlauf des Ausstellungsbesuches vorgestellten Möglichkeiten und Chancen der Verbesserung über den Arten- und Naturschutz nicht nur inhaltlich aufzunehmen, sondern auch den Willen zu verstärken, diese auch umzusetzen.

Ausstellungsstrukturplan

Abbildung IIIa (siehe auf der folgenden Seite) zeigt die Strukturierung der geplanten VogelWelten-Ausstellung in die vier vorgestellten Kernthemengruppen.

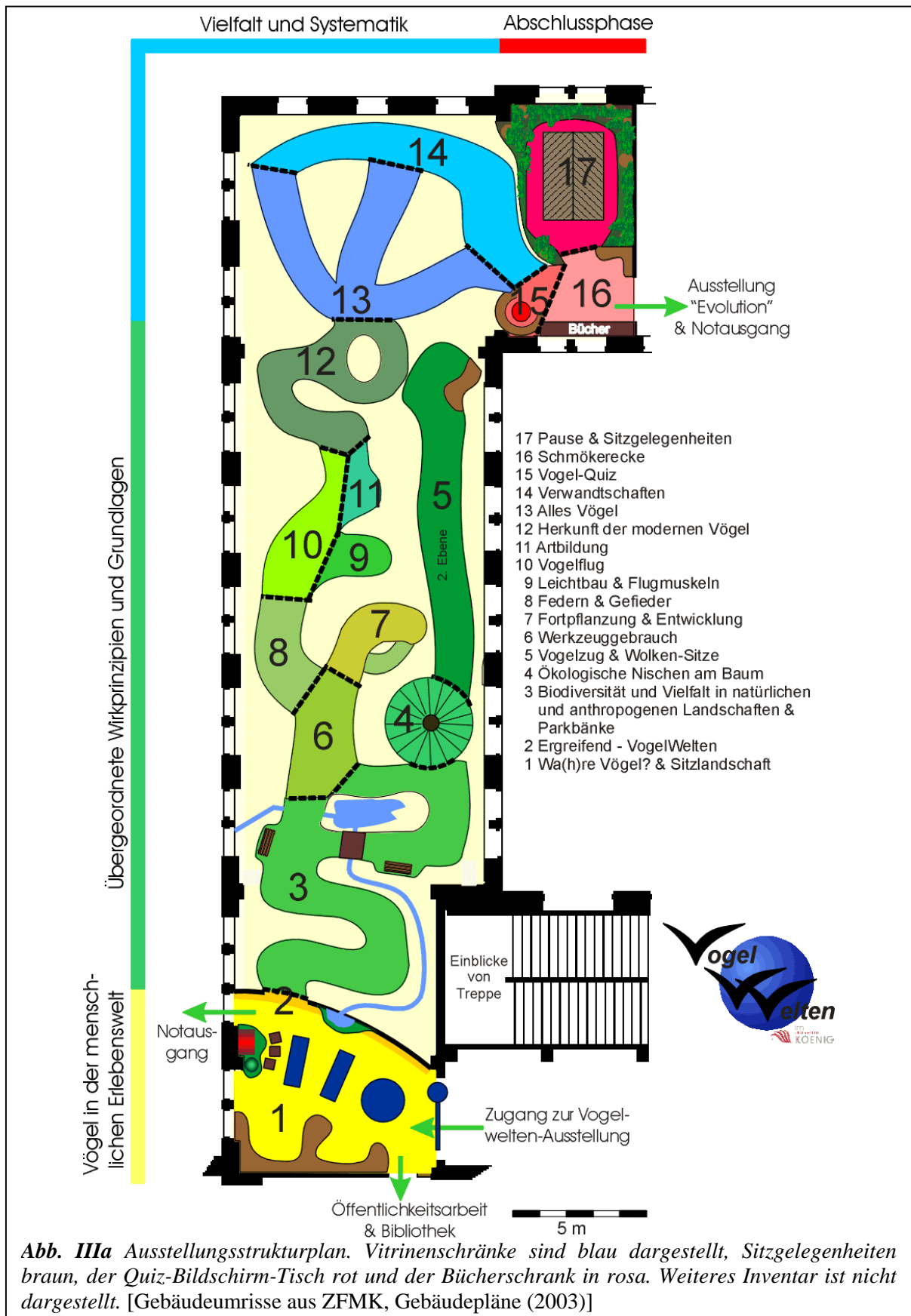


Abb. IIIa Ausstellungsstrukturplan. Vitrinenschränke sind blau dargestellt, Sitzgelegenheiten braun, der Quiz-Bildschirm-Tisch rot und der Bücherschrank in rosa. Weiteres Inventar ist nicht dargestellt. [Gebäudeumrisse aus ZFMK, Gebäudepläne (2003)]

Logo

Das Logo der VogelWelten-Ausstellung beschränkt sich neben serifenfreien Buchstaben (Typ Arial) im Wesentlichen auf schnörkellose (geometrische) Figuren und Symbole. Jeweils die Anfangsbuchstaben von Vogel bzw. Welten sind zu stilisierten fliegenden Vögeln erweitert.

Die Darstellung fliegender Vögel im Logo ist als Resultat der Präformativen Evaluation zu sehen. Knapp 72 Prozent aller Befragten gaben an, mit Vögeln den Flug, das Fliegen mit Flügeln zu verbinden (siehe Band 1, Kapitel VI.3.4.4, Abschnitt 3). Es ist daher folgerichtig, diese Spontanassoziation im Logo wiederkehren zu lassen. Dies erhöht den Erkennungseffekt des Logos deutlich.

Die versetzte, die übrigen Buchstaben dominierende Anordnungsweise der Initialen erinnert des weiteren an einen Schwarm fortziehender Zugvögel, ein weiteres typisches Merkmal und alljährlich zu beobachtendes Phänomen zahlreicher Vogelarten.

Die geschwungenen, spitz zulaufenden Linienführungen symbolisieren Dynamik, die stark in die Breite gezogene Basis der Buchstaben Stärke und Kraft. Die kräftigen Rottöne heben sich kontrastreich vom Untergrund

ab und sind nach rechts hin, einer dort befindlichen imaginären Lichtquelle entsprechend, aufgehell. Der rote Grundfarbton entspricht dem des Piktogramms und dem Wort „museum“ des Logos des Museum Koenig. Der große, von oben rechts angeleuchtete und so dreidimensional wirkende Kreiskörper stellt die Verknüpfung zur Gesamtausstellung „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“ her. Er steht eben für diesen „blauen Planet“, auf dem auch die Vögel leben. Hier in dieser Ausstellung sollen sie jedoch im Zentrum der Betrachtung stehen und werden daher auch in der Größe der Schrift „Vogel Welten“ entsprechend dominant gegenüber dem Kreiskörper dargestellt. Sie heben sich optisch vom „blauen Planet“ ab und scheinen auf den Besucher zuzufiegen. Als Teilausstellung des Museum Koenig ist der Schriftzug „im museum KOENIG“ inklusive Museumslogo fest als Bestandteil des VogelWelten-Logos integriert. Gerade auch im Hinblick einer möglichen Bewerbung in Medien und auf anderen Werbeträgern oder Öffentlichkeitsarbeit ist der Zusammenhang zum Museum Koenig auf jeden Fall zu sichern, um Verunsicherungen der Zugehörigkeit der VogelWelten zu vermeiden.



Abb. IIIb Logo der VogelWelten-Ausstellung.

Maskottchen

Neben des Logos wurde ein Maskottchen entworfen, das den Besucher durch die Ausstellung führt und an einigen Stellen als Piktogramm auf Texttafeln und weiteren Medien angebracht ist. Weitere Informationen zur Ausstellung liefert ein Ausstellungsführer, in dem es ebenfalls als didaktischer Wissensvermittler auftritt.

Zusammen mit dem Logo ist das Maskottchen elementarer Bestandteil im Corporate Design bzw. Corporate Identity. Gerade bei Kontakten zu Kindergruppen und Schulklassen der Primarstufe und Sekundarstufe I spielt es eine tragende Rolle. Es möchte verdeutlichen, dass durch die Ausstellung insbesondere sie als besondere Zielgruppe verstanden werden.

Als Maskottchen wurde eine Eule, der **Uhu** (*Strix aluco*), ausgewählt, da sie als besonders weiser kluger Vogel gilt und so prädestiniert erscheint, um als „Ausstellungsführer“ Besucher durch die Vogel-Ausstellung zu leiten. Die typische gedrungene Körpergestalt lässt es „knuffig“ aussehen und bietet an, die Eule auch als Kuschelplüschtier im Museumsshop anzubieten.

Das Maskottchen schafft so eine persönliche Ansprache und Beziehung, was besonders bei Kindern Akzeptanz, Lernen und Erleben in den VogelWelten erleichtert. Diese Emotionalität wird durch die nach vorne gerichteten Augen weiter verstärkt, da das Maskottchen so in direkten „Blickkontakt“ mit dem Besucher treten kann.



Abb. IIIc Der Uhu als Maskottchen der VogelWelten-Ausstellung. Der Doktorhut verleiht der Eule zusätzlich einen klugen weisen Eindruck.

IV AUSSTELLUNGSEINHEITEN

IV.1 VÖGEL IN DER MENSCHLICHEN ERLEBENSWELT (BEGEGNUNGEN – MENSCH UND VOGEL)

AE 1 VÖGEL IN OBHUT DES MENSCHEN (WA(H)RE VÖGEL?)

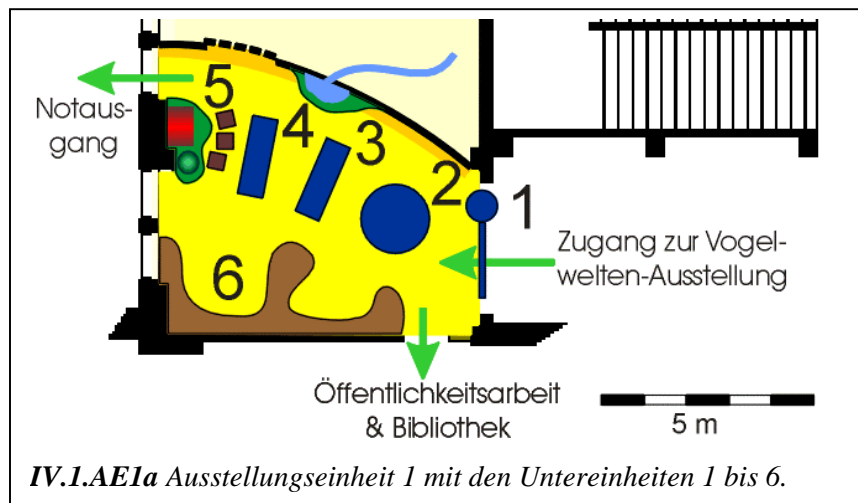
Gestaltung

Der Grundaufbau der ersten Ausstellungseinheit erinnert in Teilen an typisch klassisch-deskriptive Ausstellungen, die sich besonders durch ihre strenge (An-) Ordnungsweise, ihre isolierende, oft auch sterile und nüchterne Darstellung auszeichnen. Im Unterschied zum übrigen, nicht deskriptiven Teil der VogelWelten-Ausstellung, der seine Besucher in die VogelWelten integrieren und eintauchen lassen möchte, soll zu Beginn bewusst diese (nur) mentale Distanz zu den hier ausgestellten Vogel-Präparaten bestehen, da sie der normalen Lebensrealität des Standard-Besuchers entspricht.

Darüber hinaus ist die isolierte Darstellung verschiedener Vogelarten und Themen als Metapher zur menschlichen Angewohnheit zu verstehen, alles wohl zu ordnen, zu strukturieren und rein nach ihrer Zweckmäßigkeit und dem Nutzen zu gliedern.

So wird der Kontrast beim späteren Eintritt durch die VogelWelten-Pforte (AE 2) in die übrigen Ausstellungseinheiten und somit die Intention, jeden Vogel in der Ganzheit seiner Faktoren und die Verknüpfung der später vorgestellten „natürlichen“ Grundprinzipien verstärkt.

In dieser Ausstellungseinheit ist jedoch nur mentale Distanz gemeint, denn gerade bei Vögeln – viel mehr als bei großen Tieren, wie Elefanten oder Zebras – ist eine tatsächliche räumliche Nähe ganz wesentlich, da Vögel in der Regel vergleichsweise eher klein sind. Soll der Besucher Details an den Präparaten



noch erkennen können, ist Nähe als Solche daher sehr wichtig. Dies unterscheidet beispielsweise die Afrikanische Savanne-Ausstellung, die Weite der Landschaft und (auch) große Tiere präsentiert, deutlich von der VogelWelten-Ausstellung, bei der die betreffenden Vogelarten stets in der Nähe des Besucherauges installiert werden müssen.

UE 1 Info-Baum

Bevor der eigentliche Ausstellungsraum betreten wird, empfängt den Besucher eine Informationssäule in Form eines kräftigen Baumes mit krustiger Rinde (Eiche oder wie in Abbildung IV.1.AE1b Kastanie), dessen einer Ast über den Köpfen der Besucher quer zur gegenüberliegenden Wand reicht und mit zahlreichen grünen Blättern versehen ist.

Die Anordnung im Raum ist der Abbildung IV.1.AE1a zu entnehmen.

Der Info-Baumstamm liefert einen Überblick über die folgende VogelWelten-Ausstellung und zeigt so die wesentlichen Themen, die den Museumsbesucher erwarten, ohne hier schon ins Detail zu gehen.

Es ist wichtig, dass der Besucher erfährt, was ihn erwartet, damit er sich als mündiges Wesen ernstgenommen fühlt und frei entscheiden kann, ob und welche Inhalte er gezielt aufsuchen möchte. Zur besseren Orientierung liefert er darüber hinaus einen Überblicksplan über die Ausstellung.

An der Frontseite des Baumstammes ist zunächst oben rechts auf einer glatt gehobelten rechteckigen Fläche der Titel der Ausstellung („VogelWelten“) genannt. Ein violettfarbener (Farbkennung RAL 300 50 30) Streifen gliedert die ornithologische Teilausstellung in das Gesamtfarbenkonzept des Museum Koenig, in dem ihr diese Kennfarbe zugeordnet ist.

Drei Schlagwörter nennen drei typische Merkmale, die viele mit Vögeln unmittelbar in Verbindung bringen (siehe die Evaluationsergebnisse).

Vier große farbige runde Flächen, versehen mit Kurztiteln, zeigen dem Besucher (auf dem Baumstamm) die thematische Reihenfolge eines vollständigen Ausstellungsbesuchs der VogelWelten. Ein wiederum violettes Band verbindet diese Farbpunkte. Die Farben gelb, grün, blau und rot entsprechen den später in der Ausstellung ebenfalls verwendeten Farben und erleichtern die Orientierung und den Überblick über die Einzelthemen (siehe hierzu auch den Strukturplan Abbildung IIIa). Jeder dieser Farbpunkte ist eine drehbare Scheibe (Drehachse vertikal), die durch eine Feder in Grundstellung gehalten wird. Mit der Hand kann jeder dieser Farbpunkte jedoch leicht gedreht werden. Auf der Rückseite sind die im jeweiligen Ausstellungsteil behandelten Themen grafisch oder fotografisch kurz vorgestellt. So stehen sich beispielsweise bei „Begegnungen, Mensch und Vogel“ ein Foto einer Legebatterie mit Hühnern und ein Foto einer im Auenwald auf dem Wasser schwimmenden Entenfamilie mit Küken gegenüber.



Abb. IV.1.AE1b Untereinheit 1: Info-Baum.

Diese Fotografien zeigen Elemente der eigentlichen Hauptausstellung und werden beim späteren Besuch den Wiedererkennungseffekt erhöhen.

Darüber hinaus kann im Rahmen einer VogelWelten-Rallye, speziell für Kinder- und Jugendgruppen bzw. Schulklassen, auch die Aufgabe gestellt werden, eben diese Detailaufnahmen in der Ausstellung wiederzufinden und zu beschreiben.

Auf dem Ast weit über den Köpfen der Besucher sitzt etwas zwischen den Baumblättern versteckt und so nicht direkt ersichtlich das Maskottchen der VogelWelten-Ausstellung, eine Eule (siehe Abschnitt „Maskottchen“ im Kapitel III).

Kurz bevor der Besucher unter dem weit ausladenden Ast hindurchgeht, reagiert ein Bewegungssensor und das Maskottchen spricht (über eine beim Vogel unsichtbar installierte Lautsprecheranlage zum Besucher. Hierbei wird durch eine Mechanik der Schnabel bewegt.

Es heißt den Besucher in der VogelWelten-Ausstellung willkommen (siehe Textkasten Akustik-Element).

Auf dem Boden ist unmittelbar hinter dem Info-Baum ein breiter gelber Streifen aufgetragen. Dort steht in großer schwarzer Schrift:

Begegnungen – Mensch und Vogel

↑ *Wa(h)re Vögel?* ↑

Der Besucher weiß somit, dass er diesen Ausstellungsbereich betreten hat. Die gelbe Farbe

korrespondiert mit der auch sonst konsequent realisierten Farbgliederung der VogelWelten.

UE 2 Was ist ein Vogel?

Nach dem in der UE 1 gegebenen kurzen Überblick über die VogelWelten-Ausstellung, die den Besucher erwartet, erfolgt in dieser Untereinheit nun eine erste Einführung, was Vögel überhaupt sind und welche Merkmale alle Vögel einen, aber auch, welche Vielfalt und Verschiedenartigkeit in Gestalt, Lebensweise und Lebensraum bei Vögeln existiert.

Dazu werden in einem besonderen Arrangement exemplarisch möglichst verschiedenartige Vogelarten ausgestellt (siehe Abbildung IV.1.AE1a).

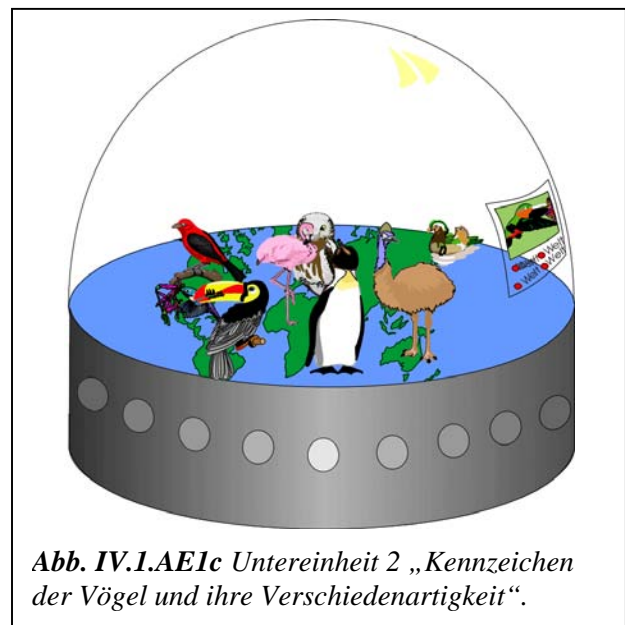


Abb. IV.1.AE1c Untereinheit 2 „Kennzeichen der Vögel und ihre Verschiedenartigkeit“.

AKUSTIK-ELEMENT Begrüßung durch das Maskottchen Bubo

Hallo, schaut mal nach oben, ja genau, hier oben auf dem Ast sitze ich. Ich heiße Bubo und bin ein Uhu. Ich freue mich, dass Ihr gekommen seid. Herzlich willkommen in meinen, nein in unseren VogelWelten.

Ja, ich bin eine große Eule und mit ein wenig Stolz sag ich auch, dass ich die größte Eule in ganz Europa bin. Eigentlich schlafe ich tagsüber, um des Nachts jagen zu können. Ein kleines Rätsel hab ich noch für Euch: Warum heiße ich wohl Bubo? Aber jetzt möchte ich Euch hier im Museum Koenig ein klein wenig von der spannenden Welt der Vögel zeigen. Also tretet ein und viel Spaß!

Hinweis: Der Uhu trägt den wissenschaftlichen Namen Bubo bubo. Dieser ist der Grund für den Namen des Maskottchens. Der Besucher wird die Antwort in den Lebensraum-Darstellungen finden, wo auch der Uhu einen festen Platz einnimmt.

Eine kreisförmige Zylindersäule mit metallischem Mantel, der futuristisch anmutet, trägt eine geographische Darstellung der Erde. Die Vögel sind an den jeweils richtigen Stellen auf der Karte platziert. Eine Glaskuppel (oder Kuppel aus anderem durchsichtigen Material) überdeckt die Erdkreisscheibe kongruent.

In die Kuppelscheibe ist ein flacher Bildschirm eingelassen. Darunter befinden sich einige Tasten, die der Auswahl von Videos dienen. Neben dem Taster aufgebrauchte Namen zeigen, zu welcher Vogelart durch Tastendruck ein kurzer Videofilm gestartet wird. Zusätzlich ist ein Taster für einen Videoclip über die charakteristischen Merkmale eines Vogels vorgesehen. Halogenspotlights leuchten die beim laufenden Film jeweils erläuterte Vogelart an.

Zylinder und Glocke sollen den Eindruck vermitteln, dass der Besucher einem „Außerirdischen“ gleich von der Ferne auf die Erde und die Welt der Vögel blickt. Er ist durch die Art der Gestaltung noch weit von dieser Welt entfernt und nähert sich in den weiteren Untereinheiten dieser und der nächsten Ausstellungseinheit immer mehr den Vögeln.

Hier aufgestellte Vogelarten sollten jeweils möglichst auf verschiedenen Kontinenten heimisch sein und sich durch große Unterschiedlichkeit auszeichnen.

Dies könnten beispielsweise folgende Vogelarten sein:

- **Bindenkreuzschnabel** (*Loxia leucoptera*), Nordamerika, der dank der überkreuzten Schnabelspitzen besondere Nahrungsquellen (Samen von Kiefernzapfen und anderen Nadelbäumen) für sich erschlossen hat, die andere Finken nicht erreichen können.
- **Fischertukan** (*Ramphastos sulfuratus*), Mexiko bis Nordargentinien, dessen riesiger prächtiger Schnabel, trotz der extreme Größe sehr leicht ist. Wahrscheinlich dient er neben dem Greifen von Früchten, der Hauptnahrung, der Erkennung untereinander.
- **Andenkolibri** (*Oerotrochilus estella*), Südamerika, ernährt sich im Wesentlichen von Blütennektar, Insekten und

kleinen Spinnen, neben den herausragenden Flugfähigkeiten (Schwirrflug) ist bemerkenswert, dass seine Körpertemperatur in kalten Nächten auf das Niveau der Umgebungstemperatur abfällt, um Energie zu sparen.

- **Ararauna** (*Ara ararauna*), gehört mit zu den farbenprächtigsten, aber auch größten Papageien. Er ernährt sich hauptsächlich von Waldfrüchten.
- **Kaiserpinguin** (*Aptenodytes forsteri*), Antarktis, ihm fehlt die Flugfähigkeit, dafür ist er bestens an den eiskalten Lebensraum angepasst. Mit den paddelförmigen Flügeln kann er wendig und schnell schwimmen.
- **Kanincheneule** (*Speotyto cunicularia*), Süd- und Nordamerika, bewohnt unterirdische Höhlenbauten und teilt sie dabei sogar oft mit verschiedenen Nagetieren, Raubtieren und Reptilien.
- **Zwergflamingo** (*Phoeniconaias minor*), Afrika, die mikroskopisch kleine blaugrüne Algen aus dem salzigen Wasser der Sodaseen filtrieren, ohne dabei viel Salzwasser aufzunehmen.
- **Zwergtoko** (*Tockus camurus*), Afrika, einer von 22 Nashornvogel-Arten, hat einen außergewöhnlichen Schnabel.
- **Kaiseradler** (*Aquila chrysaetos*), weites Verbreitungsgebiet in Eurasien und Nordafrika (Atlasgebirge), typischer Raubvogel.
- **Rotschopftaube** (*Lophophaps plumifera*), Nord- und Mittelastralien, die im Gegensatz zu mitteleuropäischen Tauben ein sehr farbenfrohes Gefieder hat.
- **Helmkasuar** (*Casuaris casuaris*), Australien, Neuguinea, Ceram und Aruinseln, flugunfähiger Bodenvogel mit einem großen knöchernen Helm auf dem Kopf. Neben Früchten, Beeren, Körnern ernährt er sich gelegentlich von kleineren Tieren. Er ist ein guter Schwimmer und erbeutet auch Fische.

- **Manadarinente** (*Aix galericulata*), Korea, Ostchina, Japan bis Taiwan, als Vertreter der Wasservögel. Erpel tragen im Gegensatz zu den Weibchen ein farbiges Prachtgefieder.

Der Videoclip über die gemeinsamen Kennzeichen aller Vögel sollte Folgendes nennen:

- Die Weibchen aller Vogelarten legen Eier. Aber Eierlegen gibt es auch beispielsweise bei Insekten, Reptilien und vielen Fischen.
- Viele Vögel können fliegen, aber nicht alle. Auch viele andere Tiere, die keine Vögel sind, können fliegen oder zumindest durch die Luft gleiten. Dazu gehören zum Beispiel Fledermäuse, die keine Vögel sind, viele Insekten, aber auch Flugbeutler und sogar Fliegende Fische.
- Alle Vögel laufen auf zwei Beinen.
- Alle Vögel haben zu Flügeln umgebildete Vorderbeine, auch wenn diese Flügel bei einigen Arten, die nicht (mehr) fliegen können, zurückgebildet sind.
- Vögel halten ihre Körpertemperatur gleich und sind so unabhängiger von der Außentemperatur. Dies können sonst nur noch Säugetiere, wie der Elefant, die Katze oder auch der Mensch.
- Alle Vögel haben einen Schnabel und keine Zähne. Es gibt zwar Tiere, die auch einen Schnabel zu haben scheinen, wie das Schnabeltier, aber richtige Schnäbel haben nur Vögel.
- Das wichtigste Erkennungsmerkmal aller Vögel sind jedoch die Federn. Alle Tiere, die heute auf der Erde leben und Federn haben, sind Vögel.

UE 3 Lebendvoliere

Der Blick des Besuchers fällt unmittelbar danach auf eine große, quer zum Betrachter aufgebaute Voliere mit lebenden **Wellensittichen** (*Melopsittacus undulatus*), die vom Boden bis in 2,50 m-Höhe reicht und relativ breit ist. Ein feinmaschiges (0,5x0,5cm Raster) Gitter begrenzt die Vorder- und die beiden Seitenfronten. Die Hinterfront ist dagegen bis in eine Höhe von 1,75 m in Form einer Felsimitation gestaltet. Darüber befindet sich eine Horizont-Darstellung (blauer Himmel). Der Boden ist der australischen Steppe nachgestaltet. Australisches Busch- und Baumwerk bereichern die Szenerie und bieten den Wellensittichen Sitzmöglichkeiten. Auf dem Boden steht im 30°-Grad-Winkel zur Vorderfront ein typischer Käfig zur Wellensittich-Vogelhaltung. Die Käfigtür ist offen. Rechts vom Käfig steht etwas schief in den Boden gerammt ein (nicht zu großes) Transparent mit der Aufschrift: „Freiheit für die Vögel!“.

Etwa 10 Wellensittiche bevölkern das Arrangement. Symbolhaft stehen sie für die vielen gekäfigten Vögel, die in unseren Wohnstuben leben.

An dieser Stelle wurden bewusst lebende Tiere eingeplant. Sie sollen direkt zu Anfang der Vogelwelten darauf aufmerksam machen, dass das Thema der Ausstellung das „Leben“ der Vögel ist und nicht eine unbelebte abstrakte Sache. Außerdem wird von der Zielgruppe der Ausstellung, so wurde in der durchgeführten Evaluation (siehe Band 1, Kapitel VI.3.4.4, Abschnitt 2) ermittelt, die

Präsentation lebender Vögel ausdrücklich gewünscht. Dieser Forderung kann natürlich im Rahmen einer musealen Aufarbeitung für das Museum Koenig nur unvollständig entsprochen werden.

Die Aufgabe der Lebendpräsentation fällt eher den verschiedenen Vogelparks und Zoos zu. Sie sind hierfür weitaus besser prädestiniert. Darüber hinaus verfolgt das Museum Koenig mit seiner Ausstellungskonzeption „Unser blauer Planet – Leben im Netzwerk“ die Intention der Vermittlung ökologischer und evolutiver Inhalte mit einem besonderen Schwerpunkt auf eine nachhaltig orientierte Umweltbildung. Lebende Tiere sind hierfür weniger geeignet oder der Kosten-Nutzenaufwand entspricht nicht unbedingt dem Maß des Vernünftigen.

Generell jedoch dürfte im Fall des Museum Koenig in der Unterbringung einer sehr robusten Vogelart wie dem Wellensittich kein großes Problem bestehen, da bereits etliche lebende Tierarten (im Kellergeschoss) gehalten werden.

Es darf jedoch keinesfalls der Eindruck entstehen, dass lebende Tiere für Ausstellungszwecke instrumentalisiert werden, als bloße Ausstellungsobjekte menschlichen Intentionen dienen. Daher wird auf eine lebensraumfremde Gestaltung, außer Vogelkäfig und Transparent, verzichtet. Eine in 1,90 m Höhe an der Voliere befestigte Texttafel gibt nähere Erläuterungen zum Wellensittich (siehe Abbildung IV.1.AE1d).

Der Wellensittich

(Melopsittacus undulatus)

Freund im Wohnzimmer und Nomade in der australischen Steppe

Wasser-, Futtermangel und große Temperaturschwankungen - Der Wellensittich erträgt fast alles geduldig, denn in Freiheit lebt er in der weiten Steppe Australiens, und dort ist das Überleben jeden Tag eine neue Herausforderung.

Als Nomade, das sind nicht-sesshafte Tiere, muss er immer auf der Suche nach Nahrung und Wasserstellen viele Kilometer umherwandern.

Dass er heute mit Abstand das häufigste Haustier ist, verdankt er eben dieser Robustheit und seinem farbigen Gefieder. Der muntere Geselle bildet Schwärme von vielen Tausend Vögeln und möchte so auch in Gefangenschaft niemals einzeln gehalten werden.



Wellen?

Die australischen Ureinwohner mögen den Wellensittich besonders als Delikatesse, und so heißt er bei ihnen auch einfach Bedgerigah, was so viel wie "gut zu essen" heißt. Seine englische Bezeichnung "budgerigar" leitet sich daher ab. Bei uns dagegen wurde er wegen seiner wellenförmigen Gefiederzeichnung am Kopf Wellensittich genannt.

Abb. IV.1.AE1d Texttafel an der Wellensittich-Voliere (UE 2).

UE 4 Unser Haushuhn

Diese Untereinheit widmet sich ganz dem Haushuhn und dem Umgang des Menschen mit ihm.

So zeigt die 1:1-Darstellung in der Vitrine eine Legebatterie mit mindestens 3 jeweils besetzten Käfigen. Auf der Auffangrinne der Legebatterie liegen einige Eier. Auf der Vitri-nenrückwand ist – hinter der Legebatterie –

ein großflächiges Poster aufgehängt, das Hühner in echter Freiland-Biohaltung auf einer grünen Wiese zeigt. Darauf der großformatige Schriftzug „Wunschtraum und Realität“. Neben den Legebatterien sind einige flachwandige Holzkisten gestapelt. In der obersten Kiste befinden sich zahlreiche Kü-ken, eng an eng.

Auf einem etwa 1,60 m hohen Podest ist die Ursprungsform des Haushuhns, das **Bankiva-huhn** (*Gallus gallus*) präpariert aufgestellt. Das Podest trägt eine Texttafel, die auf den Ursprung und heutige Zuchtformen des Haushuhns eingeht (siehe Abbildung IV.1.AE1e). Unterhalb dieser Texttafel sind mit einem Kampfhahn, einem Sussex-Legehuhn (inklusive braunem Ei) und einem Grünleger (inklusive grünem Ei) drei Zuchtformen des Haushuhns aufgestellt. Ein kleines in der Nähe des Präparats aufgestelltes Schild informiert kurz über die Zuchtform und die zugelegte Verwendung. Beim Grünleger beispielsweise müsste darüber informiert werden, dass die gelegten grünen Eier geschmacklich keinen Unterschied zu braunen oder weißen Eiern bedeuten, wohl aber besonders für Menschen mit Cholesterin-Problemen geeignet sind. Beim Bankiva-Huhn sind 12 Eier, beim Sussex-Legehuhn etwa 200 Eier als Stapel aufgeschichtet. Dies korrespondiert mit der in der Texttafel (siehe Abbildung IV.1.AE1e) genannten Anzahl der Eier, die die Ursprungsform und ein heutiges Legehuhn legen. Vor der Vitrine stehen drei etwa 1,30 m hohe Podeste, auf denen jeweils ein übergroßes Ei positioniert ist. Beide Eier verfügen über einen Klappmechanismus mit Feder, der es ermöglicht, das Ei in eine Ober- und eine Unterhälfte aufzuklappen, wobei beim Loslassen die Feder die beiden Hälften wieder zusammenzieht. Auf der Außenschale der Eier ist jeweils eine Frage aufgedruckt. Die Antwort auf diese Frage findet sich in Form einer Texttafel innerhalb der Eierschalenhälfte. Das Layout (Gestaltung) orientiert sich an den sonst auch verwendeten Texttafeln. Die drei Fragen beziehungsweise Antworten lauten:

Ein Hahn vor dem Richter?

Tatsächlich stand ein Hahn schon mal vor Gericht. Und das Urteil des Richters war hart: Todesstrafe durch Verbrennen auf dem Scheiterhaufen!
Doch was war das Verbrechen des Hahns?
Der Hahn hatte, so das Gericht, den Naturgesetzen zum Trotz ein Ei gelegt und musste daher ein verkleideter Teufel sein. So verbrannte er im Jahre 1471 in der schweizerischen Stadt Basel auf dem Scheiterhaufen.

Warum legen Hühner dauernd Eier?

Der Grund, warum Hühner nahezu täglich Eier legen, liegt in einem besonderen Legeverhalten des Huhns, das sich der Mensch zunutze macht.

Viele Vogelarten haben eine immer gleichbleibende Gelegegröße. Entfernt man ein oder mehrere Eier aus dem Gelege, legen sie keine Eier nach. Hühner, wie auch etliche andere Arten, legen jedoch immer solange neue Eier bis die ursprüngliche Anzahl an Eiern wieder erreicht wird. Da die neugelegten Eier jedoch täglich wieder weggenommen werden, versucht die Henne über Jahre hinweg, ihr Gelege wieder auf die ursprüngliche Größe (von etwa fünf bis sechs Eiern) zu bringen.

Abergläubische Hühner?

Nein, die gibt es nicht, dafür aber schon immer abergläubische Menschen!

Dass Huhn und Ei bei den alten Germanen ihrem Gott der Fruchtbarkeit Donar geweiht waren, kann man noch nachvollziehen, aber anderes ist schon mit sehr viel Phantasie ersponnen worden!

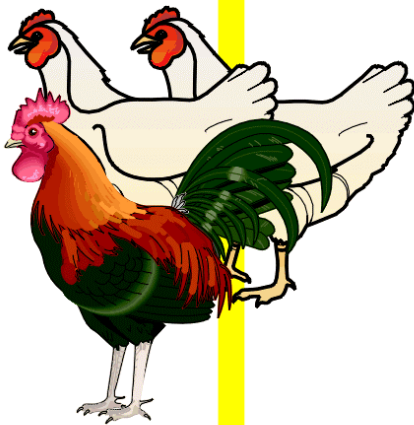
So glaubte man doch früher, dass eine schwarze Henne, wenn sie 9 Jahre alt ist, zum ersten und letzten Mal ein Ei ohne Dotter legt. Mit diesem Ei kann man hexen, denn es entstand durch die Begattung mit einer Hauschlange. Damit nun kein Unheil geschieht, muss es die Hausfrau über das Dach des Hauses werfen. So ist das Haus vor Zaubern und Hexen geschützt.

Nach einem sächsischen Aberglauben kann man Hühneraugen nur dann verlieren, wenn man sich barfuß in eine Wasserlache stellen, in der Hühner gebadet haben. Wichtig ist dann, dass man über die schmutzigen Füße Strümpfe zieht und sie 2 Wochen anlässt. Natürlich ohne sich die Füße zu waschen!

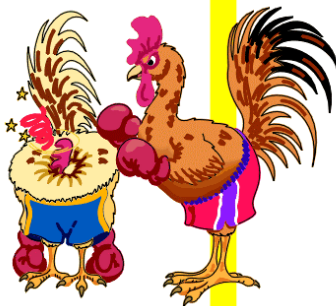
Ein übergroßes stabiles Modell einer Legebatterie ist auf dem Boden aufgestellt. Eine Gittertür lässt sich öffnen. Der Text auf einem auf dem Modell aufgestellten Schild lädt Kinder dazu ein, selbst mal in die Legebatterie hineinzuklettern und die Erfahrung zu machen, wie viel Platz ein Huhn in seiner Kiste hat.

Unser Haushuhn

Ich wollt ich wär ein Huhn,
ich hätt nicht viel zu tun...?



Wohl kaum, denn an die 500 Milliarden Eier produzieren Hühner Jahr für Jahr. Das in mehr als 200 Rassen vorkommende Haushuhn stammt ursprünglich vom Bankivahuhn (*Gallus gallus*) ab, das auch heute noch in den dichten Urwäldern Indiens und Südasiens vorkommt. Zu Beginn der Domestikation (Zähmung und Züchtung) vor mehr als 5000 Jahren legte das Huhn gerade 12 Eier. Wie Legemaschinen schaffen Spitzen-Hühner heute etwa 200 Eier pro Jahr. Mit einer Zahl von derzeit 8 Milliarden gibt es sogar mehr Haushühner auf der Erde als Menschen!



Sie geben ihr Leben für uns!

Doch nicht nur zum Eierlegen züchten Menschen Hühner. Gezüchtet zum fleischigen Brathähnchen enden sie im Ofen oder zum Kampfhahn mit kräftigen Kampfsporen an den Beinen in der Kampfarena.

Abb. IV.1.AE1e Texttafel am Bankiva-Huhn-Podest der UE 4.

Er lautet: „Stell Dir vor, das wäre Dein Zuhause und Du dürftest es niemals in Deinem Leben verlassen! Klettere doch mal in diese Legebatterie und stelle fest, wie eng es da drin ist. Du musst auch kein Ei legen und darfst natürlich wieder heraus. Ein Huhn darf das nicht! In der Schweiz ist Legebatterie-Haltung schon lange verboten, aber wir müssen Batterieühnereier ja nicht kaufen.“

Die drei in der ornithologischen Zwischenausstellung zum Anfassen aufgestellten Haushühner sollten an dieser Stelle der VogelWelten-Ausstellung einen festen Platz erhalten und so ein „Begreifen“ ermöglichen. Gerade Haushühner sind noch relativ einfach verfügbar, so dass die mit dem Anfassen verbundene langfristige Beschädigung des Präparats ein nicht allzu großer Schaden bedeutet.

UE 5 Die Märcheneule

Diese Untereinheit wendet sich insbesondere durch die optische Gestaltung, aber nicht nur, an Kinder. In eine Landschaftsdarstellung, die durch Rundungen in der Grundform nicht steril, sondern freundlich, harmonisch und natürlich wirkt, ist eine verwunschen aussehende Waldholzhütte integriert. Dieses Modellhäuschen ist als Halbreief ausgeführt, die Front ist offen und erlaubt den Blick in die rustikale Wohnraumgestaltung. In der Mitte des Raumes sitzt auf einem großen Schaukelstuhl eine (Modell-)Eule in der Optik des Uhu-Maskottchens. Sie trägt auf dem Schnabel eine große Lesebrille und hält ein großes, dickes und alt aussehendes Buch in den Flügelschwingen. Eine Tafel am Dioramenrand nennt vier oder fünf Geschichten, die durch Drücken auf nebenstehende Knöpfe ausgewählt werden können. Kinder können sich vor der Hütte auf kleine Holzhocker setzen und sich die jeweils maximal drei Minuten langen Geschichten von der Eule erzählen lassen. Dabei wird diese durch eine Pneumatik oder andere Mechanik bewegt. Auf einem Holztisch in der Hütte flammt eine Kerze, eine Glimm-Flimmer-Glühlampe, auf und im Ofenkamin flackert ein Holzfeuer, ebenfalls durch Lichteffekte simuliert. Aus dem Schornstein raucht durch einen Rauchgenerator (der Modelleisenbahn-Zubehörindustrie, beispielsweise Firma Seuthe), Qualm. Ein Lautsprecher, unter der Eulen-Puppe instal-

liert, überträgt die akustisch vorgetragene Geschichte. Alternativ könnten auch Lautsprecher-Hörer, die ans Ohr gehalten werden müssen, installiert werden.

Die vorgetragenen Geschichten können Geschichten, Märchen, Sagen und Fabeln sein, die mit Vögeln zu tun haben, beispielsweise „Kalif Storch“ aus 1001 Nacht, „Nils Holgerson“ von Selma Lagerlöf oder die Geschichte, woher der Eisvogel sein farbenfrohes Gefieder hat und welche Eigenschaften man ihm zudachte (siehe Textkasten „Der bunte Eisvogel und Warum der Eisvogel in Luxemburg Mottenvogel (Mattevuill) heißt“). Sollte einer der Eisvogel-Geschichten integriert werden, wäre es sinnvoll, irgendwo im Diorama ein Eisvogel-Präparat aufzustellen, auf das die erzählende Eule hinweisen kann. Eine zum Maskottchen passende Erzählung ist die vom Kleinen Gespenst, dessen bester Freund der Uhu Schuhu ist. Weitere Erzählungen liefert das Buch „Vogelmärchen, Märchen der Welt“, erschienen im Fischer-Verlag.

Der bunte Eisvogel

Es gab einmal vor langer, langer Zeit einen Eisvogel, der wurde von Noah losgeschickt, Ausschau zu halten, ob das Wasser der Sintflut schon zurückgegangen sei. Dabei flog der kleine Vogel jedoch so hoch, dass er sich im Himmelsblau versenkte, und sein vormals graues Gefieder blau wurde. Die Neugier trieb ihn dann zur Sonne, auf die er solange zuflog, bis die Sonnenhitze seine Bauchfedern verbrannte und sie rot wurden. Er flog zur Erde hinab, um sich in den Fluten abzukühlen. Doch Noah und seine Arche waren längst an Land gestoßen und der Vogel fand Noah nicht mehr. Mit lautem durchdringendem Geschrei sucht der Eisvogel noch heute an den Flüssen nach der Arche oder ihren Trümmern.

Warum der Eisvogel in Luxemburg Mottenvogel (Mattevuill) heißt

Vor langer Zeit glaubte man, dass die Haut des Eisvogels Motten vertreiben könne. In Luxemburg wird er deshalb sogar Mottenvogel, auf luxemburgisch Mattevuill genannt. Tuchhändler, so der damals überragende Gelehrte Albertus Magnus (1193-1280), legten sogar getrocknete Häute von Eisvögeln unter ihre Stoffe, um sie vor Mottenfraß zu schützen.

UE 6 Sitzvogel

Dieser Bereich der ersten Ausstellungseinheit vermittelt unmittelbar keine Lerninhalte. Vielmehr dient er der Erholung und Entspannung von Museumsbesuchern, die sich in der Untersuchung von Leis (1993) zahlreich (siehe Kapitel V.2 im Band 1) nach Sitzmöglichkeiten innerhalb des Museums gewünscht hatten, und als Treffpunkt für Gruppen (Schulklassen, Kinder- und Jugendgruppen), die hier von den Ausstellungsführern der Museumsschule in Empfang genommen und eine erste Einführung erhalten werden können. Daher muss diese Sitzlandschaft auch ausreichend dimensioniert werden, um auch Gruppen genügend Sitzmöglichkeiten zu geben.

Die räumliche Lage direkt an der Eingangstür zur Abteilung Öffentlichkeitsarbeit, die auch die Büroräume der Museumslehrer beherbergt, prädestiniert die Sitzgelegenheit zum optimalen Ort für die ihr primär zugedachte Aufgabe.

Um einen inhaltlichen Kontext zur VogelWelten-Ausstellung herzustellen, bietet es sich an, die Sitzgruppe im Grundriss der eines Vogels mit weit ausgebreiteten Schwingen anzunähern und eventuell auch die Polsterung beziehungsweise Sitzflächen farblich dem Gefieder beispielsweise eines Raubvogels wie Adler, Bussard oder Falken anzupassen.

AE 2 VOGELWELTEN-EINTRITT (*ERGREIFEND – VOGELWELTEN*)

Der Titel dieser zweiten Ausstellungseinheit soll wörtlich verstanden werden, denn Ziel der Ausstellung ist es ja, seine Besucher ergriffen zu machen von der überaus vielfältigen Gruppe der Vögel. Symbolisch tritt mit der AE 2 der Besucher in die eigentliche VogelWelten-Ausstellung ein. So besteht sie im Wesentlichen aus Neugierde weckenden Elementen und einer Eintrittspforte.

Um zunächst eine optische wie inhaltliche Trennung der ersten AE von den übrigen zu erreichen und den Blick nicht zu stark abzulenken, zieht sich eine Trennwand in einem harmonisch, sanft geschwungenen Bogen quer durch die Ausstellungsfläche (siehe Abbildung IV.1.AE2a).

Parallel zur und an der Wand zieht sich ein gelber Streifen auf dem Boden, der in regelmäßigen Abständen den folgenden Schriftzug trägt:

↑ *Egreifend - VogelWelten* ↑

Im linken Wanddrittel befindet sich die eigentliche Durchgangspforte, rechts davon sind einige relativ klein gehaltene Sichtöffnungen. Sie ermöglichen einen ersten Einblick in die

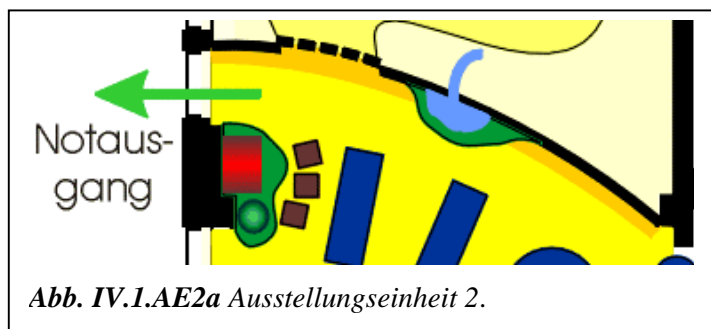


Abb. IV.1.AE2a Ausstellungseinheit 2.

AE 3, die sich hauptsächlich durch eine natürlich wirkende Landschaftsgestaltung auszeichnet. Auch beginnt an dieser Wand in einem kleinen Teich ein künstlicher Bach, der durch eine Öffnung in die AE 3 fließt und so ein weiteres verknüpfendes Element bildet.

Dieser Teich ist mit einem schmalen Uferbereich gestaltet, an dem typische Vögel bäuerlicher Haltung positioniert sind: Hausgans, Ente und Huhn. Dieses Arrangement bildet einen Kontrast zur in den Vitrinen präsentierten Haltungsform von Vögeln und gleichzeitig die Überleitung zur natürlichen Lebenswelt der Vögel.

Auf dem Boden sind unterhalb der Sichtöffnungen und dem Bachdurchlass Podeste positioniert, die es auch kleineren Kindern ermöglicht, durch diese Öffnungen zu schauen.

Eine Sammlung verschiedener Vögeln zuge-dachter Eigenschaften wird hier in relativ großer Schriftgröße dargestellt. Eine Auswahl ist im Folgenden genannt (Vergleiche hierzu Kapitel VII.3 im Band 2):

- Du hast doch einen Vogel:
- Frei wie ein Vogel sein
- Vogelfrei
- Geflügelte Worte
- Du Grünschnabel
- Schnepfe
- Der Storch war da
- Schimpfen wie ein Rohrspatz
- Du Dreckspatz
- Du dummes Huhn
- Diebisch wie eine Elster
- Du alte Krähe
- Eine Krähe hackt der anderen kein Auge aus
- Rabeneltern bzw. Rabenmutter
- Die goldene Gans
- Du Schnatterente
- Da hast du mir aber ein Kuckucksei gelegt
- Nachteule
- Eulenfänger
- Lustiger Kauz
- Nachtigall, ick hör dir trapsen
- Vogel-Strauß-Politik

Es sollte jedoch nur eine Auswahl getroffen werden, um eine Überladung der Wandflächen zu vermeiden. Auch sollte möglichst auf eine nüchterne Horizontalausrichtung der Schrift und auf eine einheitliche Schrifttype und -größe verzichtet werden. Die Vielfältigkeit menschlicher Metaphern und Charakterzuweisungen sollte sich in einer ebenso vielfältigen Gestaltung der Schrift in Typus, Größe, Ausrichtung und Farbe widerspiegeln. Darüber hinaus sind die ansonsten freien Wandflächen hervorragend geeignet, um die Ergebnisse von Gruppenarbeiten oder Malwettbewerben (eventuell an großer Pinnwand) (auch den anderen Museumsbesuchern) zu präsentieren.

Die Durchgangspforte zu den weiteren Ausstellungseinheiten wird durch eine doppelflügelige elektrische Glasschiebetüre gebildet, die sich über einen einfachen Bewegungssensor öffnen lässt. Eine Notstelleinrichtung ermöglicht auch im Notfall das sichere Öffnen der Türe von beiden Seiten, um besonders auch den Fluchtweg zum seitlichen Notausgang zu eröffnen.

Der Türrahmen zeichnet den Grundriss eines Raubvogels wider, dessen weitere Grundlinien sich auf den Glasschiebetüren fortsetzen (siehe Abbildung IV.1.AE2b). Die beiden mächtigen Krallen sind ebenfalls dargestellt und scheinen metaphergleich den Besucher zu ergreifen und anschließend in die folgende AE und damit die wirkliche Welt der Vögel zu ziehen. Rechts und links der Türe ist jeweils einer der beiden Sätze an die Wand gebracht:

Erst im Greifen liegt das Begreifen,
umso Ergreifender
die unbegreiflich vielfältige Welt der Vögel

Erst im Fassen liegt das Erfassen,
umso Fassbarer
die unfassbare vielfältige Welt der Vögel

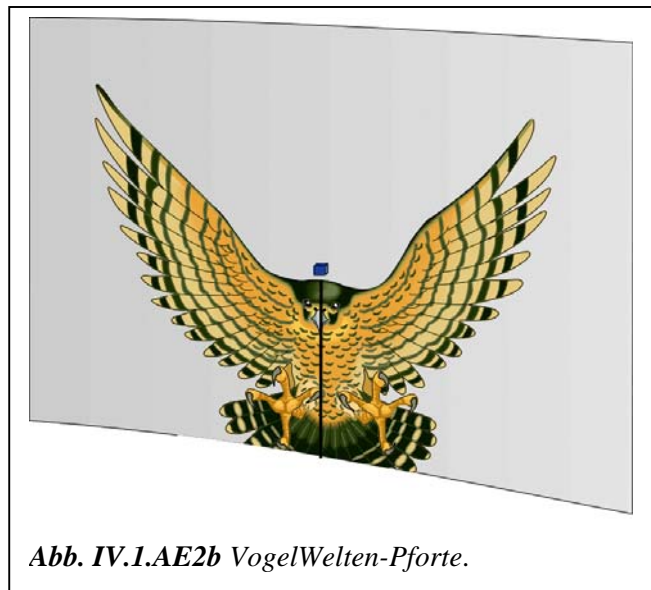


Abb. IV.1.AE2b VogelWelten-Pforte.

IV.2 ÜBERGEORDNETE WIRKPRINZIPIEN UND GRUNDLAGEN (WELT DER VÖGEL UND DIE SPIELREGELN DES LEBENS)

AE 3 BIODIVERSITÄT UND VIELFALT (VERSTECKTE VIELFALT)

Motivation und Thema

Auch wenn die Vögel Mitteleuropas wahrscheinlich zumindest teilweise ebenfalls in der projektierten Teilausstellung „Mitteleuropa: Leben vor unserer Haustür“ thematisiert werden, müssen sie auch und gerade im Rahmen der VogelWelten-Ausstellung vorgestellt werden. Es scheint sinnvoll, den Schwerpunkt der Mitteleuropa-Ausstellung auf die übrigen Tiergruppen zu legen, da einerseits die VogelWelten-Ausstellung als einzige Teilausstellung einer Tiergruppe allein gewidmet ist und der heimischen Fauna der anderen Tiergruppen dadurch mehr Raum gegeben werden kann. Darüber hinaus stellen die heimischen Vögel den elementaren Verknüpfungspunkt an das eigene Erleben der Besucher in der Natur mit ornithologischen Fragestellungen dar.

Dennoch lässt sich keinesfalls vermeiden, dass einzelne Arten in beiden Teilausstellungen ausgestellt werden könnten, daher werden die in der VogelWelten-Ausstellung vorgesehenen Vogelarten in den potentiell möglichen Überschneidungsfällen in besonderen Zusammenhängen gezeigt.

Die Präsentation berücksichtigt, gerade um auch die Verknüpfung an die Erfahrungswelt der Besucher zu finden, den Kontext ihrer Lebensräume und interspezifischer Wechselwirkungen.

Daneben sollen besondere ökologische Fragestellungen erörtert werden. So werden in dieser Ausstellungseinheit bekannte natürliche und anthropogen beeinflusste naturferne und rekultivierte Landschafts- und Lebensräume

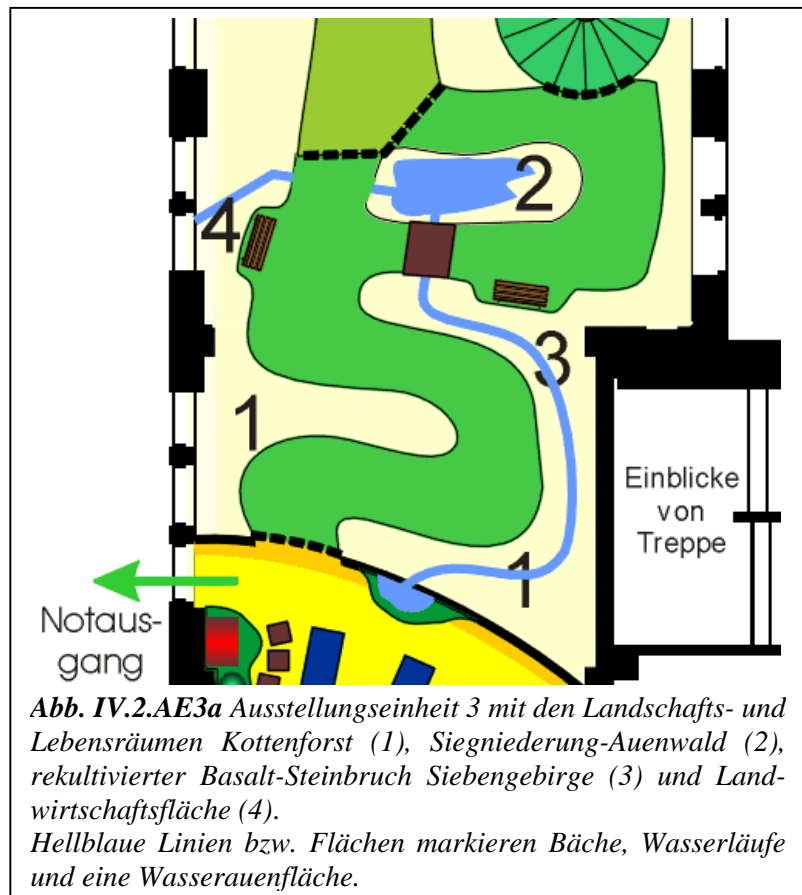


Abb. IV.2.AE3a Ausstellungseinheit 3 mit den Landschafts- und Lebensräumen Kottenforst (1), Siegniederung-Auenwald (2), rektivierter Basalt-Steinbruch Siebengebirge (3) und Landwirtschaftsfläche (4).

Hellblaue Linien bzw. Flächen markieren Bäche, Wasserläufe und eine Wasserauenfläche.

parallel nebeneinander vorgestellt, ökologische Grundprinzipien erläutert und die jeweilige Artenvielfalt und -struktur verglichen.

Dabei kommt der Dioramen-Darstellung eines rekultivierten Lebensraumes besondere Bedeutung zu, da er Auswege und Chancen aufzeigt und nicht nur, wie in vielen anderen Ausstellungen mit umweltproblembezogener Thematik, Schäden, Zerstörung und Ausrottung anspricht und so Zukunftsangst und Hoffnungslosigkeit induziert.

Nicht zuletzt sind es gerade diese rekultivierten ehemaligen Bergbaustätten, die sich heute oftmals als Refugium für zahlreiche bedrohte

Tier- und Pflanzenarten präsentieren und eine außerordentlich hohe Artenvielfalt aufweisen. So sind diese ehemaligen „Wunden in der Landschaft“, wie sie gerne genannt werden, heute Keimzellen für Schutzgebiete und wertvollste Biotopräume.

Um den Besuchern die Bedeutung und Wichtigkeit des Arten- und Naturschutzes auch und gerade im eigenen Umfeld, der eigenen Region zu verdeutlichen, müssen in diesem Themenzusammenhang Vögel der heimischen Region angeführt werden.

Im Besucher darf nicht der Eindruck entstehen, Umwelt-, Natur- und Artenschutz sei zwar wichtig, aber primär nur in fernen Regionen, wie den Tropen oder Polarregionen, notwendig.

Die Wichtigkeit des Schutzes auch dieser Gebiete versteht sich von selbst, doch wenn neben beispielsweise Spenden und dem Verzicht auf Tropenholz auch konkrete Möglichkeiten und Tipps angeführt werden sollen, was jeder Einzelne in seinem Umfeld für den Schutz und Erhalt von Vögeln beziehungsweise der Natur im Allgemeinen tun kann, muss der heimischen Vogelwelt ein gewisser, jedoch wegen der generellen Begrenzung des Ausstellungsumfangs auch nicht zu großer Raum eingeräumt werden.

Um den Heimatbezug weiter zu verstärken, denn gerade dem Wiedererkennungseffekt der Besucher – die ermittelte Zielgruppe kommt in der Mehrzahl aus der unmittelbaren oder mittelbaren Umgebung (bis 50 km) – kommt besondere Bedeutung zu, werden folgende spezifische regionaltypische, aber dennoch allgemeintypische Landschaftslebensräume ausgewählt:

- Auenwald der Sieg-Mündung in den Rhein bei Bonn,
- Kottenforst bei Bonn als Beispiel für einen Laubmischwald,
- naturferne Landschaft, geprägt von industrieeähnlicher Landwirtschaft, in der Voreifel zwischen Bonn und Euskirchen oder zwischen Niederkassel und Porz (Rhein)
- und ein rekultivierter Basalt-Steinbruch, wie beispielsweise Hin-

terplag oder Bennau bei Asbach (Ww), Weilberg bei Heisterbach, Kleiner und Großer Ölberg im (geologischen) Siebengebirge.

Die konkrete Nennung dieser speziellen Lebensräume verstärkt zusammen mit dem Wiedererkennungseffekt die Authentizität der Ausstellung, schafft einen Realitätsbezug und animiert Besucher (möglicherweise) zu einem Ausflug in die reale Natur, zumal diese Ausstellungseinheit als entspannendes „Erlebnis“ empfunden werden soll und aufgestellte Sitzbänke zum Verweilen einladen.

Um dem Realitätsanspruch gerecht werden zu können, dürfen natürlich nur solche Vogelarten in die diese Landschaftslebensraum-Darstellungen integriert werden, die dort auch tatsächlich vorkommen und beobachtet werden können.

Struktur und Aufbau

Einige kurze „Augenblicke“ von dieser AE dürfte der Besucher bereits gehabt haben, sofern er von der Aufgangstreppe zum dritten Stock durch die vorzusehenden Sichtöffnungen (siehe Abbildung IV.2.AE3a) oder durch die in der Wand der Vogel-Pforte geschaut hat.

Der Besuch dieser dritten Ausstellungseinheit beginnt unmittelbar nach Durchschreiten der Greifvogel-Pforte. In den grünen Kennfarben dieser neuen Kernthemengruppe ist ein breiter grüner Balken auf dem Boden aufgebracht, der den Namen dieser Kernthemengruppe und der Ausstellungseinheit trägt:

**Welt der Vögel und
die Spielregeln des Lebens**
↑ **Versteckte Vielfalt** ↑

Diese Ausstellungseinheit trägt zwar im Rahmen dieser Beschreibung den Titel Biodiversität und Vielfalt, doch wird der Diversitätsbegriff erst in dieser AE erklärt, so dass der für viele Besucher zunächst unbekannt Begriff nicht bereits im Eingangsbereich als Titel genannt werden darf.

Dies würde nur zu Verwirrung und Unverständnis führen, zumal die Gesamtausstellung auch für Kinder in Familien, Kindergartenkinder und Schüler der Primarstufe konzipiert ist, für die der Begriff „Artenvielfalt“ eingänglicher, verständlicher und unmittelbarer erscheint.

Wichtig ist bei ihnen eher die (Er-)kenntnis über das zugrundeliegende Prinzip beziehungsweise das Grundverständnis über einen bestimmten Sachverhalt als der lateinische Fachbegriff, der Älteren jedoch durchaus vermittelt werden soll und wird, doch dazu später.

Dioramenbau

Zunächst betritt der Besucher den Themenbereich Landschafts- und Lebensraum Mitteleuropäischer Laubmischwald am Beispiel des Kottenforstes.

Empfangen wird der Besucher mit einer Atmosphäre schaffenden Geräuschkulisse. Während das Wasserplätschern des Baches mithilfe eines kleinen Wasserfalls direkt hinter dem Bachdurchlass in der Wand der Vogelweltenpforte (AE 2) real erzeugt wird, werden typische Geräusche des Waldes, wie Blätterrauschen im Wind und Vogelgezwitscher, über versteckte Lautsprecher verbreitet.

Dabei wird über spezielle Scheinwerfer ein Tagesrhythmus simuliert. Entsprechend der jeweilig inszenierten Tageszeit sind die passenden Vogelgesänge zu hören.

Im Idealfall könnten spezielle Duftgeneratoren oder Duftöle, wie es auch Wimmer (2000) vorschlug, die Luft holzig und nach Boden riechend mit charakteristischem Waldgeruch bereichern.

Die den Besucherweg umgebende Landschaftsgestaltung ist erhöht ausgeführt, so dass durch die damit vergleichsweise vertiefte Augenhöhe der Betrachtung der Fokus auch auf Bodenhöhe befindliche Vögel und Arrangements gelenkt wird und die umgebende Landschaft wesentlich größer wirkt. Darüber hinaus wird die ansonsten „von oben herab“-Sichtweise aufgehoben. Gleichzeitig wirkt

dieser podestartige Dioramenaufbau als Barriere und kann so (hoffentlich) verhindern, dass Besucher den Besucherweg verlassen und unter Umständen Ausstellungsteile beschädigen.

Entlang dieser Landschaft-Weg-Randlinie ist eine Podeststufe errichtet, die es auch kleineren Kindern durch Klettern ermöglicht, das Landschaftsdiorama mit seinen Tieren zu betrachten. Eine etwa 10 cm hohe Glasscheibe rahmt den für Besucher vorbehaltenen Bereich als zusätzliche optische Trennlinie ein.

Generell stellt das mögliche und in Einzelfällen sicher vorkommende Negativ-Verhalten einiger Besucher in der Ausstellung eine besondere Problematik dar. Auf der Seite der Ausstellungsintention sollen die Besucher möglichst nahe an die musealen Objekte und Präsentationen herangeführt werden. Auf der Seite der manchmal sehr seltenen, oftmals sogar unersetzlichen, einzigartigen und wertvollen Objekten steht das Bedürfnis nach Sicherheit und Schutz vor möglichen Beschädigungen.

Beide in Einklang zu bringen ist nicht immer leicht oder sogar gar nicht möglich, so dass Kompromisse unumgänglich sind.

Eine durchgängige Glasscheibe dient zwar beispielsweise dem Objektschutz, nicht nur vor Besucherhänden, sondern auch vor Staub, trennt aber gewissermaßen die menschliche Welt, den Besucher, von der Ausstellungswelt. Manchmal mag eine erzeugte Distanz intendiert sein, so zum Beispiel in der ersten Ausstellungseinheit, in der dieses Mittel zur emotionalen Erzeugung des realen Entfernungsempfindens zwischen Mensch und Natur metaphorisch genutzt wird.

In der AE 3 soll der Besucher jedoch in direkten Kontakt mit seiner Ausstellungsumgebung treten. Hier ist eine Distanz also eigentlich ungewollt, in gewissem Rahmen zum Objektschutz jedoch notwendig.

Daher sollten wegen des Verzichts auf trennende Voll-Glasscheiben keine Präparate in Greifnähe zum Besucher aufgestellt werden, außer ein Anfassen ist explizit erwünscht.

Der grundsätzliche Querprofilaufbau ist auf Abbildung IV.2.AE3b ersichtlich. Der vertiefte Besucherweg (inklusive Kinder-Podest auf beiden Seiten) liegt umgeben von einer durchgängigen bruchfreien Landschaftsgestaltung. Das Landschaftsprofil weist einen grundsätzlich s-förmigen (sigmoiden) Verlauf auf. Dies vergrößert einerseits die zur Verfügung stehende gestalterische Grundfläche, andererseits – und dies ist hier wichtiger – erhöht es beträchtlich die optische Tiefenwirkung. Dies wird durch einen zum Hintergrund zunehmenden Verkleinerungsmaßstab der umgebenden (Modell-)Flora verstärkt. Der s-Form-Querschnitt darf jedoch nicht Radien folgen, sondern ist als Klothoidenkurve auszuführen, d.h. sanfte Ausrundungen zur Geraden hin, die stärkste Krümmung liegt im Zentrum der Kurve.



Abb. IV.2.AE3c Holzbohlenweg. Der natürliche Eindruck wird durch vergilbtes, ausgebleichenes Holz und die unregelmäßig zugeschnittenen Holzbohlen verstärkt.

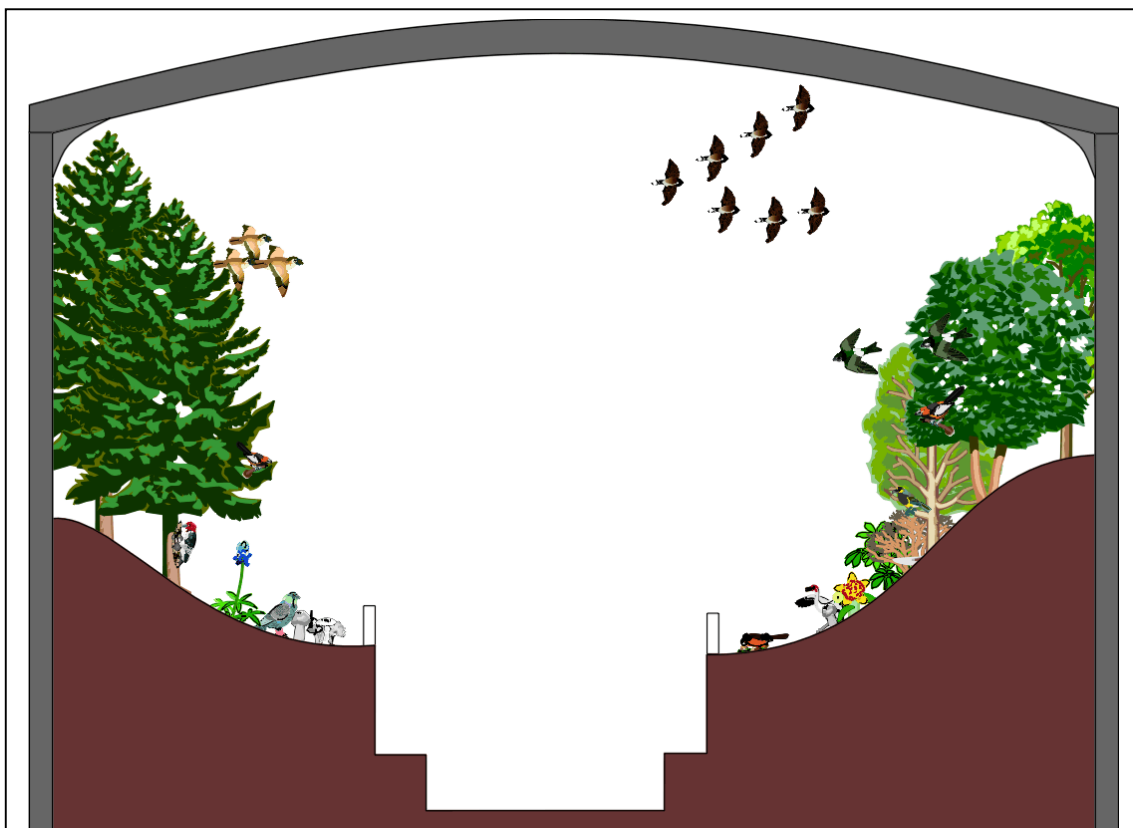


Abb. IV.2.AE3b Querprofil durch die Ausstellungseinheit Laubmischwald Kottenforst.

Der Besucherweg ist entsprechend der natürlich wirkenden Umgebung rein aus Naturmaterialien gefertigt und integriert so auch die Besucher-Trittflächen in die Landschaftsumgebung (eigentliche Ausstellungsfläche). Ein Holzbohlenweg führt die Museumsbesucher durch diese Ausstellungseinheit (siehe Abbildung IV.2.AE3c auf der vorigen Seite).

Die beiden Weg-Bachquerungen (zur Lage in der Ausstellung siehe Abbildung IV.2.AE3a) sind unterschiedlich ausgeführt. Die Querung im Bereich des Auenwaldes ist über eine kleine hölzerne Bogenbrücke mit Geländer ausgeführt, während die im Landwirtschaftsbereich über ein einfaches Betonrohr-Element realisiert ist. In diesem Bereich ist auch der Weg nicht mit Holzbohlen ausgelegt, sondern mit einer dünnen Asphaltdecke bedeckt. So können Prioritätensetzungen und der Stellenwert der landschaftlichen Nutzung im Vergleich zur Natur verdeutlicht werden. Während der Bachlauf im Auenwald unangestastet bleiben kann, und sich der Weg in die Natur harmonisch und geschwungen einpasst, diktieren im Landwirtschaftsbereich menschliche Nutzungsanforderungen die Umgestaltung der natürlichen Landschaftsräume.

So muss in diesem Bereich durch die Gestaltung deutlich werden, dass hier der Mensch Natur nach seinen Anforderungen umgestaltet hat. Geschwungene und natürliche Formen treten in den Hintergrund. Stattdessen dominieren klare Linien und Strukturen, Symmetrien und Kanten. Feldränder sind rechteckig. Drainagerohre (zur Entwässerung der Wiesen und Felder) ragen aus der steilen und kahl wirkenden Böschung. Auch der Bachlauf ist geradlinig und wirkt durch das Fehlen eines naturnahen Uferbewuchs sehr steril (siehe Abbildung IV.2.AE3d). Ein Strommast ragt am Feldrand empor. Im Traggestänge hängt ein durch einen Stromschlag verbrannter, toter Vogel. Eine Texttafel, am Mast befestigt, informiert über die von Stromleitungen ausgehende große Gefahr, aber auch über leicht zu installierende Einrichtungen, die Strom-

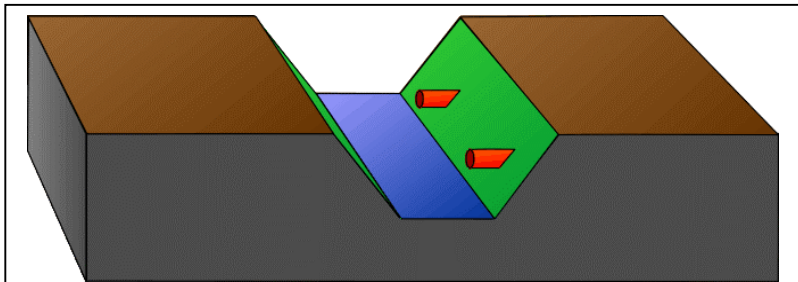


Abb. IV.2.AE3d Querschnitt des begradigten Bachlaufs durch die landwirtschaftliche Fläche. Drainagerohre entwässern die Felder.

überschläge wirkungsvoll verhindern können (siehe Abbildung IV.2.AE3e auf der nächsten Seite).

Eine bogenförmige Zwischendecke direkt unterhalb der eigentlichen Decke imitiert mit einer Himmelsbemalung in hellblau mit weißen Wolken (in Airbrush-Technik) einen strahlenden Sonnentag-Himmel. Dies erzeugt im Museumsbesucher eine positive Grundstimmung, die sich auf die Einstellung zu Vögeln übertragen lässt.

An geeigneten Stellen platzierte Sitzbänke (siehe Abbildung IV.2.AE3a auf der vorigen Seite) laden zum Verweilen und Betrachten ein. So kann eine Konditionierung zwischen Entspannung und natürlich „wirkender“ Umgebung geschaffen werden, was zu einer Wiederholung dieses angenehmen Gefühls in Form eines Naturbesuchs animieren möchte.

UE 1 Lebensraum-Informationen

Nicht an Ständern, sondern an Baumstämmen oder auf großen Steinen angebrachte Texttafeln sollen über die besuchten Lebensräume kurz informieren, um eine kleine Einführung in den Lebensraum der jeweiligen Vogelwelt zu geben. Da die realitätsnahen Dioramen-Aufbauten für sich sprechen und besonders auf der emotionalen Ebene wirken sollen, wird auf lange Textinformationen verzichtet, zumal die Vögel im Zentrum der Betrachtung liegen.

Über den Laubmischwald Kottenforst, wie auch die anderen vorgestellten Lebensräume informieren gut sichtbare Texttafeln (siehe auf den folgenden Seiten die Abbildungen IV.2.AE3f bis i).

GEFAHR !

Lebensgefahr am Strommast!

Viele tausend Vögel, vor allem Großvögel, sterben jedes Jahr durch Stromschlag besonders auf Mittelspannungsmasten (10 bis 30 tausend Volt).

Landwirte beklagen, dass gerade die für sie wichtigen Mäusevertilger, wie Bussard und Turmfalke, vom Stromtod betroffen sind. Durch einfache Abdeckkappen lässt sich ein Stromschlag jedoch leicht verhindern.



Abb. IV.2.AE3e Texttafel am Strommast.

Der Kottenforst

Ein Ausflug ins Grüne

Der Kottenforst kann als typischer Laubmischwald viele Geschichten erzählen. Schließlich ist er schon über 1000 Jahre alt. Im Südwesten und Westen von Bonn gelegen ist das etwa 4000 Hektar (= 40 Quadratkilometer) große Waldgebiet heute ein beliebtes und von etlichen Wegen durchzogenes Ausflugsgebiet. Schon lange wird hier eine naturnahe Waldwirtschaft betrieben und möglichst standortgerechte Laubhölzer angepflanzt, so dass wir bei einem Spaziergang zahlreiche Vogelarten beobachten können.



Abb. IV.2.AE3f Texttafel Kottenforst.

Steinreich in jeder Hinsicht

Wie ein Steinbruch zweimal reich machte

Damals brachten die schweren Basaltsäulen - mit die härtesten und widerstandsfähigsten Steine überhaupt - den Steinbruchbesitzern Reichtum und den Arbeitern einen bescheidenen Wohlstand.

Mehr oder weniger sichtbar bereichert Basalt auch heute noch unser Leben. Was würde uns ohne Basalt nicht so alles fehlen? Kein Ijsselmeer und auch kein Hindenburg-Damm vom Festland nach Syllt! Aber auch der Kölner Dom steht auf einem Basalt-Fundament, und Eisenbahn- und Straßenbau brauchen heute noch Schotter und Splitt aus Basaltsteinen.

War damals der Steinreichtum des Siebengebirges und Westerwaldes so Motor für wirtschaftlichen Aufschwung und Wohlstand der Region, so sind heute viele Basalt-Steinbrüche schon längst stillgelegt und die damaligen Wunden in der Landschaft haben sich zu wahren Naturparadiesen entwickelt. Die ehemaligen Steinbrüche gehören so zu den wertvollsten und artenreichsten Biotopen weit und breit.

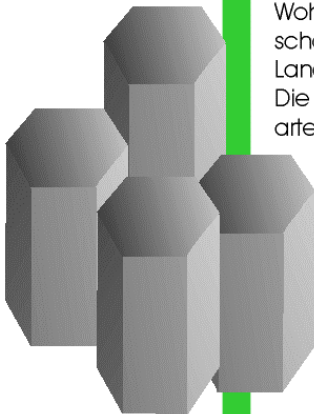


Abb. IV.2.AE3g Texttafel Basalt-Steinbruch.

Grüne Einöde statt bunter Vielfalt

Felder und Wiesen in der Voreifel

Die Voreifel zwischen Bonn und Euskirchen, umrahmt von Ville, Eifel und Kottenforst, ist ein fruchtbares und vom Wetter verwöhntes Ackerbaugebiet.

Felder, Wiesen, Plantagen - Die weiten freien Flächen sind ein typisches Merkmal dieser Landschaft.

Bereits vor längerer Zeit wurden jedoch besonders an Straßen und Wegen Büsche und Bäume, wie die Pappel, gepflanzt.

So ist die Voreifel heute wieder artenreicher als noch vor wenigen Jahrzehnten.

Doch die überdüngten Felder, Plantagen und regelmäßig gemähten Wiesen bieten nur wenigen Vögeln Lebensmöglichkeiten.

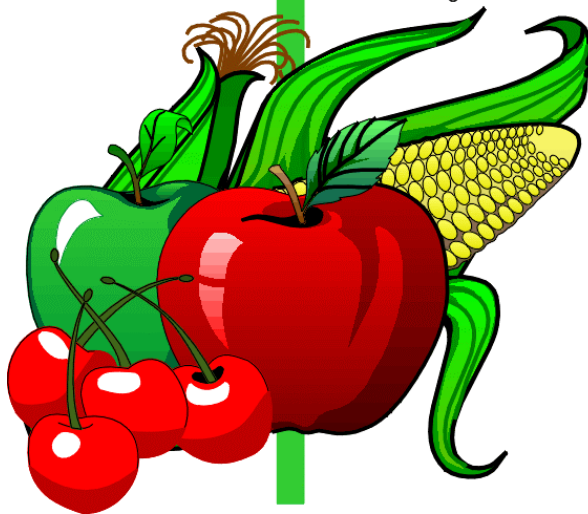


Abb. IV.2.AE3h Texttafel Voreifel-Lebensraum.

Auenwald an Sieg und Rhein

Wald und Wasser - Wertvoll!

Ausgedehnte Pappelwälder, naturnahe Wälder an den Sieg-Altarmen und zahlreiche Kopfweiden - das ist der Auenwald an der Mündung der Sieg in den Rhein. Auch wenn die Siegniederung schon seit Ende der 1970er Jahre unter Naturschutz gestellt wurde, werden viele dort lebende Vögel gestört. Gerade an schönen Tagen spazieren Besucher, die dabei leider nicht gerade leise sind, über die zu vielen Wege. Wer jedoch auf leisen Sohlen geht, kann viele Wasser-, Sing- und Raubvögel entdecken.

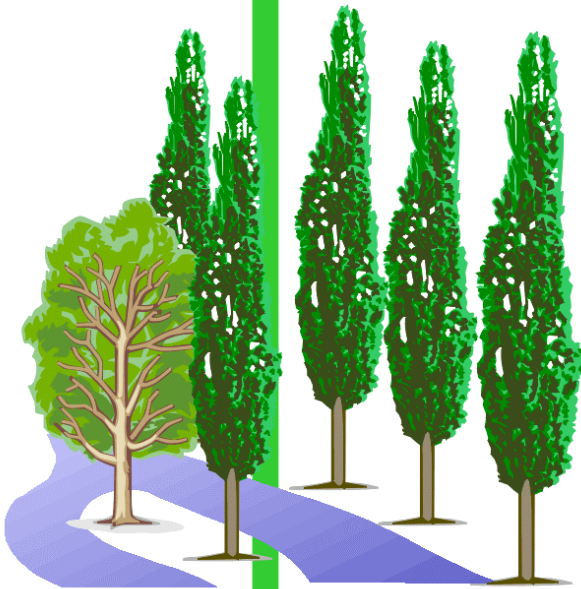


Abb. IV.2.AE3i Texttafel Auenwald Siegmündung.

Um die Ausstellung nicht zu überfrachten wird nicht jede präsentierte Vogelart eingehend erläutert. Vielmehr werden nur bei einigen von ihnen Prinzipien exemplarisch oder besonders interessante Sachverhalte vorgestellt. Daher können je nach Platz, Verfügbarkeit oder Eignung der Präparate einzelne Vogelarten, bei denen nur einzelne Individuen ohne weitere Informationen dargeboten werden, auch entfallen oder zusätzlich aufgestellt werden, ohne dass dies die Ausstellung wesentlich beeinflussen würde.

UE 2 Artenvielfalt in Lebensräumen

Diese Untereinheit umfasst alle im Ausstellungsrahmen vorgesehenen Landschaftsräume. Zwei Grundelemente beinhaltet diese Einheit:

1. Die im jeweiligen Lebensraum adäquat installierten Vogelarten, die die artunterschiedliche Vielfältigkeit widerspiegelt, und
2. an einer zentralen Stelle die Informationseinheit über Unterschiede der Artenvielfalt in den verschiedenen Landschaften und ihre Gründe hierfür, sowie den wichtigen Begriff der Biodiversität.

Im Folgenden sind Artenlisten für jeden Landschaftstypus im speziellen Beispiel gegeben. Die Vogelarten sollen, so nicht in anderen Untereinheiten explizit angeführt, im Wesentlichen durch ihren Habitus sprechen und außer durch die Angabe von Artnamen und Geschlecht nicht weiter erläutert werden. Eine sinnvolle und wünschenswerte Alternative zu Artnamen-Schildern ist der in der Savanne-Teilausstellung realisierte Bestimmungsschlüssel, der als gedrucktes Heftchen jedem Museumsbesucher zur Hand gereicht wird.

Bei einigen Arten sind ergänzende Hinweise gegeben. Diese Listen (in alphabetischer Reihenfolge) erheben zwar nicht den endgültigen Anspruch auf Vollständigkeit, nennen aber doch eine Vielzahl der dort im konkreten Lebensraum heimischen Vogelarten.

Grundlage der Artenlisten sind eigene Untersuchungen vor Ort, Informationen vom ANUAL e. V. (Arbeitskreis für Natur- und Umweltschutz Asbacher Land, Asbach (Ww)

und das 2002 im Ginster-Verlag, St. Katharinen, erschienene Buch „Die Vögel zwischen Sieg, Ahr und Erft“ von G. Rheinwald und S. Kneitz.

Kottenforst-Artenliste

Neben üblichen Waldarten lassen sich besonders (im Kottenforst) folgende Arten beobachten und sind somit geeigneter Bestandteil dieser Ausstellungsuntereinheit:

- **Baumfalke** (*Falco subbuteo*)
- **Buchfink** (*Fringilla coelebs*)
- **Buntspecht** (*Dendrocopos major*)
- **Eichelhäher** (*Garrulus glandarius*)
- **Erlenzeisig** (*Carduelis spinus*), wobei ich das Vorkommen im Kottenforst bisher nicht eindeutig nachweisen konnte
- **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*)
- **Gartenbaumläufer** (*Certhia brachydactyla*)
- **Gartengrasmücke** (*Sylvia borin*)
- **Grauschnäpper** (*Muscicapa striata*)
- **Habicht** (*Accipiter gentilis*)
- **Kernbeißer** (*Coccothraustes coccothraustes*)
- **Kleinspecht** (*Dendrocopos minor*)
- **Mäusebussard** (*Buteo buteo*)
- **Mittelspecht** (*Dendrocopos medius*)
- **Mönchsgrasmücke** (*Sylvia atricapilla*)
- **Rolmilan** (*Milvus milvus*)
- **Schwarzspecht** (*Dendrocopos martius*)
- **Schwarzstorch** (*Ciconia nigra*)
- **Sperber** (*Accipiter nisus*)
- **Truthuhn** (*Meleagris gallopavo*)
- **Uhu** (*Bubo bubo*)
- **Waldbaumläufer** (*Certhia familiaris*), im Kottenforst nur vereinzelt
- **Waldkauz** (*Strix aluco*)
- **Waldlaubsänger** (*Caprimulgus batesi*)
- **Waldohreule** (*Asio otus*)
- **Waldschnepfe** (*Scolopax rusticola*)
- **Wespenbussard** (*Pernis apivorus*)
- **Zilpzalp** (*Phylloscopus collybita*)

Basalt-Steinbruch-Artenliste

Die Basalt-Steinbrüche des geologischen Bereichs „Siebengebirge“ (zu unterscheiden vom Landschaftspark Siebengebirge) sind alle künstlich durch Menschenhand entstanden.

Dennoch sind nach den Rückbau- und Renaturierungsmaßnahmen wertvolle Biotope entstanden, die sich durch eine besondere Merkmalsvielfalt auszeichnen.

So sind auf engstem Raum teilweise große Wasserflächen, Felswände, Steinschutthalden, Wald- und Wiesenflächen unmittelbar benachbart. Diese Biotopvielfalt führt zu einer reichen Avifauna, die sich in der Artenliste widerspiegelt. Besonders auch gefährdete und geschützte Vogelarten finden in den ehemaligen Steingewinnungsstätten Lebensraum, da neben der erwähnten Merkmalsvielfalt gerade auch die in weiten Teilen durch die Geländetopographie bedingte Unzugänglichkeit für Menschen positive Auswirkungen zeigt.

Typisch für größere wassergefüllte Steinbrüche ist die Besiedlung durch Wasservogelarten, wie zahlreichen Enten (Anatidae) und Tauchern (Podicipedidae). Gewässer mit Röhrichtzone sind ideale Brutplätze für Zwergtaucher, Haubentaucher, Stockente, Blässhuhn und Teichhuhn, Pflanzenhalme des Röhrichtes dienen dem Teichrohrsänger als Nistplatz und vegetationsarme Uferbereiche sind Brutplätze des Flussregenpfeifers. Im Siebengebirge sind allein sechs Spechtarten, davon 4 auf der Roten Liste, heimisch. Im Grünland kann die Schafstelze beobachtet werden.

Die Artenlisten „Basalt-Steinbruch“ basieren zusätzlich im Wesentlichen auf der im Rahmen der Neubaustrecke Köln-Rhein/Main (Deutsche Bundesbahn/Deutsche Bahn AG) durchgeführten Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) aus dem Jahr 1991.

Besonders erwähnenswert sind folgende Vorkommen seltener Arten:

Seltene Arten im Bereich ehemaliger Basalt-Steinbruch Großer Ölberg, Stadt Königswinter

- **Baumfalke** (*Falco subbuteo*)
- **Grünspecht** (*Picus viridis*)
- **Mittelspecht** (*Dendrocopos medius*)
- **Schwarzspecht** (*Dendrocopos martius*)

Seltene Arten im Bereich ehemaliger Basalt-Steinbruch Dachsberg, Stadt Bad Honnef

- **Gebirgsstelze** (*Motacilla cinerea*)
- **Grünspecht** (*Picus viridis*)
- **Habicht** (*Accipiter gentilis*)

- **Hohltaube** (*Columba oenas*)
- **Pirol** (*Oriolus oriolus*)
- **Rolmilan** (*Milvus milvus*)
- **Schwarzspecht** (*Dendrocopos martius*)
- **Waldschnepfe** (*Scolopax rusticola*)

Avifauna im Bereich des Landschaftsparks Siebengebirge

- **Aaskrähe** (*Corvus corone*)
- **Amsel** (*Turdus merula*) (*Idee: Beim Bad in einer Pfütze zeigen.*)
- **Baumfalke** (*Falco subbuteo*)
- **Baumpieper** (*Anthus trivialis*)
- **Blaumeise** (*Parus caeruleus*)
- **Buchfink** (*Fringilla coelebs*)
- **Buntspecht** (*Dendrocopos major*)
- **Eichelhäher** (*Garrulus glandarius*)
- **Eisvogel** (*Alcedo atthis*)
- **Fichtenkreuzschnabel** (*Loxia curvirostra*)
- **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*)
- **Gartenbaumläufer** (*Certhia brachydactyla*)
- **Gebirgsstelze** (*Motacilla cinerea*)
- **Grauschnäpper** (*Muscicapa striata*)
- **Grauspecht** (*Picus canus*)
- **Grünspecht** (*Picus viridis*)
- **Habicht** (*Accipiter gentilis*)
- **Haubenmeise** (*Parus cristatus*)
- **Heckenbraunelle** (*Prunella modularis*)
- **Hohltaube** (*Columba oenas*) (Höhlenbrüter als Folgenutzer!)
- **Kleiber** (*Sitta europaea*)
- **Kleinspecht** (*Dendrocopos minor*)
- **Kohlmeise** (*Parus major*)
- **Mäusebussard** (*Buteo buteo*)
- **Mittelspecht** (*Dendrocopos medius*)
- **Mönchsgrasmücke** (*Sylvia atricapilla*)
- **Ringeltaube** (*Columba palumbus*)
- **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*)
- **Rolmilan** (*Milvus milvus*)
- **Schwarzmilan** (*Milvus migrans*)
- **Schwarzspecht** (*Dendrocopos martius*)
- **Singdrossel** (*Turdus philomelos*)
- **Sommergoldhähnchen** (*Regulus ignicapillus*)
- **Sperber** (*Accipiter nisus*)
- **Sumpfmeise** (*Parus palustris*)

- **Tannenmeise** (*Parus ater*)
- **Trauerschnäpper** (*Ficedula hypoleuca*)
- **Waldbaumläufer** (*Certhia familiaris*), im Siebengebirge nur vereinzelt, in angrenzenden Regionen (Westerwald und Bergisches Land) jedoch regelmäßig bis häufig
- **Waldkauz** (*Strix aluco*)
- **Waldlaubsänger** (*Caprimulgus batesi*)
- **Waldohreule** (*Asio otus*)
- **Waldschnepfe** (*Scolopax rusticola*)
- **Wasseramsel** (*Cinclus cinclus*)
- **Weidenmeise** (*Parus montanus*)
- **Wespenbussard** (*Pernis apivorus*)
- **Wintergoldhähnchen** (*Regulus regulus*)
- **Zaunkönig** (*Troglodytes troglodytes*)
- **Zilpzalp** (*Phylloscopus collybita*)

Avifauna des Ägidienberger Waldes (Bereich ehemaliger Basalt-Steinbruch Dachsberg, Stadt Bad Honnef), nur zusätzliche Arten, die im Landschaftspark Siebengebirge nicht vermerkt sind

- **Elster** (*Pica pica*)
- **Gartengrasmücke** (*Sylvia borin*)
- **Kuckuck** (*Cuculus canorus*)
- **Pirol** (*Oriolus oriolus*)

Artenliste des Auenwalds Siegmündung

- **Beutelmeise** (*Remiz pendulinus*) als Brutvogel
- **Eisvogel** (*Alcedo atthis*)
- **Fischadler** (*Pandion haliaetus*) auf Durchzug
- **Gänsesäger** (*Mergus merganser*) überwintert und auf Durchzug
- **Gelbspötter** (*Hippolais icterina*) als Brutvogel
- **Graureiher** (*Ardea cinerea*)
- **Grauschnäpper** (*Muscicapa striata*) als Brutvogel
- **Haubentaucher** (*Podiceps cristatus*) überwintert
- **Heringsmöwe** (*Larus fuscus*) auf Durchzug
- **Höckerschwan** (*Cygnus olor*) überwintert
- **Kormoran** (*Phalacrocorax carbo*) als Brutvogel und überwintert
- **Krickente** (*Anas crecca*)

- **Lachmöwe** (*Larus ridibundus*) überwintert
- **Mauersegler** (*Apus apus*) auf Durchzug
- **Nachtigall** (*Luscinia megarhynchos*) als Brutvogel
- **Pirol** (*Oriolus oriolus*) als Brutvogel
- **Reiherente** (*Aythya fuligula*) überwintert
- **Schellente** (*Bucephala clangula*) auf Durchzug
- **Schwarzmilan** (*Milvus migrans*) als Brutvogel
- **Steinkauz** (*Athene noctua*) als Brutvogel heute selten
- **Stockente** (*Anas platyrhynchos*) als Brutvogel
- **Sturmmöwe** (*Larus canus*) seit 1990 auf der Insel im Stockemer See
- **Sumpfrohrsänger** (*Acrocephalus palustris*) als Brutvogel
- **Tafelente** (*Aythya ferina*) überwintert
- **Wacholderdrossel** (*Turdus pilaris*) als Brutvogel
- **Waldohreule** (*Asio otus*) als Brutvogel
- **Weidenmeise** (*Parus montanus*)
- **Wespenbussard** (*Pernis apivorus*) auf Durchzug
- **Zwergtaucher** (*Tachybaptus ruficollis*) überwintert
- Ganzjährig viele weitere Wasservögel

Artenliste der Felder u. Wiesen der Voreifel

- **Feldlerche** (*Alauda arvensis*) hier überwintert
- **Gartengrasmücke** (*Sylvia borin*) im Gebüsch brütend
- **Gelbspötter** (*Hippolais icterina*) im Gebüsch brütend
- **Goldregenpfeifer** (*Pluvialis apricaria*) in Schwärmen mit anderen Arten, wie Kiebitzen und Staren, vergesellschaftet
- **Grauammer** (*Miliaria calandra*) selten
- **Großer Brachvogel** (*Numenius arquata*)
- **Kampfläufer** (*Philomachus pugnax*)
- **Kiebitz** (*Vanellus vanellus*) im Frühling und Herbst in Schwärmen
- **Kiebitzregenpfeifer** (*Pluvialis squatarola*)
- **Kornweihe** (*Circus cyaneus*) auf Durchzug

- **Mornellenregenpfeifer** (*Eudromias morinellus*) selten
- **Rauhfußbussard** (*Buteo lagopus*) überwintert
- **Rebhuhn** (*Perdix perdix*) heute wieder häufiger
- **Rohrweihe** (*Circus aeruginosus*) auf Durchzug und als Brutvogel heute wieder mit einigen Brutpaaren
- **Sumpfohreule** (*Asio flammeus*) sehr seltener Durchzügler von Okt bis Apr., da starke Bestandsrückgänge durch Verlust von Lebensraum
- **Star** (*Sturnus vulgaris*) im Frühling und Herbst in Schwärmen
- **Wiesenpieper** (*Anthus pratensis*) überwintert
- **Wiesenweihe** (*Circus pygargus*) auf Durchzug

Biodiversität

Im Bereich des landwirtschaftlichen Voreifel-Dioramas ist eine halbkreisförmige Informationseinheit aufgebaut (siehe Abbildung IV.2.AE3i), die über den Begriff der Biodiversität und den Einfluss des Menschen auf einen Lebensraum am Beispiel der Landwirtschaft informiert.

Hauptbestandteil dieser Installation sind drei Landschaftsdioramen im Maßstab 1:43,5, die die historische Entwicklung derselben Landwirtschaftsfläche aufzeigen. Diese stehen sich halbkreisförmig (, in Abbildung IV.2.AE3i durch grüne Farbflächen gekennzeichnet,) gegenüber und erlauben dem Besucher so

einen unmittelbaren Vergleich. Die halbkreisförmige Anordnung erleichtert dabei diesen Vergleich, da der Besucher im Kreismittelpunkt (Zentrum) steht und sich allein durch Drehen jedem der drei Dioramen widmen kann.

Der Größenmaßstab ist mit 1:43,5 bewusst gewählt. Einerseits erlaubt er überzeugend die Nachgestaltung einer Landschaftsfläche auf relativ geringem Raum, ohne dabei jedoch durch einen zu hohen Verkleinerungsmaßstab an möglichem Detailreichtum zu mangeln, andererseits entspricht dieser Größenmaßstab der Modelleisenbahngröße O, was es ermöglicht, von der Modelleisenbahnindustrie lieferbare Zubehörartikel, wie Traktoren und weitere landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge, Menschen und ebenfalls erhältliche Tiere für die Gestaltung zu nutzen. Darüber hinaus können die überaus realistisch wirkenden Begrünungsartikel der Firmen Woodland Scenics aus den USA, in Deutschland über Fa. Noch vertrieben, oder auch von Fa. Heki Verwendung finden.

Eine Glasscheibe schützt die Modelle vor Beschädigung und Staub.

Zwei Texttafeln sind zwischen den drei Darstellungen angebracht (siehe Abbildung IV.2.AE3i) und informieren über den Artenrückgang (links) (siehe Abbildung IV.2.AE3j auf der folgenden Seite) und über den Begriff der Biodiversität (rechts) (siehe Abbildung IV.2.AE3k auf der übernächsten Seite).

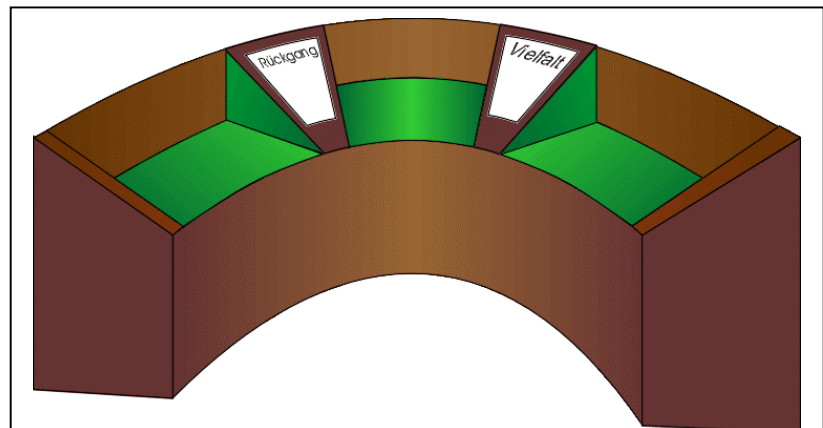
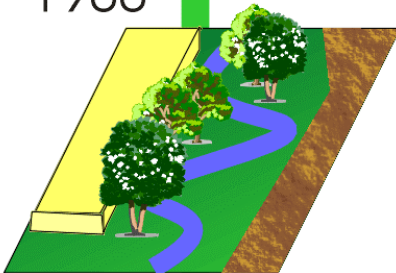


Abb. IV.2.AE3i Informationseinheit Biodiversität und Artenrückgang durch Lebensraumwandel.

Wo der Mensch kommt, müssen Tiere gehen!

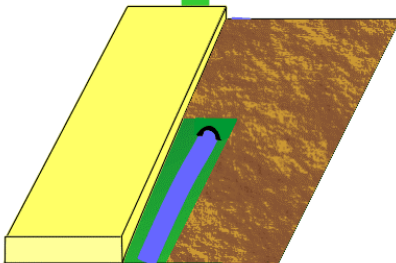
Fortschritt?

1900



Der Fortschritt hat auch in der Landwirtschaft viel verändert. Obstbäume und Hecken wurden gerodet, Bäche in Kanäle oder Rohre gezwängt und so immer größere Ackerflächen geschaffen. Maschinen haben Pferde und Ochsen ersetzt. Dünger lässt Getreide und Mais wachsen, Gift dagegen tötet alles andere. Aus dem naturnahen Lebensraum für so viele Tiere ist so eine Industriefläche geworden, die nur noch wenigen Arten Platz zum Leben lässt. Zaunkönig, Buchfink, Rotkehlchen, Turmfalke, Teichhuhn und etliche andere Vogelarten können hier nicht mehr überleben.

2000



Geht 's nicht auch anders?

Doch die Fehler der Vergangenheit können rückgängig gemacht werden, indem Bäche renaturiert und Hecken wieder angepflanzt werden. Das nützt nicht nur der Natur! Hecken und Bäume bremsen den Wind und schaffen ein günstigeres Kleinklima auf den Feldern. Auch bieten sie Vögeln Platz, die Acker-Schädlinge, wie Insekten, Mäuse oder Ratten, fressen. Der Landwirt kann so Geld fürs Gift sparen, und wir ersparen uns Gift in Lebensmitteln!

Abb. IV.2.AE3j Texttafel Lebensraum im Wandel der Zeit (1900 und 2000).

Wo man hinschaut: Vielfalt!

Mal mehr, mal weniger

Nicht überall gibt es so viele Tier- und Pflanzenarten wie bei uns. Je nach Lebensraum können es ganz wenige sein oder aber auch sehr viele. So gibt es Gebiete, in denen von Natur aus nur wenige Tiere und Pflanzen überleben können. Solche extremen Lebensräume sind beispielsweise die Antarktis im ewigen Eis oder die trockene Sahara.

Daneben gibt es Regionen, in denen so viele Arten vorkommen, dass sie auch heute erst zu einem Bruchteil entdeckt und beschrieben worden sind. Gerade in den Tropen existieren zahlreiche Arten. Hier ist die Artenvielfalt, die Wissenschaftler als Biodiversität bezeichnen, besonders hoch. Diese Zentren hoher Artenzahlen werden Hotspots genannt.

Die Karte zeigt, wo wie viele Arten vorkommen. Biodiversität ist aber nicht nur die Vielfalt der Arten, sondern auch genetische Vielfalt und Vielfalt der Ökosysteme. Sie ist so der Begriff für die Vielfalt allen Lebens auf der Erde.

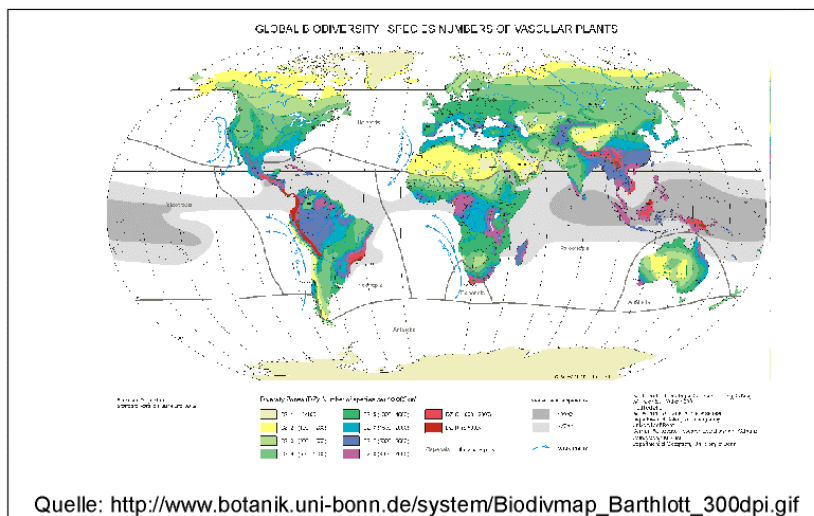


Abb. IV.2.AE3k Informationseinheit Biodiversität.



Abb. IV.2.AE31 Informationseinheit Buntspecht (*Dendrocops major*), Männchen. [aus Svensson, Grant, Mullarney, Zetterström (1999)]

UE 3 Facetten eines Lebens

Zahlreiche der naturkundlichen Ausstellungen realisieren im Wesentlichen eine Präsentation, die sich entweder an der Systematik (Klassifikation) oder an typischen mit besonders prägnanten Beispielen erläuterten Merkmalen, wie Fortbewegungsweise, Ernährungstyp oder Fortpflanzungsverhalten, orientiert.

Allzu oft bleibt dabei unberücksichtigt, dass jede einzelne Art eine (praktisch nicht zählbare) Vielzahl von Faktoren, Verhaltensweisen und Merkmalen in sich verknüpft und nicht nur Stellvertreter in einer (von Menschen aufgestellten) Systematik ist oder auf ein besonders herausgestelltes Merkmal reduziert werden kann.

Eine systematische Einordnung wie auch die mit Beispielen verdeutlichte Merkmalsvielfalt sind sehr wichtige Inhalte einer gelungenen Umweltausstellung. Dennoch darf auch der hier angesprochene Ganzheitsanspruch jeder einzelnen Art nicht unberücksichtigt bleiben, gerade in einer der Umweltbildung verschriebenen musealen Präsentation.

Am Beispiel des Buntspechts (*Dendrocops major*) (siehe Abbildung IV.2.AE31), sollen

daher exemplarisch mehrere Merkmale einer Art zusammen als eine Einheit im Umfeld des natürlichen Lebensraums vermittelt werden. Die Erkenntnis, dass all diese und noch weitere Merkmale im Zusammenspiel erst das Wesen einer Art beschreiben können, sollen den Ausstellungsbesucher zu der Einsicht hinführen, dass jede Art eine nicht zu unterschätzende Wertigkeit und Vielseitigkeit hat.

Darüber hinaus wird durch die Form dieser Ausstellungsuntereinheit die nächstfolgende Ausstellungseinheit AE 4 Ökologische Nischen vorbereitet.

Im Folgenden sind die beim Buntspecht beispielhaft herausgegriffenen Merkmale vorgestellt und erläutert:

1. Ernährung von Baumsamen

Buntspechte ernähren sich unter anderem von Samen unterschiedlicher Baumarten. Nüsse und Nadelbaumzapfen stecken sie, um an den nahrhaften Inhalt zu gelangen, in Rindennischen oder Astgabeln von zumeist Laubbäumen. Oftmals werden solche Astgabeln oder Rindenvertiefungen sogar mit dem Schnabel bearbeitet, um für ihre Aufgabe als Halterung geeignet zu sein. Da solche Plätze, die sogenannten Spechtschmieden, regelmäßig über längere Zeiträume genutzt werden, türmen sich dort auf dem Waldboden Nusschalen und Zapfen zu regelrechten Häufchen.

2. Ernährung von Pflanzensaft

Wenn im Frühjahr der Saftfluss von Laubbäumen einsetzt, konnten schon öfters Buntspechte dabei beobachtet werden, wie sie auf konstanter Höhe in der Umfangslinie des Baumstammes von Birken, Linden, Traubeneichen oder Hainbuchen klettern und etwa 5mm große Löcher in die Rinde schlagen. In solchen Löchern sammelt sich Pflanzensaft, den die Buntspechte trinken. Diese Trinkstellen werden jedes Jahr aufs Neue genutzt, wobei die Löcher des letzten Jahres zunächst wieder geöffnet werden ehe neue angelegt werden. 20 bis 70 so bearbeitete Laubbäume können in einzelnen Revieren stehen (vergleiche Rheinwald, Kneitz (2002)).

3. Geschlechtsdimorphismus

Auf unterschiedliche Gefiederfärbungen von Weibchen und Männchen einer Art wird zwar in der Ausstellungseinheit 8 „Federn und Gefieder“ detaillierter eingegangen, dort jedoch in isolierter Form unabhängig von den übrigen Facetten des Lebens des Buntspechts.

Der Geschlechtsdimorphismus zeigt sich beim Männchen im roten Fleck an Hinterscheitel und Nacken (siehe Abbildung IV.2.AE31), wo beim Weibchen eine schwarze Fläche ist.

4. Anpassung an das Klettern am Baumstamm

Spechte können selbst an senkrechten Baumstämmen hervorragend klettern, was sie dem Zusammenspiel einiger Merkmale zu verdanken haben:

- Jeweils zwei Zehen sind nach vorne und nach hinten gerichtet. Die meisten Vögel haben stattdessen drei Zehen nach vorne und nur eine nach hinten gerichtet. Auch bei anderen Vogelarten und -ordnungen, wie den Papageien, gibt es eine solche Anpassung an das Klettern.
- Stark gebogene Krallen sichern einen guten Halt.
- Die Beine sind kurz, so dass sich der Körper und damit der physikalische Hebelschwerpunkt dicht am Stamm befindet.
- Der keilförmige Schwanz wird gegen den Stamm gepresst und stellt so eine zusätzliche Stütze dar.

5. Anatomische Anpassung an das Hämmern mit dem Schnabel

Das weithin hörbare Hämmern von Spechten gegen Baumstämme und andere Gegenstände dient entweder der Kommunikation bei der Balz oder dem Nahrungserwerb. Hierbei werden selbst harte Nüsse oder Zapfen allein mit dem Schnabel als Hämmerwerkzeug geöffnet oder Rindenstücke von Bäumen abgemeißelt, um an nahrhafte Insekten, Larven und Puppen zu gelangen. Mit seiner bis zu vier Zentimeter langen Zunge erreicht er selbst verborgen liegende kleine Tiere, die an seinem Speichel und der Zunge kleben bleiben.

Erst die an sein Verhalten angepasste Anatomie seines Körpers ermöglicht ihm das manchmal stundenlange ununterbrochene Hämmern.

Anders als bei anderen Vögeln liegen auf einer gedachten geraden Achse vom Schnabelansatz durch den gesamten Schädel nur Knochen, wobei der hintere Bereich des Schädels zudem etwas verdickt ist. Schädel und Schnabel bilden so eine mechanische Einheit. Das bei Spechten flüssigkeitslose Gehirn befindet sich oberhalb dieser Achse, so dass es den Stößen nicht unmittelbar ausgesetzt ist. Das Tauben-Gehirn beispielsweise ist dagegen direkt auf dieser Achse angeordnet.

Diese am Gehirn vorbeigelenkte Stoßeinwirkung wird des Weiteren durch ein der Schlagrichtung entgegen gerichtetes Muskelsystem gemindert, das in Funktion eines Stoßdämpfers eine effektive Federung bewirkt.

Ein Knick am Schnabel bewirkt, dass beim Hämmern keine Schlagkräfte, sondern stattdessen Zugkräfte entstehen. Ein übermäßiges Biegen, das zu einer Beschädigung des Schnabels führen könnte, wird dank eines Vorsprungs verhindert.

Das sehr schnelle Hämmern wird schließlich über zwei alternierend kontrahierende und entspannende Muskelbündel im oberen Teil der Wirbelsäule erreicht.

Gestaltung und Methodik

Ein Buntspecht-Männchen und ein -Weibchen werden in relativer Nähe zueinander angeordnet.

Das Männchen wird so auf einem Ast aufgestellt, dass der Schnabel an eine Haselnuss anstößt, die in einer vom Specht bearbeiteten Astgabel festgeklemmt. In natura würde der Buntspecht diese Nuss aufhämmern, um an den nahrhaften Inhalt zu gelangen. Diesen Eindruck sollte auch das Präparat im Arrangement wiedergeben. Der Dioramenaufbau orientiert sich daher an der im Abschnitt zum Vermittlungsinhalt genannten Schilderung. Dazu gehört beispielsweise auch das auf dem Boden unterhalb der Astgabel platzierte Häufchen aus Zapfen- und Nusschalenresten.

Die Astgabel befindet sich in unmittelbarer Nähe eines am Besucherweg aufgestellten Baumstammes. In den Stamm ist eine Klappe integriert. Die Baumrinde fügt sich dabei auch im Bereich der Klappe harmonisch zu einer Struktur, nur ein rechteckiger ebener Ausschnitt ist ausgefräst, der auf der Holzmaserung in naturfarbenem Braunton die Aufschrift „Nussknacker!“ trägt.

Die Scharniere sind oben angeordnet, so dass die Klappe mit der als Griff angebrachten Holzku­gel nach oben hin geöffnet werden kann und bei Loslassen stets wieder vollständig zufällt (siehe Abbildung IV.2.AE3m auf der folgenden Seite).

Hinter dieser Klappe befindet sich eine Texttafel (siehe auf der nächsten Seite Abbildung IV.2.AE3o).

Das Buntspecht-Weibchen wird an einem Baumstamm in unmittelbarer Nähe zum Männchen angebracht.



Abb. IV.2.AE3m In einen Baumstamm, hier ein Kastanienstamm, integrierte Klappe „Nussknacker!“, nach oben zu öffnen. Eine Holzku­gel, von hinten verschraubt und aus dem gleichen Holz wie der Baumstamm, dient als Griff.



Abb. IV.2.AE3n Übergroßes Modell einer Kopfschmerzmittel-Verpackung in Ausführung als Schrank mit nach oben zu öffnender Klapptür mit Griff. Das Modell ist unmittelbar unterhalb des am Baumstamm kletternden Buntspechts angebracht.

In Höhe des Schnabels werden die typischen Löcher der Baumsafttrinkstellen ringförmig auf konstanter Höhe angebracht. Mit leicht honiggelb angefärbtem Epoxid-Zweikomponentengeießharz, zu beziehen beispielsweise von Fa. Faller (Bestellnummer 180508), wird der aus einigen Löchern herausgetropfte Baumsaft nachgebildet.

Unmittelbar unter dem kletternden Buntspecht wird eine übergroße Kopfschmerzmittel-Tablettenschachtel (oder ein Medizinschrank) angebracht, die scheinbar an einem in den Baum gehauenen (rostigen) Nagel leicht schief hängt. Sie trägt groß die Aufschrift „Kopfschmerzen?“ (siehe Abbildung IV.2.AE3n).

Eine Darstellung als Tablettenschachtel der bekannten Hersteller von Aspirin (Bayer AG), Paracetamol (STADapharm GmbH) oder Thomapyrin (Boehringer Ingelheim Pharma KG) wäre gegen Sponsoring möglich und würde gleichzeitig den Wiedererkennungseffekt deutlich erhöhen.

Harte Schale, weicher Kern

Buntspechte ernähren sich unter anderem von Nüssen. Doch die wollen erst einmal geknackt sein.

Nüsse, Tannen-, Fichten- und Lärchenzapfen - Sie alle sind nicht vor dem kräftigen Schnabel des Buntspechts (*Dendrocops major*) sicher, wenn er an die leckeren und nahrhaften Samen kommen möchte. Doch er zerquetscht sie nicht wie mit einer Nussknacker-Zange, sondern meißelt sie stattdessen regelrecht in Stücke. Damit die Nüsse oder Zapfen bei seinen Meißel- und Hämmerattacken nicht verrutschen können, klemmt er sie fest in Astgabeln, Rindenspalten oder Felshöhlen ein. Oft hämmert er sich solche Astgabeln sogar noch zurecht.

Abb. IV.2.AE30 Texttafel zum meißelnden Buntspecht.

Das Modell wird aus stabilem Material (Holz, Plastik oder Metall) hergestellt und verfügt wie ein Klappschrank über einen nach oben zu öffnenden Klappmechanismus mit Griff.

Hinter der Klappe verbirgt sich – hinter einer Glasscheibe geschützt – ein deutlich vergrößertes Modell eines Schädels inklusive „Stoßdämpfer“-Muskelsystem und Schnabel sowie ein kurzer erläuternder Text (siehe Abbildung IV.2.AE3q auf der folgenden Seite). Die Stoßeinwirkungsrichtung beim Hämmern mit dem Schnabel ist im Modell farbig markiert.

Damit Besucher die „Tablettenschachtel“ öffnen können, muss sie sich in erreichbarer Nähe des Ausstellungsweges befinden. Das zugehörige Buntspecht-Weibchen jedoch muss sich in sicherer Entfernung vor eventuellen „Zugriffen“ befinden.

Weitere Informationen zum Buntspecht liefert ein Computersystem, das über einen berührungsempfindlichen Monitor (Touch-Screen) steuerbar ist. Es liefert Texte (möglichst wenig), Audio-Kommentare und Videos zum Buntspecht.

Dazu gehören Medienelemente,

- die das Klettern des Buntspechts am Baumstamm zeigen und die Anpassungen zum Klettern erläutern,
- die erklären, dass Spechte entweder zur Kommunikation bei der Balz oder beim Nahrungserwerb gegen Baumstämme und andere Gegenstände hämmern,
- die das Aufmeißeln von Zapfen und Nüssen erläutern,
- die einen Buntspecht beim Abhämmern von Rindenstücken auf der Suche nach Insekten zeigen. Anschließend erreicht er mit seiner bis zu vier Zentimeter langen Zunge selbst verborgen in tief liegenden Gängen befindliche kleine Insektenlarven, die an seinem Speichel und der mit Widerhaken ausgestatteten Zunge kleben bleiben.
- die auf den Geschlechtsdimorphismus,
- das Verbreitungsgebiet und
- auf das Nahrungsspektrum eingehen.

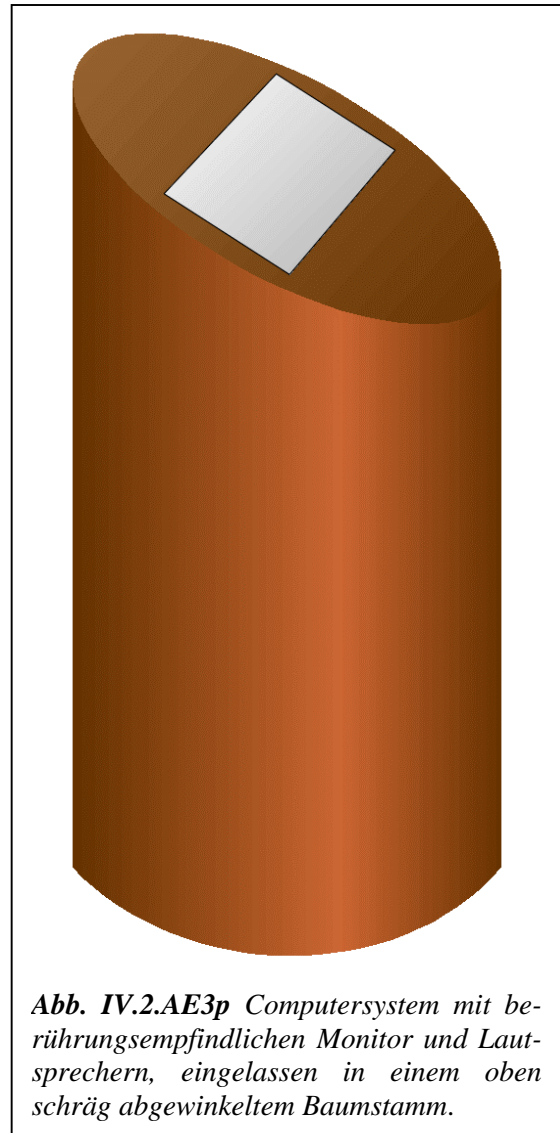


Abb. IV.2.AE3p Computersystem mit berührungsempfindlichen Monitor und Lautsprechern, eingelassen in einem oben schräg abgewinkeltem Baumstamm.

Den ganzen Tag hämmern? Wer bekommt da keine Kopfschmerzen?!

Doch von Kopfschmerzen beim Buntspecht keine Spur und das liegt nicht an Schmerztabletten, sondern an der phantastischen Anpassung des Schädels an das Hämmern und Meißeln!

In der geraden Achse vom Schnabel befindet sich bei Vögeln normalerweise unter den Schädelknochen das in Flüssigkeit schwimmende Gehirn.

Nicht so bei Buntspechten (*Dendrocops major*)!

Bei ihnen liegen in dieser Linie nur Knochen, der hintere Bereich des Schädels ist sogar etwas verdickt. Das Gehirn liegt oberhalb der Achse des Schnabels, so dass es den Stößen nicht unmittelbar ausgesetzt ist, und schwimmt nicht frei in Flüssigkeit.

Ein wie ein Stoßdämpfer funktionierendes Muskelsystem federt die Stöße beim Hämmern zusätzlich ab.

Das Gehirn wird so vor schädigenden Stößen wirkungsvoll geschützt.

Abb. IV.2.AE3q Texttafel hinter der Schmerztabletten-Klappe.

UE 4 Baumtunnel

Im Bereich der Landschaftsdarstellung Wald oder Basaltsteinbruch führt der Besucherweg unmittelbar in Form eines Tunnels mitten durch einen Baumstamm hindurch (siehe Abbildung IV.2.AE3r).

Im Baumtunnel ist auf der linken Seite in normaler Augenhöhe (ca. 1,70 m) eine nach oben hin zu öffnende Holzklappe mit einem deutlich als solchen erkennbaren Griff. Hinter dieser befindet sich durch eine Glasscheibe geschützt eine Baumhöhle, die von brütenden **Kohlmeisen** (*Parus major*) besetzt ist. Dabei sind bereits drei Küken geschlüpft und noch weitere vier Eier des Geleges unbeschädigt und werden bebrütet.

Eine kleine Texttafel links der Holzklappe informiert über das hier Gezeigte (siehe Textkasten Nachmieter).

Nachmieter der Specht-Familie

Familie Specht ist schon lange ausgezogen und so bietet sich die verlassene Baumhöhle für eine Kohlmeisen-Familie wie geschaffen an.

Das Nest polstern Kohlmeisen (*Parus major*) mit Grashalmen, Moos und Haaren aus. Sie legen darin meist zwischen 4 und 12 Eier, die fast nur das Weibchen bebrütet. Das Männchen versorgt sein Weibchen und die Jungen mit Insekten und anderen Kleintieren. Das können in einem Sommer mit zwei Bruten rund 50 Kilogramm Nahrung sein.

Auf der rechten Seite im Baumtunnel hängt ein schwerer schwarzer zweiteiliger Vorhang der nicht zur Seite geschoben werden kann. Durch den Spalt in der Mitte kann jeder Besucher jedoch seinen Kopf stecken, wobei er zunächst jedoch nichts erkennen kann. Durch einen Bewegungsmelder wird über eine Relaissteuerung ein Spotlicht auf eine Eule angeschaltet. Diese Eule wird bei der Futteraufnahme gezeigt. Über Lautsprecher wird dem Besucher neben typischen Eulengeschiebes als Hintergrundakustik mitgeteilt, wie die hier gezeigte Eule ihre Beute jagt, welches Nahrungsspektrum sie hat und dass sie ihre Beute



Abb. IV.2.AE3r Baumtunnel. In der linken Baumstamm-Wand ist die Klappe zur Baumhöhle und die Texttafel sichtbar. Podeste auf beiden Seiten ermöglichen auch kleineren Kindern einen Blick in die von einer Kohlmeisen-Familie besetzte Baumhöhle sowie in die vermeintliche „Gruselkammer“.

vollends vertilgt. In diesem Zusammenhang werden auch Gewölle und die Möglichkeit der Artbestimmung über Gewölle erwähnt sowie ein zusätzliches Spotlicht auf ein solches angeschaltet.

Die Erzählstimme berichtet anschließend von den früher Eulen zugeordneten Eigenschaften und vom Aberglauben, wie der im antiken Griechenland, dass eine am Scheunentor lebendig angenagelte Eule vor Naturkatastrophen und Feuer schützen würde.

Auch auf die Eulen zugeschriebene Klugheit, die sich ebenfalls bereits in der Antike in Griechenland zeigte, soll eingegangen werden. Als Weisheitsvogel der Athene, der Göttin der Weisheit und Beschützerin Athens, war sie sogar auf dem Tetradrachmen, einer Münze, zu finden. Der Glaube, dass Eulen besonders intelligent seien, scheint in den parallel angeordneten Augen und der Fähigkeit, die Augenlider von oben nach unten schließen zu können, was ihr menschenähnliche Gesichtszüge verleiht, begründet zu sein.

UE 5 Zeigt her eure Füße und ich sag euch, wie ihr lebt

Aufbau

Diese Untereinheit widmet sich den unterschiedlichen Anpassungen der Füße der Vögel an ihre typische Lebensweise. Dabei steht die Eigenaktivität des Besuchers im Vordergrund, in dem er unterschiedliche Fußformen einer Lebensweise selber zuordnen muss und eine Rückmeldung erhält, ob die von ihm gewählte Zuordnung richtig oder falsch war. Dies weckt die Eigenaktivität und erleichtert die Bereitschaft zur Beschäftigung mit der Thematik.

Die Informations- und Spieleinheit kann in zwei unterschiedlichen Varianten installiert werden, die sich durch ihren Informations- und Spielgehalt unterscheiden. Die kostengünstigere Variante, die weniger Möglichkeiten bietet, arbeitet mit handelsüblichen Schloss-Elektrotastern und Schlüsseln. Die weitaus teurere Lösung bedient sich Strichcodes (Barcodes) statt Schlüssel, Schlösser sind gegen ein einziges Strichcode-Lesegerät ersetzt. Statt Texttafeln zu jedem Schloss liefert ein Computer (über ein Touch-Screen) Informationen, auch bewegte Bilder, akustische Elemente und Sprachinformationen.

Beide realisierbaren Varianten sind in einer einem Baumstamm nachempfunder Säule untergebracht (Darstellung einer Variante siehe Abbildung IV.2.AE3s). Der Titel der Ausstellungseinheit „Zeigt her eure Füße, und ich sag euch, wie ihr lebt!“ erinnert an das alte Kinderlied „Zeigt her eure Füße, zeigt her eure Schuh“, verdeutlicht aber gleichzeitig auch den offensichtlich bestehenden Zusammenhang zwischen Fuß-Typ und Lebensweise. In einem Ablagefach befinden sich fünf oder mehr Gips- oder Porzellan-Abgüsse (in Originalgröße) von Füßen realer Vogelarten. Diese Abgüsse tragen an der Beinfortsetzung Strichcodes oder Schlüssel (je nach realisierter Variante), die in ein Strichcode-Lesefach oder in ein jeweilig passendes Schloss (siehe weiter unten) gesteckt werden können. Die Vogelfüße sind durch Ketten oder stabile Nylonfäden gegen Wegnahme gesichert.

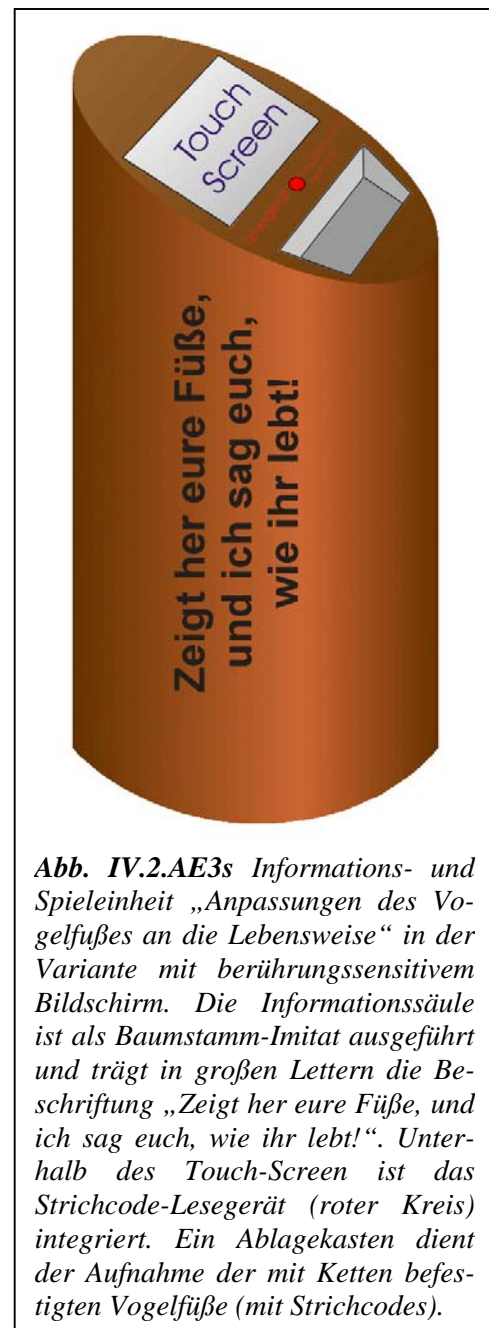


Abb. IV.2.AE3s Informations- und Spieleinheit „Anpassungen des Vogelfußes an die Lebensweise“ in der Variante mit berührungssensitivem Bildschirm. Die Informationssäule ist als Baumstamm-Imitat ausgeführt und trägt in großen Lettern die Beschriftung „Zeigt her eure Füße, und ich sag euch, wie ihr lebt!“. Unterhalb des Touch-Screen ist das Strichcode-Lesegerät (roter Kreis) integriert. Ein Ablagekasten dient der Aufnahme der mit Ketten befestigten Vogelfüße (mit Strichcodes).

Oberhalb des Ablagefaches sind bei der Schlüssel-Schloss-Variante die zugehörigen fünf Schlösser als Schloss-Elektrotaster, erhältlich beispielsweise für elektrische Rollläden, und in waagerechter Anordnung installiert. Kleine Texttafeln jeweils oberhalb des Schlosstasters informieren über eine typische Lebensweise und ordnen so jedem Schloss eine Lebensweise zu. Der Benutzer kann nun jedem Vogelfuß über Einschlüsseln eine seiner Ansicht nach passende Lebensweise zuordnen. Sobald er alle fünf (oder mehr) Füße zugeordnet hat, leuchtet eine Hintergrundbeleuchtung zu einer Texttafel auf dem Bedienbereich auf.

Sie beinhaltet folgenden Text: „Jeder Vogel ist mit all seinen Organen an seinen Lebensraum angepasst. Wer sich einen Vogel so genau anschaut, wird sagen können, wie er lebt. Das gilt nicht nur für die Füße, sondern für alle Organe.“

Die wesentlich kostspieligere, aber auch mehr Möglichkeiten und Spielspaß garantierende zweite Variante bedient sich alternativ zur Texttafel-Beleuchtung, Schlösser und Schlüssel eines Computersystem mit Touch-Screen, Strichcodes und Strichcode-Lesegerät. Der Touch-Screen, optische Ausgabeeinheit des im Baumstamm untergebrachten Computers, befindet direkt über einem Strichcode-Lesegerät, dass die auf den Vogelfüßen angebrachten Strichcodes lesen kann. Der eigentliche Spielablauf ist im folgenden Abschnitt erläutert.

Auch wenn bei Einsatz eines Computers auf „reale“ Vogelfüße (Abgüsse in Originalgröße) verzichtet werden könnte, zumal dann mit Fortfall der Strichcodes und des Lesegeräts auch Kosten gespart werden könnten, sollte gerade auf dieses Spielelement auf keinen Fall verzichtet werden. Wie in zahlreichen empirischen Versuchen der Lern- und Motivationspsychologie nachgewiesen werden konnte, spielt die Betrachtung des (originalen dreidimensionalen) Objekts und das Anfassen desselben, das Begreifen – das Wort heißt nicht umsonst begreifen – , was essentieller Bestandteil des Spiels ist, eine ganz entscheidende Rolle im Erleben, Aufnehmen und Behalten von Lerninhalten.

Spielablauf

In der Startposition zeigt der Bildschirm neben dem Titel der Ausstellungseinheit in mehreren Teilbildansichten gleichzeitig Videoclips von Vögeln, die ihre Füße unterschiedlich gebrauchen. Daneben fordert das Programm zum Spielbeginn (START-Taste) auf.

Wenn auf diese START-Taste gedrückt wird (auf dem Touch-Screen) wird zunächst in einem kurzen Video-Einspieler ein Lebensraum vorgestellt und durch akustische Übertragung (Textsprecher über Lautsprecher) eine Lebensweise beschrieben. Nun wird der Spieler aufgefordert, den hierzu passenden Vogelfuß zu suchen und an den aufgebrachten Strichcode an das Lesegerät zu halten. Die Software reagiert daraufhin entsprechend. Über das Lesegerät kann die Software „erfahren“, welcher Vogelfuß ausgewählt wurde. Bei einer falschen Wahl kann das System entsprechend reagieren und auf Merkmale des falsch gewählten Fußes aufmerksam machen und nochmals erläutern, worauf es bei der eben vorgestellten Lebensweise ankommt. Wählt der Spieler jedoch den richtigen Vogelfuß aus, stellt die Software die besonderen Anpassungen des jeweiligen Vogelfußes und der dazugehörigen Vogelart an die Lebensweise heraus, gibt auf Wunsch des Benutzers weitergehende Informationen und stellt anschließend die nächste Lebensweise vor. Das Spiel vollzieht diese Schritte bis alle Vogelfüße ihrer Lebensweise zugeordnet wurden.

Im Folgenden werden exemplarisch einige besonders geeignete Anpassungen des Vogelfußes an einen Lebensraum und eine Lebensweise genannt.

Beispiele für Anpassungen

Schwimmen

Eselspinguine (*Pygoscelis papua*), die ihren Namen den von ihnen ausgestoßenen Lauten verdanken, können (neben weiteren Anpassungen) wegen ihrer Schwimmhäute zwischen den Zehen etwa 36 km/h schnell schwimmen und sind damit sogar knapp schneller als eine Forelle (35 km/h) oder eine Ringelrobbe (32 km/h). Der Mensch erreicht gerade 7 km/h, ein Gelbrandkäfer gar nur 1,8 km/h. Delphine (46 km/h) und Schwertfische (90 km/h) können dagegen schneller schwimmen.

Trotz der Anpassung ans Schwimmen, können Pinguine über Land gehen, wobei ihr „watschelnder“ Gang aus der Notwendigkeit herührt, die kurzen Füße beim Laufen schräg über den jeweils anderen Fuß zu heben und dabei den Körper zu drehen. Dennoch bewegen sich Pinguine schnell übers Land. **Adeliepinguine** (*Pygoscelis adeliae*) laufen gar schneller als Menschen (im Schrittempo). Schwimmhäute haben allerdings auch Enten, Gänse und Möwen. Sie haben Schwimmhäute zwischen drei Zehen. Die vierte Zehe weist nach hinten. Beim **Kormoran** (*Phalacrocorax carbo*) sind alle vier Zehen nach vorne gerichtet und mit Schwimmhäuten zu einer geschlossenen Schwimmabschlagsfläche verbunden.

Laufen

Der kräftige, mit hohen Sohlenpolstern versehene Fuß der **Strauße** (*Struthio camelus*) erlaubt mit seinen zwei Zehen besonders hohe Laufgeschwindigkeiten (siehe hierzu Kapitel II.7 im Band 2). Auf einem Ast könnte sich ein Strauß mit seinen Zehen jedoch niemals festhalten.

Eine Anpassung an das schnelle Laufen ist die Reduzierung der Zehenzahl auf nur noch zwei Zehen bei Straußen und auf drei Zehen bei den drei Kasuar-Arten (*Casuarus spec*) und beim Nandu. Auch bei anderen Tierarten lassen sich solche Anpassungen an eine solche Lebensweise erkennen. So tragen Kühe ihr Körpergewicht als Paarhufer, Pferde als Unpaarhufer sogar auf nur einer einzigen Zehe der ursprünglich fünfstrahlig, vollständig ausgebildeten Extremität.

Vögel haben in der Regel vier Zehen an jedem Fuß, nur beim Strauß und bei den drei Kasuar-Arten sind es weniger.

Klettern und auf Ästen festhalten

Gerade Vögel, die viel klettern und sich auf Ästen zum Sitzen festhalten, brauchen lange und flexible Zehen mit stabilen Krallen. Ideal sind daran beispielsweise Papageien (Amazo-

nen, **Wellensittiche** (*Melopsittacus undulatus*)), aber auch Spechte, wie der **Grünspecht** (*Picus viridis*), angepasst, die zwei Zehen nach vorne und zwei nach hinten gerichtet haben. Zudem reichen die beweglichen Zehen um kleinere Äste völlig herum. Mit ihrer gebogenen Form haken sich die Krallen ins Holz und erlauben dem Vogel einen sicheren Halt.

Hängen an der Wand, sonst fast das ganze Leben in der Luft

Segler, wie der **Mauersegler** (*Apus apus*), verbringen die meiste Zeit in der Luft. Wenn sie nicht fliegen, halten sie sich an Steilhängen, Felsnischen und andere Steilstellen fest. Um sich dort sicher festhalten zu können, haben sie alle vier Zehen nach vorne gerichtet.

Bodenläufer

Bodenvögel, wie die **Amsel** (*Turdus merula*) haben kräftige Zehen, um nach Futter auf dem Boden zu scharren. Bei ihnen zeigt sich die Grundform des Vogelfußes: Drei Zehen sind nach vorne gerichtet, die vierte Zehe weist nach hinten. Amseln nutzen ihre Füße zusätzlich, um durch Trippeln auf dem Boden Regen-Geräusche zu imitieren. Regenwürmern kriechen dann, um dem vermeintlichen Ertrinkenstod zu entrinnen, aus dem Boden und sind dann eine leichte Beute.

Beutejagd im Flug

Greifvögel und Eulen, zum Beispiel **Fischadler** (*Pandion haliaetos*), **Wanderfalke** (*Falco peregrinus*) und **Steinkauz** (*Athene noctua*) besitzen dank ihrer kräftigen Krallen, die typisch für sie sind, die Fähigkeit, ihre Beute schnell und fest halten können.

Nicht im Wasser untergehen

Blatthühnchen haben extrem dünne, weit gespreizte Zehen, die nicht nur das Körpergewicht sehr gut ausbalancieren, sondern speziell das Laufen über Schwimmblätter ermöglichen.

UE 6 Anpassungen des Schnabels an die Ernährung

Thema und Aufbau

Der Schnabel ist auf hervorragende Art an die spezifische Nahrung und Ernährungsweise des Vogels angepasst. Diese Adaption ist so typisch, dass es in vielen Fällen sogar möglich ist, von der Gestalt des Schnabels auf das Nahrungsspektrum und die Nahrungsaufnahmemethodik zu schließen.

Der Ausstellungsbesucher soll genau dies selbst tun, so den Blick für Details schärfen und an diesem Beispiel erkennen, dass jede Vogelart in jeder der Vielzahl ihrer Merkmale optimal an ihren Lebensraum und ihre Nische angepasst ist. Darüber hinaus erleichtert die Kategorisierung der Vögel in Ernährungstypen das Verständnis der unterschiedlichen Nahrungsspektren und gibt einen kurzen Überblick.

In einer Wandinstallation sind sechs waagrecht angeordnete Fächer ausgespart, in denen Präparate der thematisierten Vogelarten ausgestellt sind (siehe Abbildung IV.2.AE3t). Darunter befinden sich sechs nach oben zu öffnende (und damit beim Loslassen stets wieder zufallende) Klappen. Jede Klappe trägt weiterhin eine Tafel mit sechs Elektro-Kontaktflächen und sechs korrespondierenden Beschriftungen. Unter den Klappen sind zwei Textinformationen angebracht. Eine informiert über die Thematik. Die zweite über die Bedienungsweise der Installation.

Bedienung durch den Besucher

Der Besucher liest beim Herantreten an diese Ausstellungsuntereinheit zunächst die großformatige Texttafel, die ihn darüber informiert, dass der Schnabel als Fresswerkzeug



Abb. IV.2.AE3t Informations- und Tipp-Einheit „Anpassungen des Schnabels an die Ernährungsweise“. In sechs Fächern ist jeweils eine Vogelart (als Präparat) präsentiert. Jede dieser sechs Vogelarten vertritt einen anderen Ernährungstyp. Dies sind ein Kolibri als exemplarischer Vertreter der Nektarfresser, ein Adler, Falke oder Bussard als Fleischfresser (Greifvogel), ein Papagei als Körnerfresser, ein Kormoran als Fischfresser, ein Tukan als Früchtefresser und ein Mauersegler als Insektenfresser. Jeder Besucher kann mittels eines Kontaktstiftes (mit Spiral-Elektroleitung) tippen, welche Nahrungsquelle jede dieser Vogelarten hat.

optimal an die jeweilige Futterquelle angepasst ist. Er sucht sich nun einen der aufgestellten Vögel aus und überlegt sich, welche Nahrungsressource durch die gewählte Vogelart ausgenutzt wird. Dabei sollte er sich den Schnabel, aber auch die übrige Körperform und den Körperbau genau ansehen. Hat er sich entschieden, nimmt er den zu jeder Vogelart vorhandenen Kontaktstift und hält ihn mit der Spitze an die jeweilige Kontaktfläche auf der zugehörigen Klappe. Jede dieser Kontaktflächen ist eine der Nahrungsquellen (Insekten, Früchte, Körner, Nektar, Fisch und Fleisch) zugeordnet.

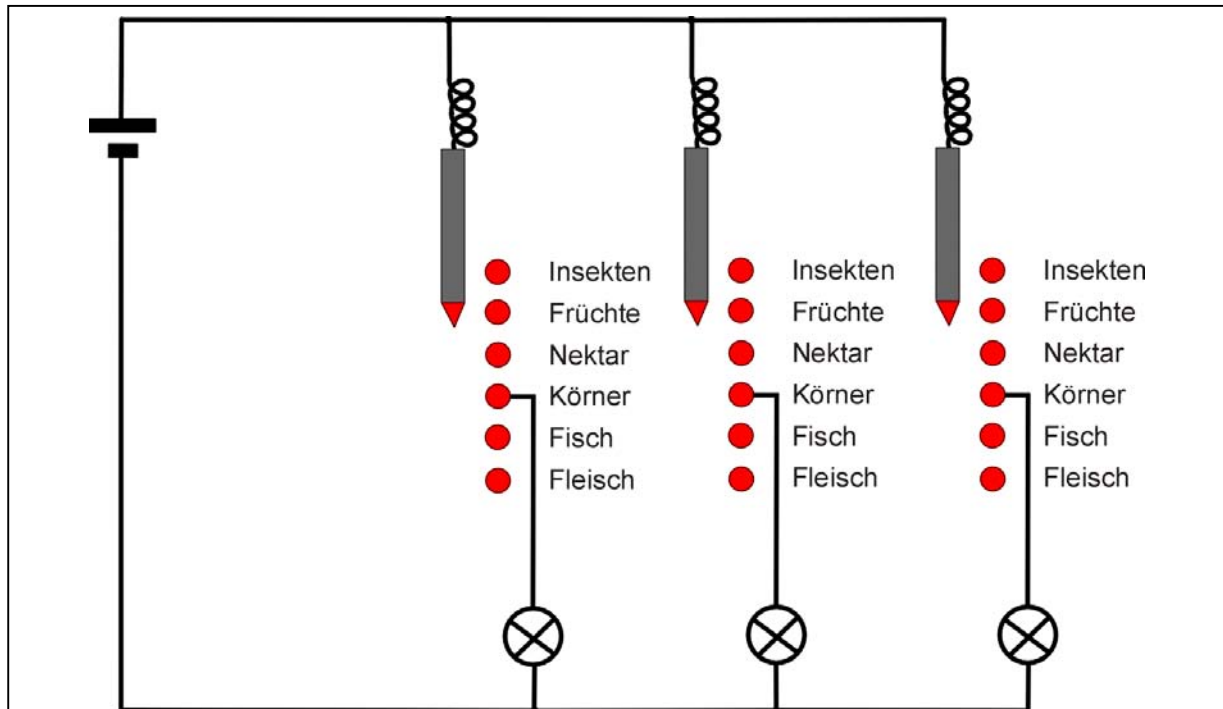


Abb. IV.2.AE3u Elektrischer Schaltplan zur Informations- und Tipp-Einheit „Anpassungen des Schnabels an die Ernährungsweise“. Es sind nur drei der sechs gleich aufgebauten Schnabeltyp-Nahrung-Elemente dargestellt. Die übrigen drei Elemente sind in Ergänzung ebenfalls in einfacher Parallelschaltung anzuordnen. (Erklärung: Schwarze Linien = elektrische Leiter, Kreis mit Kreuz = Meldeleuchte, zwei parallele, unterschiedliche lange Balken = Gleichspannungsstromquelle).

Ist eine richtige Wahl getroffen, wird über den Kontaktstift, der mit einer (sich selbst zusammenziehenden) Spiralleitung versehen ist, und der Kontaktfläche ein Stromkreis geschlossen und eine grüne Kontrolllampe leuchtet auf (siehe Schaltplan in Abbildung IV.2.AE3u), die signalisiert, dass der Vogel tatsächlich die gewählte Nahrung frisst.

Schnabeltypen-Klappen

Wer die zu jeder Vogelart vorhandene Klappe öffnet, erfährt mehr über die jeweilige Vogelart und die von ihr präferierte Nahrung. Im Folgenden sind die Texte der Schnabeltypen-Klappen wiedergegeben.

Nektarfresser

Die Schnäbel der verschiedenen Nektarfresser sind immer sehr lang und schlank. Nur so können sie den tief der Blüte liegenden Nektar erreichen. Mit einer langen Zunge lecken sie sich den nährstoffreichen Saft auf. Von Nektar ernähren sich – wie hier gezeigt – Kolibris, aber auch Nektarvögel und Honigfresser.

tar ernähren sich – wie hier gezeigt – Kolibris, aber auch Nektarvögel und Honigfresser.

Fleischfresser

Greifvögeln und Eulen gemeinsam ist der kräftige Hakenschnabel und die kräftige Kiefermuskulatur. Sie alle, wie auch dieser Mäusebussard, zerreißen mit ihm ihre Beute in kleinere, schluckbare Stücke.

Körnerfresser

Körnerfresser brauchen kurze, aber kräftige Schnäbel, um die oft sehr harten Körner fressen zu können. Bei vielen Arten ist der Schnabel gekrümmt, wie auch bei diesem Papagei, einem Ara.

Fischfresser

Fischfresser, wie die Küstenseeschwalbe, der Papageitaucher oder der hier gezeigte Kormoran, besitzen scharfe lange Schnäbel.

Oftmals mit Haken an der Spitze und mit gezähnten Rändern ausgestattet, eignen sie sich hervorragend für die Fischjagd.

Ein besonderes Schauspiel ist es, wenn Möwen mit erbeuteten Fischen in die Höhe steigen, um sie von dort auf den Boden fallen zu lassen. Die Flughöhe ist so gewählt, dass der Fisch den Sturz nicht überlebt. So getötet, ist er für die Möwen eine gute Mahlzeit.

Früchtefresser

Die Schnäbel der Früchtefresser sind oft sehr verschieden. Typische Gemeinsamkeiten können daher kaum festgestellt werden. So ernähren sich zwar der hier ausgestellte **Riesentukan**, die Fruchttaube und Mistelfresser alle von Früchten, doch ihre Schnäbel sehen alle verschieden aus.

Insektenfresser

Alle Insektenfresser haben daher in der Regel schlanke und pinzettenähnliche Schnäbel in unterschiedlicher Länge. Diese Grundform findet sich bei beispielsweise bei Bartmeisen, Rauchschwalben, Bienenfressern und Drosselrohrsängern. Mit solch einem Schnabel gelangen sie mühelos selbst an Insekten in krustigen Baumrinden. Einige Insektenfresser, wie Ziegenmelker, Schwalben und der hier präsentierte Mauersegler, können den Rachen sogar so weit aufsperrern, dass sie sogar Insekten in Luft zu fangen können.

UE 7 Bedrohte Vogelarten

Standort

Die siebte Untereinheit ist den ausgestorbenen, bedrohten und gefährdeten Vogelarten gewidmet. Die räumliche Unterbringung erfolgt „im“ Basalt-Steinbruch. Dieser ist als sekundär vom Menschen geschaffener Lebensraum bestens geeignet, nicht nur auf Gefährdungsursachen, wie Landschaftsverbrauch, Jagd oder Straßenverkehr, aufmerksam zu machen, sondern auch Möglichkeiten und Chancen des aktiven Artenschutzes aufzuzeigen und so Hoffnung anstelle Mutlosigkeit zu verbreiten. Gerade die durch den Gesteinsabbau vollzogene Zerstörung der ursprünglichen Natur hat eine ausgebeutete und „tote“ Landschaft hinterlassen, die sich gerade in der Vergangenheit im Laufe vieler Jahrzehnte oft ohne Zutun des Menschen ei-

genständig regeneriert hat und heute wertvolle Biotope bildet. In zunehmendem Maße werden heute jedoch auch aktiv durch den Menschen Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt.

Die Begriffe Artenvielfalt und Biodiversität sowie die Betrachtung des Lebensraumwandels innerhalb der letzten 100 Jahre werden im landwirtschaftlich geprägten Lebensraum-Diorama Voreifel thematisiert. Der Lebensraumwandel und hiermit verbundene Verlust des Lebensraumes ist einer der Ursachen für den Rückgang und die Bedrohung vieler Vogelarten, so dass die gegebene thematische Nähe eine Vernetzung zum Basaltsteinbruch-Lebensraum-Diorama ermöglicht. Diese Korrespondenz verknüpft beide Lebensräume, so dass der Besucher selber unmittelbar vergleichen kann.

Präsentationsform

Vermittlungsmedien sind eine Installation, die Basaltsäulen imitiert (siehe Abbildung IV.2.AE3v auf der folgenden Seite), und ein Schaukasten.

Drei Basaltsäulen-Imitate in übergroßer Darstellung integrieren sich durch ihre natürliche Wirkung in den umgebenden Lebensraum.

Basaltsäule 1

Beispiele bedrohter Vogelarten

Die erste Basaltsäule ist etwa 1,20 m hoch. Auf der Vorderfront ist ein Uhr-Ziffernblatt mit der Uhrzeit „5 Minuten vor 12“ angebracht, darunter der Schriftzug „Vögel in Gefahr“. Die Uhrzeit möchte darauf hinweisen, dass es für den Erhalt und Schutz vieler Vogelarten noch nicht zu spät ist, aber ein kurzfristiges Handeln notwendig ist.

Auf der Oberseite der Säule ist eine große Kreisscheibe mit zwei gegenüberliegenden Sichtfenstern aus Plexiglas angebracht. Unter der Scheibe befinden sich insgesamt sechs zu den Sichtfenstern kongruente (form- und größengleiche) und im Kreis um die Mittelachse angeordnete Dreiecksflächen. Drei dieser Flächen stellen Vogelarten vor. Die Artvorstellung beinhaltet neben des Artnamens, des heutigen Verbreitungsgebiets und einiger prägnanter Informationen auch eine fotografische Abbildung der Art.



Abb. IV.2.AE3v Basaltsäulen-Imitation als Medium der Informationsvermittlung.

Links: Säule 1 mit der exemplarischen Vorstellung dreier Vogelarten.

Mitte: Säule 2 mit den unterschiedlich transparenten Rote Liste-Klappen.

Rechts: Säule 3 mit Informationen zum Artenschutz und den Mitnahme-Zetteln zur Fütterung und weiteren Möglichkeiten der Hilfestellung, die jeder Vögeln zukommen lassen kann.

Die drei jeweils unmittelbar gegenüberliegenden Flächen sind genutzt, um den Gefährdungsgrad und die bei der Art hierfür verantwortlichen Ursachen zu präsentieren. Artvorstellung und Gefährdungsgrad-Darstellung wechseln sich jeweils ab (siehe Abbildung IV.2.AE3w). Die darüber liegende Scheibe kann gedreht werden, so dass die beiden Plexiglas-Fenster immer nur eine Vogelart und die Erklärung des zugehörigen Gefährdungszustandes sichtbar machen.

Der Museumsbesucher kann nun die Scheibe so einstellen, dass er sich nacheinander über jede Vogelart und ihre Bedrohungssituation informieren kann. Ein Podest in Trittstufenhöhe, das unmittelbar vor der Basaltsäule steht, ermöglicht auch kleineren Museumsbesuchern die Bedienung.

Als exemplarisch für viele andere Vogelarten stehende gefährdete Arten wurden **Gänsegeier** (*Gyps fulvus*), **Schwarzstorch** (*Ciconia nigra*) und **Blauracke** (*Coracias garrulus*) ausgewählt.

Der Gänsegeier wirkt durch seine Erscheinung mit dem nackten Hals für Lebensräume in Deutschland fremdartig und ungewohnt. Er kann daher wie kaum eine andere in Deutschland ausgestorbene Vogelart vermitteln, wie vielfältig die Vogelwelt innerhalb des Landes einmal war.

Die Blauracke wird als Vogelart vorgestellt, die heute akut vom Aussterben bedroht ist und nur noch eine sehr geringe Verbreitung in Deutschland hat. In der Bonner Region ist er seit Ende des 19. Jahrhunderts ausgestorben. Das letzte Vorkommen war im Kottenforst. Seitdem wurde er nur noch fünfmal im Raum zwischen Erft, Ahr und Sieg gesichtet, zuletzt 1991 in der Wahner Heide.

Der Schwarzstorch wird als naher, aber im Vergleich zu diesem relativ unbekannter Verwandter des **Weißstorchs** (*Ciconia ciconia*) vorgestellt. Seine scheue und vor dem Menschen zurückgezogene Lebensweise weist auf die Notwendigkeit der Ausweisung von Gebieten hin, die ohne Beeinflussung durch den Menschen ihrer natürlichen Entwicklung überlassen werden. Während der Gänsegeier in Deutschland bereits ausgestorben und die

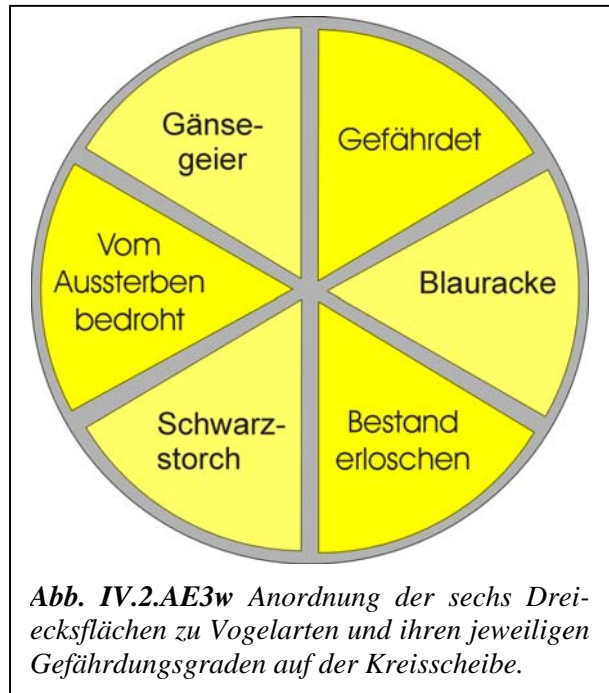


Abb. IV.2.AE3w Anordnung der sechs Dreiecksflächen zu Vogelarten und ihren jeweiligen Gefährdungsgraden auf der Kreisscheibe.

Blauracke vom Aussterben bedroht ist, nimmt die Zahl der Schwarzstörche in den letzten Jahren stetig zu. Im Sauerland und Siegerland trat er letztmalig im Jahr 1910 als Brutvogel auf. Seitdem galt er auf dem Gebiet des heutigen Nordrhein-Westfalen als ausgestorben. In der Roten Liste des Bundeslandes wurde er auch im Jahr 1979 noch als ausgestorben ausgewiesen. Doch schon in jenem Jahr brüteten die ersten Schwarzstörche wieder im Südosten und Osten in NRW. Seitdem hat sich der Schwarzstorch immer neue Gebiete erschlossen, so dass er heute als Brutvogel in Eifel, Ahrgebirge, Bergisches Land und Westerwald auftritt, wenn auch noch selten. Im Stadtgebiet von Bonn wurde im Jahr 2001 das erste Brutpaar beobachtet.

Basaltsäule 2

Die zweite Basaltsäule ist mit etwa zwei Meter Größe wesentlich höher als die erste Säule. Vier auf der Vorderfront befindliche Klappen mit Knauf (siehe Abbildung IV.2.AE3v) tragen jeweils eine der Aufschriften „Bestand erloschen“, „Vom Aussterben bedroht“, „Stark gefährdet“ und „Gefährdet“.

Hinter der durch die Museumsbesucher nach oben zu öffnenden Klappen ist eine Auflistung der in Deutschland im jeweiligen Gefährdungsgrad aufgeführten Vogelarten. Die Anordnung der Klappen auf der Säule ist von oben nach unten von „Bestand erloschen“ bis „Gefährdet“.

Die oberste Klappe ist aus einem nicht transparenten Material angefertigt. Die Klappe „Bestand erloschen“ verbirgt somit die ausgestorbenen Vogelarten völlig. Die unterste Klappe („Gefährdet“) ist jedoch aus einem durchsichtigen Material, beispielsweise Plexiglas, so dass durch die Klappe hindurch die Namen der gefährdeten Vogelarten gelesen werden können. Nur der Schriftzug „Gefährdet“ (und den Knauf) behindert eine unmittelbare Durchsicht. Die beiden Klappen dazwischen („Vom Aussterben bedroht“ und „Stark gefährdet“) sind halbtransparent, so dass die Artenlisten nur schemenhaft durchschimmern. Die von vollständiger Transparenz in vier Schritten bis zur völligen Abdeckung reichende Abstufung soll symbolisch einer Metapher gleich auf den jeweiligen Gefährdungsgrad hindeuten. Während die gefährdeten Arten in Deutschland noch von Menschen beobachtet werden können, auch wenn sie bereits deutlich die Kennzeichnung „Gefährdet“ tragen, sind die ausgestorbenen Vogelarten auch vor den Augen der Betrachter, hier der Museumsbesucher vor den Rote Liste-Klappen, vollends verschwunden.

Die folgende Auflistung nennt die in der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands erfassten Arten in der dritten gesamtdeutschen Fassung vom 8. Mai 2002, veröffentlicht im März 2003. Als zusätzliche Information sind hier die auch in der Ausstellung unberücksichtigten Kategorien R, V, II, III und IV wiedergegeben.

Rote Liste der Brutvögel Deutschlands

Legende

Regelmäßige Brutvögel

- 0 – Bestand erloschen
- 1 – vom Aussterben bedroht
- 2 – stark gefährdet
- 3 – gefährdet
- R – Arten mit geografischer Restriktion
- V – Vorwarnliste

Weitere Arten

- II – unregelmäßig brütend
- III – Neozoen
- IV – unzureichende Daten

Kategorie 0 - Bestand erloschen

- Bruchwasserläufer
- Doppelschnepfe
- Papageitaucher
- Gänsegeier
- Mornellregenpfeifer
- Papageitaucher
- Rosenseeschwalbe
- Rothuhn
- Schlangenadler
- Schwarzstirnwürger
- Steinhuhn
- Steinrötel
- Steinsperling
- Triel
- Waldrapp
- Zwergsumpfhuhn
- Zwergtrappe

Kategorie 1 - vom Aussterben bedroht

- Alpenstrandläufer
- Auerhahn
- Auerhuhn
- Bekassine
- Birkhuhn
- Blauracke
- Flussuferläufer
- Goldregenpfeifer
- Großtrappe
- Halsbandschnäpper
- Kampfläufer
- Kleines Sumpfhuhn
- Kornweihe
- Moorente
- Raubwürger

Kategorie 2 - stark gefährdet

- Brachpieper
- Drosselrohrsänger
- Graumammer
- Großer Brachvogel
- Haselhuhn
- Haubenlerche
- Kiebitz
- Knäkente

Kolbenente
Lachseeschwalbe
Mittelsäger
Nachtreiher
Ortolan
Purpureiher
Rebhuhn
Rotschenkel
Sandregenpfeifer
Schilfrohrsänger
Schreiadler
Spießente
Steinadler
Steinkauz
Steinschmätzer
Wachtelkönig
Wiesenweihe
Zaunammer
Ziegenmelker
Zwergseeschwalbe

Kategorie 3 – gefährdet

Baumfalke
Braunkehlchen
Fischadler
Gänsesäger
Heidelerche
Schwarzstorch
Seeadler
Uhu
Wanderfalke
Weißstorch
Wendehals

Kategorie R – Arten mit geografischer Restriktion in Deutschland

Alpenbraunelle
Alpensneehuhn
Alpensegler
Basstölpel
Bergente
Bienenfresser
Dreizehenmöwe
Dreizehenspecht
Eissturmvogel
Felsenschwalbe
Grünlaubsänger
Habichtskauz
Karmingimpel

Löffler
Mantelmöwe
Mauerläufer
Mittelmeermöwe (Weißkopfmöwe)
Nonnengans
Ohrentaucher
Orpheusspötter
Pfeifente
Schneesperling (Schneefink)
Schwarzkopfmöwe
Singschwan
Steinwälzer
Tordalk
Trottellumme
Weißrückenspecht
Zwergmöwe

Kategorie V – Vorwarnliste

Bartmeise
Baumpieper
Bluthänfling
Brandseeschwalbe
Eiderente
Eisvogel
Feldlerche
Feldsperling
Flusseeschwalbe
Gartenrotschwanz
Grauspecht
Grünspecht
Haussperling
Kormoran
Kuckuck
Mauersegler
Mehlschwalbe
Mittelspecht
Pirol
Rauchschwalbe
Rohrschwirl
Rothalstaucher
Rotmilan
Schafstelze
Schwarzhalstaucher
Sprosser
Teichhuhn
Türkentaube
Turteltaube
Uferschwalbe
Zwergtaucher

Weitere Arten

Unregelmäßig brütende Arten (früher „Vermehrungsgäste“)

Bergfink
Bindenkreuzschnabel
Blässgans
Grünschenkel
Kiefernkreuzschnabel
Mariskensänger
Raufußbussard
Rotdrossel
Rotfußfalke
Saatgans
Schwarzflügel-Brachschwalbe
Seidenreiher
Seidensänger
Würgfalke
Stelzenläufer
Steppenhuhn
Steppenmöwe (Weißkopfmöwe)
Steppenweihe
Strandpieper
Weißbartseeschwalbe
Weißflügelseeschwalbe
Würgfalke (Saker)
Zitronenstelze
Zwergadler
Zwergschnepfe

Regelmäßig brütende Neozoen (früher „Exoten“)

Brautente
Chileflamingo
Fasan
Gelbkopfamazone
Großer Alexandersittich
Halsbandsittich
Kanadagans
Mandarinente
Nilgans
Rosaflamingo
Rostgans
Schwarzschan
Streifengans
Truthuhn

Unzureichende Datenlage

Zwergohreule

Basaltsäule 3

Die dritte Basaltsäule ist etwa 1,80 m hoch und damit kleiner als die mittlere Basaltsäule. Die drei unterschiedlichen Höhen entsprechen dem typischen Anblick von natürlichen Basaltwänden, lockern jedoch auch die Gestaltung auf.

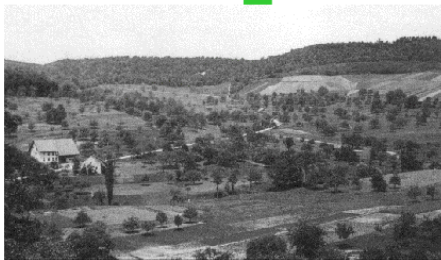
Im oberen Bereich ist in einer Vertiefung eine Texttafel eingelassen. Eine Plexiglas- oder Glasscheibe schützt diese Tafel und schließt bündig mit der Außenwand ab. Im unteren Teil der Vorderfront befindet sich ein Fach, in dem sich zur Mitnahme ausliegende Info-Zettel befinden. Es trägt die Aufschrift „Zum Mitnehmen“ (siehe Abbildung IV.2.AE3v).

Während in anderen Themeneinheiten der VogelWelten-Ausstellung konkrete Einzelbeispiele vorgestellt werden, die einzelne Gefährdungsursachen und Möglichkeiten des (Vogel-)Artenschutzes zeigen (siehe Abbildungen IV.2.AE3e Texttafel am Strommast, IV.2.AE3g Texttafel Basalt-Steinbruch, IV.2.AE3h Texttafel Voreifel-Lebensraum und IV.2.AE3j Texttafel Lebensraum im Wandel der Zeit), fasst die Texttafel dieser Untereinheit (siehe Abbildung IV.2.AE3x auf der folgenden Seite) die Ursachen der Bedrohung und des Aussterbens von Vogelarten zusammen und zeigt in einem Beispiel eine erfolgreiche Bachrenaturierung.

Die ausliegenden Handzettel (DIN A4), die jeder Ausstellungsbesucher mit nach Hause nehmen kann, erklären die richtige Fütterungsweise von Vögeln, wie ein vogelgerechter Garten angelegt wird und was bei Auffinden von scheinbar verlassenen Jungvögeln zu tun ist (siehe Abbildung IV.2.AE3y). Die hier vermittelten Informationen enthalten zu viel Details, wie beispielsweise Pflanzen-Namen, die Bestandteil eines vogelgerechten Gartens sein sollten, um sie sich ohne Gedankenstütze unmittelbar merken zu können. Deshalb wäre hier eine einfache Texttafel unzureichend.

Eine Welt verändert sich

Vergleichen Sie doch mal!



Haben Sie es erkannt?
Beide Fotos sind an derselben Stelle entstanden.
Das obere Foto 1933, das untere 1996.

Wo vor 70 Jahren noch Obstwiesen, Büsche und ungespritzte, kleinere Felder waren, sind heute Häuser, Industrie, Straßen und landwirtschaftliche Groß-Nutzflächen.

Hecken sind verschwunden, Bäche begradigt und in Betonröhren gezwängt.

Selbst Wälder bestehen in weiten Teilen nur noch aus artenarmen Monokulturen, das sind Anpflanzungen nur einer Baum-Art.

Etlliche Vogelarten, die das alles trotzdem überlebten, wurden oft geschossen, gejagt, vertrieben, durch Stromschlag oder im Straßenverkehr getötet.



Schöner, besserer, sauberer!



Kaum vorstellbar, aber auch diese Fotos sind wieder an derselben Stelle entstanden. Doch diesmal ist aus der lebensfeindlichen in nur drei Jahren eine vielfältige und artenreiche Landschaft geworden. Ein Bach wurde von einer kanalisierten Abflusrinne zu einem naturnahen Quell des Lebens.



Wer Arten schützen will, muss ihren Lebensraum schützen, erhalten und wieder neu anlegen (renaturieren)..

Dieser Biotopschutz hilft nicht nur Tieren und Pflanzen, sondern immer auch uns:
Greifvögel jagen Mäuse, die sonst den Ernteertrag auf Feldern beeinträchtigen würden.
Insektenfresser verhindern Plagen.

© Fotos: obere 2 Fotos: Maurer, Abtg. Umweltschutz, Kanton Aargau, Aarau (CH) (1998),
untere 2 Fotos: Oberstadtdirektor Stadt Bonn, Tiefbauamt-Stadtentwässerung (1992)

Abb. IV.2.AE3x Texttafel „Eine Welt verändert sich“. Die Fotos, die Zerstörung von Lebensraum dokumentieren, sind schwarz-weiß, hingegen diese, die Gewinnung von Lebensraum zeigen, in Farbe. Damit sollen negative (gestrige) und positive (aktuell wünschenswerte) Umweltveränderungen stärker kontrastiert werden.

Vögel richtig Füttern



Wann?

Grundsätzlich haben schon Vögel überlebt, als es Menschen noch überhaupt nicht gab. Daher muss auch nicht immer gefüttert werden. Es sollte daher nur gefüttert werden,

- wenn mehr als 1 Woche tiefer Schnee liegt,
- wenn die Temperatur in der Nacht mehr als eine Woche lang unter minus 15° C liegt,
- nach Eisregen.

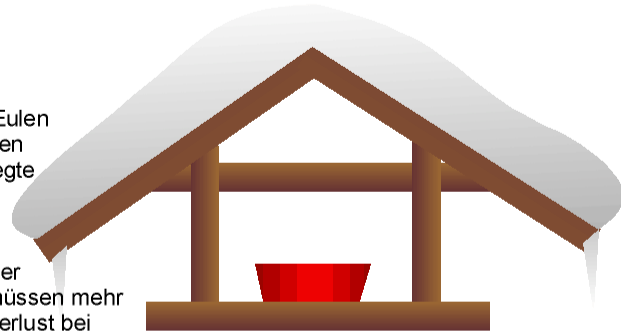
Warum und wen füttern?

Tiefer Schnee

Besonders Mäusejäger wie Greifvögel und Eulen leiden unter tiefem Schnee. Greifvögeln helfen auf gut einsehbaren, weiten Plätzen ausgelegte Schlachthausabfälle oder Eintagsküken.

Langanhaltende tiefe Temperaturen

Wenn Gewässer zufrieren, können Graureiher und Eisvögel nicht mehr jagen. Kleinvögel müssen mehr Nahrung fressen, um den höheren Energieverlust bei tiefen Temperaturen auszugleichen.

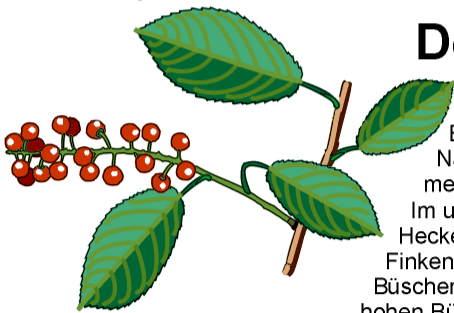


Eisregen

Eisregen überzieht alle Nahrung mit einer Eisschicht, die dann nicht mehr erreichbar ist. Vielen Kleinvögeln kann durch das Anlegen von Futterstellen geholfen werden. Besonders revierbildenden Insektenfressern unter den Vögeln, wie Rotkehlchen oder Zaunkönig, kann jedoch nicht geholfen werden.

Vogelfütterung ohne Notlage

Vögel können auch ohne Notlage gefüttert werden, solange die Futterstelle katzensicher, sauber und nicht in der Nähe von Fenstern ist. Füttern sollten sie nur in den Wintermonaten. Während der Brutzeit sollten sie nicht füttern, da das Ersatzfutter und Sonnenblumenkerne für die jungen Nestlinge zu viel Fett, aber zu wenig Eiweiß enthält und so eine ernste Bedrohung darstellen können. Bei übermäßiger Fütterung werden zudem bestimmte Vogelarten derart begünstigt, dass sie andere, manchmal seltene Arten verdrängen können. So kann die Fütterung von Amseln, Meisen und Finken eine Ansiedlung von Grasmücken und Laubsänger verhindern.



Der vogelfreundliche Garten

... ist vielfältig, muss aber nicht ungepflegt sein. Insekten- und Wildkrautvernichtungsmittel gehören in keinen Garten!

Exotische Pflanzen bieten mit ihren Samen und Früchten oft keine Nahrung für Vögel. Auch heimische Insekten meiden diese Pflanzen meist, so dass auch insektenfressende Vögel dort nichts finden können.

Im undurchdringlichen Gestrüpp fühlen sich Grasmücken, Laubsängern, Heckenbraunelle, Rotkehlchen und Zaunkönig wohl.

Finken lieben hingegen niedrige Wildkrautflure mit einzelnen dichten Büschen. Drosseln lieben das Nebeneinander von niedrigem Bewuchs und hohen Büschen. Wer viele Vogelarten in seinem Garten sehen

möchte, pflanzt Holunderstrauch, Heckenrose, Brombeere, Himbeere und Brennnessel. Eine bunte Blumenwiese ersetzt den eintönig grünen Kurzrasen. Auch Hainbuche, Haselnuss, Pfaffenhütchen, Hartriegel, Weißdorn, Schlehe, Schneeball und Heckenkirsche locken viele Vogelarten an. Wer einen größeren Garten hat, sollte Eberesche, Eiche, Buche und Wildkirsche, aber weniger Nadelbäume anpflanzen.

Bade- und Trinkgelegenheiten bietet ein Gartenteich mit flacher offener Stelle.

Auch saubere Nistkästen können aufgehängt werden.

Was mache ich, wenn ich einen Jungvogel gefunden habe?

Jungvögel sind fast nie verlassen und einsam. Falls möglich, legen sie es in unmittelbarer Nähe an einen katzensicheren geschützten Ort. Erst wenn das Junge nach einer Stunde noch dort liegt, wenden sie sich an eine der Vogel-Pflegestationen (evtl. Adressen angeben!).

Abb. IV.2.AE3y Handzettel zur Mitnahme für Museumsbesucher.

Schaukasten

In der Nähe zur Basaltsäulen-Installation ist ein Schauglaskasten aufgestellt, der Besucher darüber in Kenntnis setzt, dass die Gefährdung und das Aussterben von Vogelarten kein nationales, sondern globales Problem darstellt. Der Schaukasten hebt sich durch sein Aussehen schon optisch von der umgebenden Lebensraum-Gestaltung ab. Diese Trennung ist notwendig, um zu verdeutlichen, dass sich das dort Thematisierte auf ausgestorbene und bedrohte Vogelarten weltweit und nicht auf Arten heimischer Lebensräume bezieht.

Die hier ausgestellte Anzahl von Vogelarten sollte vier oder fünf nicht überschreiten, um eine Überfrachtung zu vermeiden. Einige wenige prägnante Beispiele reichen aus.

Die in der Vogelwelt-Zwischenausstellung im Museum Koenig vorgestellten ausgestorbenen Vogelarten, **Wandertaube** (*Ectopistes migratorius*), **Karolinassittich** (*Conuropsis carolinensis*), **Louisianassittich** (*Conuropsis carolinensis ludovicianus*) und **Riesenalk** (*Pinguinus impennis*), scheinen als Beispiele hervorragend geeignet. Bestimmte Textpassagen der Texttafel in der Zwischenausstellung könnten gar unverändert übernommen werden. Die textliche und gestalterische Aufarbeitung der Geschichte des Aussterbens der drei Arten wurde hier jedoch in den Kontext einer Beerdigungsanzeige eingebunden (siehe Abbildung IV.2.AE3z auf der nächsten Seite). Diese typische Form des Nachrufs an Verstorbene wurde hier bewusst gewählt, um Betroffenheit auszulösen und zu zeigen, dass es auch Tiere „wert“ sind, sie in Erinnerung zu halten. Darüber hinaus wird gerade durch den letzten Satz der klare Appell formuliert, sich zukünftig besser zu verhalten.

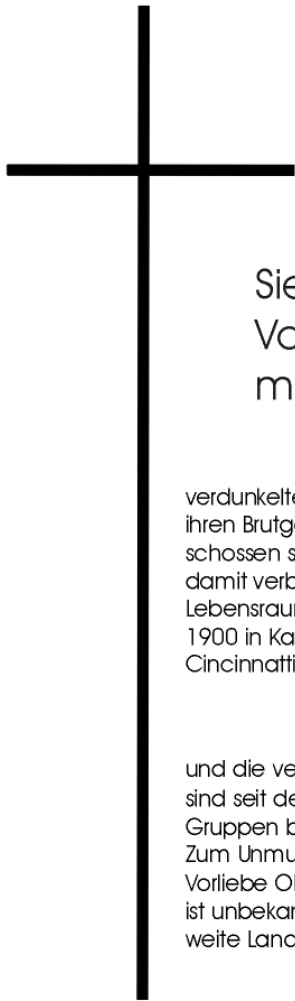
UE 8 Vogelstimmen-Quiz

In vielen Ausstellungen, auch in der derzeitigen Vogel-Ausstellung des Museum Koenig sind Vogelstimmen über ein Computer-Terminal abrufbar. Leider finden derartige Installationen meist keine Verbindung zum Original-Vogel und seiner natürlichen Umgebung. Steril und nüchtern beschränken sie sich allein auf das Präsentieren der Vogelstimme. Diesen Mangel möchte diese Ausstellungs-

ereinheit beheben, indem sie die Thematik „Vogelstimmen“ in den natürlich gestalteten Lebensraum einbettet und mit den dort aufgestellten Vogel-Präparaten verknüpft.

Im Bereich des Kottenforst-Lebensraumes ist ein Jägerhochsitz mit drei Holz-Seitenwänden, Aussichtsfenster auf den Ausstellungsbereich Wald und Holz-Dach nachgebildet. Auf eine erhöhte Position kann unter Umständen verzichtet werden. Der Eindruck eines Beobachtungplatzes sollte jedoch dennoch erhalten werden. Hier findet der Besucher nicht nur zwei festinstallierte oder über Ketten gesicherte Ferngläser, sondern als Hauptelement das Vogelstimmen-Quiz. Hierbei sollen gehörte Vogelstimmen mit den in unmittelbarer Nähe zur Beobachtungswarte im Lebensraum gezeigten Vögeln und ihren Artnamen verknüpft werden. Die akustische Übertragung erfolgt hierbei über mehrere Kopfhörer, um den anderen Ausstellungsbetrieb mit seiner eigenen Akustik nicht zu beeinflussen, andererseits aber auch, um zu gewährleisten, dass der oder die Bediener sich die übertragenen Vogelstimmen überhaupt störungsfrei anhören kann/können. Mehrere Kopfhörer übertragen dabei simultan (in Parallelschaltung) die Vogelstimmen. Dies ermöglicht es mehreren Besuchern, zusammen (im Team) die gehörten Stimmen zuzuordnen. Der Museumsbesucher kann zwischen zwei Varianten wählen: Entweder lässt er sich Vogelstimmen, zugehörige Vögel und Artnamen vom System zeigen, wobei er die Vogelart selbst wählen kann oder er wählt die Option „Quiz“. Dann hört er Vogelstimmen, die er den passenden Artnamen zuordnen muss. Eine Punktwertung gibt ihm am Ende eines Quiz-Durchlaufs einen Überblick über seinen Kenntnisstand.

Ein großes Tablett listet alle Vogelarten alphabetisch auf, deren Stimmen gehört werden können. Links vom Artnamen ist ein Drucktaster angebracht, der der Auswahl dieser Art dient. Weitere Tasten im unteren Bedienfeld, dass sich durch eine optische Markierung, Farbwahl und weitere Gestaltung von den übrigen Teilen abhebt, dienen dem Starten und Abbrechen des Spiels.



Wir trauern um
Wandertaube
Karolinasittich
Louisianasittich
Riesenalke

Sie stehen stellvertretend für so viele Vogelarten, die unser Wegwegen aussterben mussten, weil wir es so wollten!

Wandertauben (*Ectopistes migratorius*)

verdunkelten einstmal die Sonne, wenn sie im Herbst in dichten Schwärmen von ihren Brutgebieten in den kanadischen Wäldern nach Süden zogen. Massenweise schossen sie Jäger vom Himmel. Die Rodung der ursprünglichen Wälder und der damit verbundene Mangel an Nistbäumen und Nahrung nahmen ihnen ihren Lebensraum. Die letzte der früher Milliarden zählenden Wandertauben wurde im März 1900 in Kanada erlegt. Ein Tier, liebevoll „Martha“ gerufen, überlebte im Zoo von Cincinnati. Sie starb am 1. September 1914 im hohen Alter von 29 Jahren.

Karolinasittiche (*Conuropsis carolinensis*)

und die verwandten Louisianasittiche (*Conuropsis carolinensis ludoviciana*) sind seit den 1920er Jahren ausgestorben. Bis dahin lebten sie im Süden der USA in Gruppen bis zu 300 Tieren überall dort, wo es ausreichenden Baumbestand gab. Zum Unmut der Plantagenbesitzer fraßen die geselligen Papageien jedoch mit Vorliebe Obst. Ob ihre Verfolgung als „Schädlinge“ der Grund für ihre Ausrottung war, ist unbekannt. Da es nur diese beiden Papageienarten in Nordamerika gab, ist das weite Land heute „papageien-frei“.

Riesenalke (*Pinguinus impennis*)

brüteten einst zu Hunderttausenden an den Felsküsten des Nordatlantiks. Sie waren flugunfähige Meeresvögel, an Land schlecht zu Fuß und nicht menschenscheu: Eine leichte Beute für die Seefahrer früherer Jahrhunderte. Sie schätzten das Fleisch und die Eier. Die schier unermessliche Speisekammer war bald leer geräumt. Am 1. Juli 1806 starb der letzte Riesenalke auf den Färöer Inseln. Weltweit waren sie 1844 völlig ausgerottet.

Der hier ausgestellte Riesenalke ist um 1830 für Floors Castle in Schottland gekauft worden. 1905 erwarb es dann Alexander Koenig, der das Tier in einem naturgetreuen Zustand präparieren ließ.

Anstelle von Blumen und Kränzen bitten wir um eine
Spende an einen Naturschutzverein. Haltet uns in
Erinnerung und macht es in Zukunft besser!

Ein kleines Display (kein Bildschirm) zeigt den Punktestand. Natürlich kann das Bedienfeld wie auch die gesamte Steuerung über eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS, zum Beispiel Sucus von Klöckner-Moeller oder Siemens) oder über einen PC realisiert werden. Dies erleichtert die Umsetzung und erweitert die Möglichkeiten, aber erhöht auch die entstehenden Kosten.

Wird einfach eine Artnamen-Taste gedrückt, ertönt der zugehörige Vogellaut und das in unmittelbarer Nähe im Lebensraum aufgestellte Vogelpräparat wird mittels Spotlicht angeleuchtet. Zunächst muss der Besucher also den Vogel im Lebensraum suchen, was dank Strahler jedoch nicht schwer werden dürfte. Anschließend erfolgt die Verknüpfung von Artnamen und optischer wie akustischer Anschauung (Vogel im Lebensraum und über Kopfhörer vermittelter Vogellaut).

Mit Druck auf die START-Taste kann ein Spieldurchgang (Quiz) gestartet werden. Es ertönt ein Vogellaut, der über Tastendruck einer der Artnamen-Tasten zugeordnet werden muss. Bei Drücken einer der Tasten wird das ausgewählte und zum Artnamen zugehörige Exponat mit einem Spotlicht angeleuchtet.

Wurde die richtige Vogelart ausgewählt, erfolgt über das Display eine entsprechende Rückmeldung, und es ertönt der nächste Vogellaut und das Spiel wird fortgesetzt. Bei einer falschen Entscheidung reagiert das System entsprechend (über das Display) und es muss abermals getippt werden, bevor das Quiz mit einer anderen Vogelart fortgesetzt werden kann.

Das Vogelstimmen-Quiz beziehungsweise die abrufbare Vogelstimmen-Datenbank sollte nicht mehr als 15 bis 20 heimische Vogelarten enthalten. Dies genügt zur Vermittlung eines eingehenden Eindrucks der Vielgestaltigkeit der Gesänge, bietet ausreichend Auswahlmöglichkeiten. Trotzdem wird das Vogelstimmen-Quiz nicht zu umfangreich und zeitaufwändig. Auch bleibt die Übersichtlichkeit der Bedientafel gewährt.

Die Auswahl der Vögel ist relativ frei, es sollten jedoch beispielsweise die **Nachtigall** (*Luscinia megarhynchos*), der kleine, aber trotzdem schön singende **Zaunkönig** (*Troglodytes troglodytes*), eine schlagende **Amsel** (*Turdus merula*) und der **Goldregenpfeifer** (*Pluvialis apricaria*), der außergewöhnlich schöne Vogellaute von sich gibt, nicht fehlen.

AE 4 ÖKOLOGISCHE NISCHEN (*VIEL LOS IM BAUM*)

Einführung

Die AE 4 thematisiert einen der zentralsten Begriffe der Ökologie überhaupt, den der ökologischen Nische. Dabei soll auch auf die beiden Grundprinzipien Konkurrenzvermeidung, Konkurrenzausschluss sowie auf die Höhenschichten des (gemäßigten) Waldes eingegangen werden.

Aufbau

Über den Auenwald-Bereich gelangt der Besucher zu dieser vierten Ausstellungseinheit (siehe Abbildung IV.2.AE4a). Neben ihrer thematischen Aufgabe dient sie gleichzeitig als Ausgang in die 2. Ausstellungsebene und damit zur fünften AE, dem Vogelzug (siehe Abbildung IIIa).

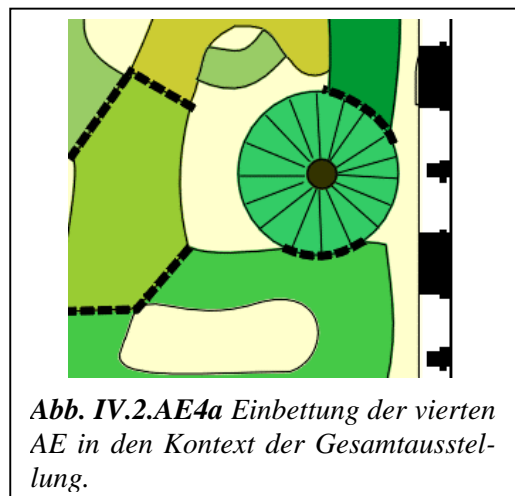


Abb. IV.2.AE4a Einbettung der vierten AE in den Kontext der Gesamtausstellung.

Eine Wendeltreppe führt in weitem Bogen um einen Baumstamm, der ringsum zahlreiche belaubte oder benadelte Äste trägt. Ein „Vorhang“ aus Laub (Kunstlaubblätter) trennt die Wendeltreppe etwas vom Auenwald-Bereich ab (siehe Abbildung IV.2.AE4b).

Ein zu dichtes Verhängen mit Blättern könnte jedoch eine Hemmschwelle aufbauen, die viele Menschen vom Durchschreiten abhalten würde, weil sie eventuell einen Dienstgang oder Personalbereich vermuten würden. Dies muss vermieden werden. Ziel des Blättervorhangs ist es, Neugier auf das Dahinterliegende zu schaffen. Daher muss dem Besucher deut-

lich vermittelt werden, dass er die Blätter zur Seite schieben und hindurchtreten darf.

Einerseits wird durch einen grünen Farbbalken mit Titel, wie bei jeder AE üblich, auf die folgende Ausstellungseinheit, andererseits auch gleich auf die Anschlusseinheit Vogelzug (Auf nach Afrika) hingewiesen:

↑ **Viel los im Baum** ↑
(↑ **Auf in den Süden** ↑)

Dies zeigt dem Besucher, dass er durch den Blättervorhang hindurchtreten darf, zumal auch ein allzu dichtes Blätterwerk vermieden wird.

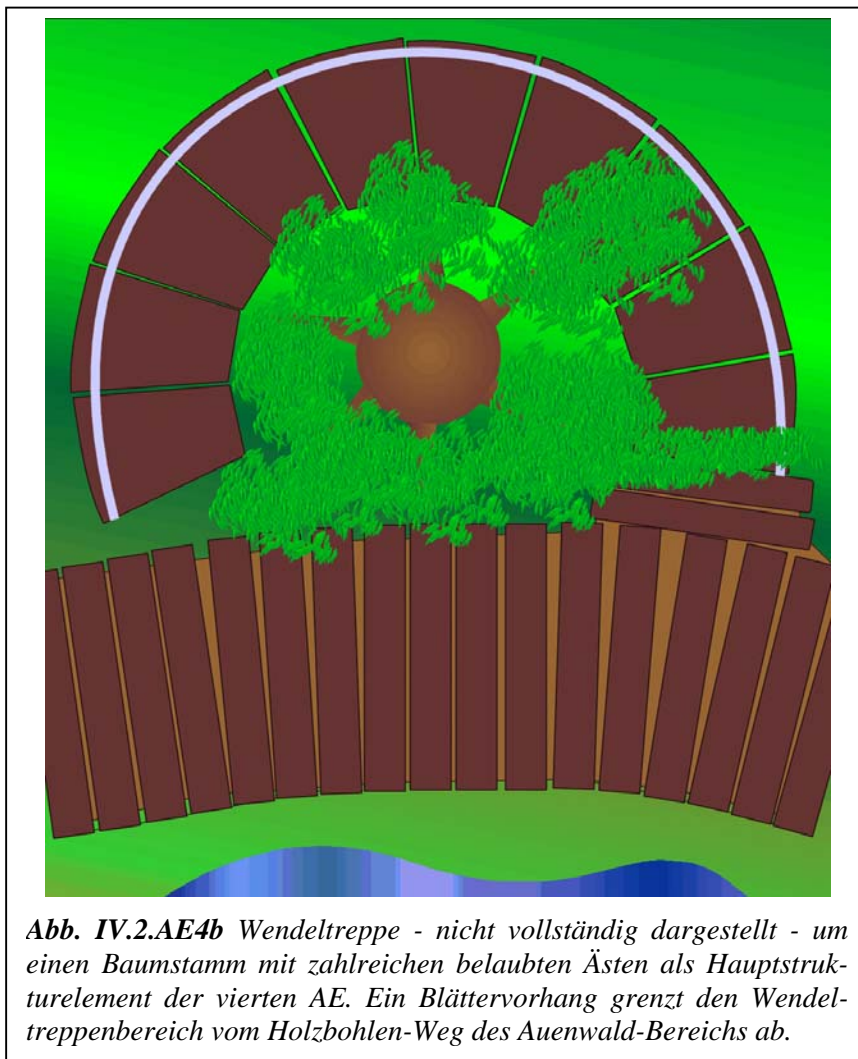


Abb. IV.2.AE4b Wendeltreppe - nicht vollständig dargestellt - um einen Baumstamm mit zahlreichen belaubten Ästen als Hauptstrukturelement der vierten AE. Ein Blättervorhang grenzt den Wendeltreppenbereich vom Holzbohlen-Weg des Auenwald-Bereichs ab.

UE 1 Vertikalstrata des Laubmischwaldes

Die einzelnen Schichten des Laubmischwaldes stellen jede für sich Lebensräume für bestimmte Vogelarten dar.

Eine erste Texttafel (siehe Abbildung IV.2.AE4c) informiert über die Vertikalstrata (Schichten) des Laubmischwaldes, die auch im Dioramen-Arrangement nachgebildet sind.

UE 2 Ökologische Nische

Dieser zentrale Begriff wird zwar bereits in der Ökologie-Teilausstellung des ZFMK vorgestellt werden müssen, dennoch taucht er auch hier in der VogelWelten-Ausstellung auf, da er natürlich auch für Vögel Gültigkeit hat und hier exemplarisch behandelt werden kann.

Im Sinne einer Konkurrenzvermeidung der einzelnen Vogelarten innerhalb des Lebensraumes Laubwald sind hier beispielsweise unterschiedlich präferierte Aufenthaltsorte am Baum für Nahrungssuche oder Brut, Tageszeiten zur Nahrungssuche oder variierende Nahrungsspektren realisiert.

Diese manchmal feinen Unterschiede einzelner Arten ermöglichen vielen Arten Konkurrenzvermeidend eine Existenz sogar in unmittelbarer Nachbarschaft.

Zwei Alternativen sollen hier angeboten werden: Entweder ließen sich die unterschiedlichen Orte der primären Nahrungssuche einzelner Arten oder der Brutstätten in dieser Ausstellungseinheit präsentieren. Jeweils nur eine Variante sollte dargestellt werden, um eine Überfrachtung zu vermeiden, und auf andere Einnischungscharakteristika nur in der zugehörigen Texttafel eingegangen werden.

Im Folgenden wird die Variante „Unterschiedliche Orte der Nahrungssuche am Nadelbaum“ weiterverfolgt und beschrieben. Der grundsätzliche Strukturaufbau anderer Varianten entspricht dieser jedoch.

Abhängig von der realisierten Variante ist der von der Wendeltreppe umgebende Baum ein Laub- oder Nadelbaum, in diesem Beispiel ein Nadelbaum.

An der jeweilig passenden Stelle im Baum sind die einzelnen Vogelpräparate (bei der Nahrungssuche) aufgestellt. Ein kurzer Text informiert über den Namen der zugehörigen Vogelart und deren Gewohnheiten bei der Nahrungssuche. Diese Kurztexte sind auch auf der Texttafel „Ökologische Nische“ (siehe Abbildung IV.2.AE4d) in einer Darstellung wiedergegeben.

Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca*) benutzt Baum- und Astspitzen als Warte und frisst Insekten

Buntspecht (*Dendrocopos major*) frisst am Stamm Insekten aus Bohrlöchern

Amsel oder **Schwarzdrossel** (*Turdus merula*) sucht am Boden Insekten und Würmer

Fichtenkreuzschnabel (*Loxia curvirostra*) kann sich in Astspitzen aufhalten und frisst die Samen von Zapfen

Waldbaumläufer (*Certhia familiaris*) holt Insekten und Spinnen aus den Ritzen der Rinde

Goldhähnchen (*Regulus spec.*) hält sich auf den äußersten Zweigspitzen auf und jagt Insekten

Am oberen Ende der Wendeltreppe befindet sich die Texttafel, die die zuvor einzeln vorgestellten Unterschiede in der Nahrungswahl und dem präferierten Ort der Suche im Begriff der Ökologischen Nische zu einem Grundprinzip verdichtet und auf weitere im Zusammenhang stehende Begriffe, wie Konkurrenzvermeidung und Konkurrenzausschluss einget (siehe Abbildung IV.2.AE4d).

Unser Wald

Schicht für Schicht

Unser Wald lässt sich in sechs Schichten einteilen. Und in jeder dieser Schichten finden wir typische Pflanzen, Tiere und Pilze.

Wald ohne Bäume?

Unvorstellbar! Besonders häufig in unseren Wäldern sind Eiche, Rotbuche, Weißbuche, Fichte und Kiefer.

Multitalent

Wälder sind wahre Multitalente, denn sie erfüllen viele Funktionen:

- Wasserspeicher
- Sauerstofflieferant
- Holzlieferant für die Industrie
- Schutz vor Bodenabtragung
- Heimat für viele Pflanzen, Tiere und Pilze

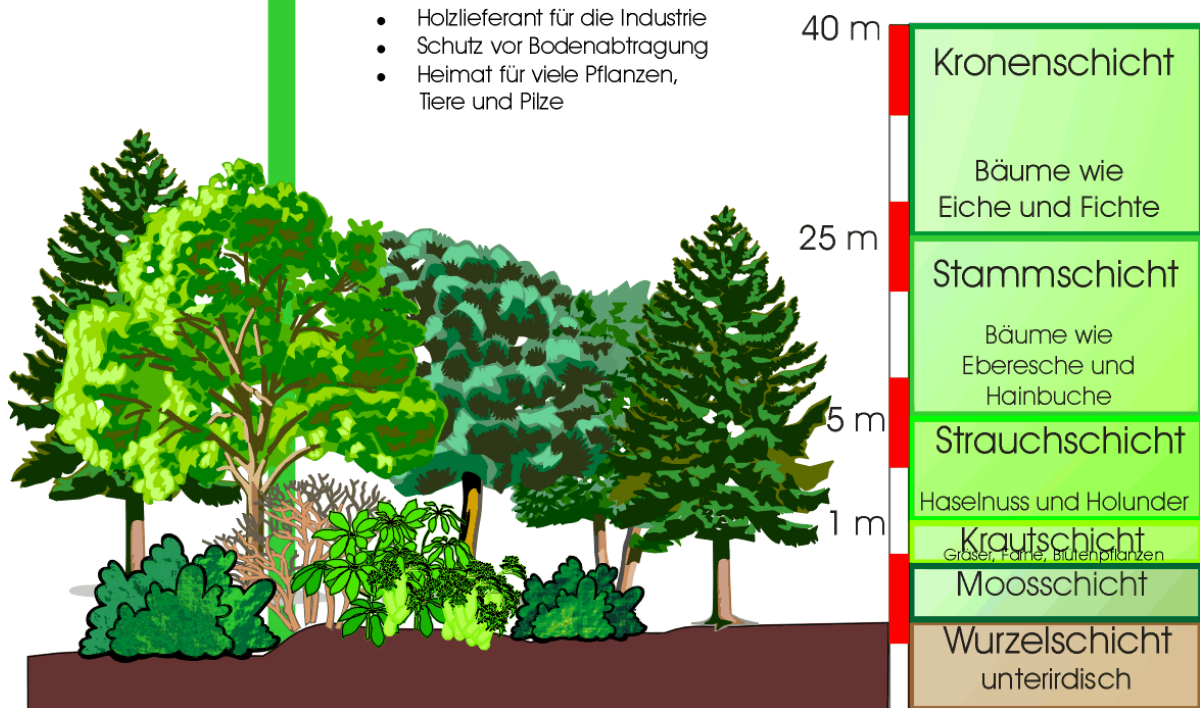


Abb. IV.2.AE4c Texttafel zur UE 1, die die Schichten und Funktionen des Laubmischwaldes näher erläutert.

Jeder hat seinen Platz

Wer sich aus dem Weg geht, erspart sich Probleme!

Jeder Vogel hat seinen Platz, an dem er im Lebensraum Wald nach Nahrung sucht. Das hat für jede Art Vorteile, denn so vermeiden sie Streitereien oder Wettbewerb um ein begrenztes Nahrungsangebot. Das ist echte Konkurrenzvermeidung!

Doch nicht nur der Ort der Nahrungssuche ist kennzeichnend. Viele andere Dinge sind auch typisch für jede einzelne Vogelart.

So jagen Eulen meistens nachts, während Falken oder Bussarde tagsüber jagen. Merkmale einer Art sind auch, wo und wie die Vogelart brütet, in welchem Lebensraum und in welchen Regionen die Art ihr Vorkommen hat, ob sie alleine, im Paar oder in großen Kolonien leben, welche Außentemperaturen und klimatische Bedingungen sie vorziehen und vieles mehr.

So kann man die Gesamtheit aller Umweltfaktoren, die die Existenz einer Art bestimmen, zusammenfassen zur ökologischen Nische einer Art, die gewissermaßen den Beruf einer Art darstellt.

Würden zwei Vogelarten die gleichen Ansprüche an ihre Umwelt stellen, gäbe es zwischen diesen beiden Konkurrenz. Je nachdem, wie die Umwelt geschaffen ist, wird die eine oder die andere Art besser mit dem Angebot der Umwelt zurechtkommen und so besser angepasst sein. Diese Art wird auf lange Zeit betrachtet, die unterlegene verdrängen, was als Konkurrenzausschluss-Prinzip bezeichnet wird.

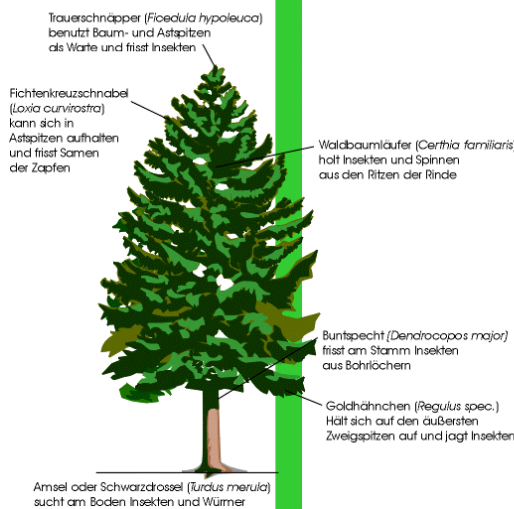


Abb. IV.2.AE4d Texttafel zur UE 2, die den abstrakten Begriff der Ökologischen Nische vermittelt.

Am oberen Ende der Wendeltreppe sind in relativer Nähe zueinander und zur Texttafel „Ökologische Nische“ (siehe Abbildung IV.2.AE4d) ein **Zilpzalp** (*Phylloscopus collybita*) und ein **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*) angeordnet.

Fitis und Zilpzalp sind sogenannte Zwillingarten, die sich nicht nur optisch sehr ähnlich sehen, sondern auch in weiteren Merkmalen, wie der Fortpflanzungszeit, dem Habitat und der Ernährungsweise, weitgehende Übereinstimmung zeigen. Dennoch – selbstverständlich – unterscheiden sich ihre ökologischen Nischen, in diesem Fall unter anderem durch einen völlig unterschiedlichen Gesang. Auf den Begriff „Zwillingart“ wird in der Texttafel „Ökologische Nische“ eingegangen.

Variante

Sollte anstelle der Darstellung verschiedener Ernährungsorte am Nadelbaum die der Brutstätten am Laubbaum vorgezogen werden, so böte es sich an,

- einen **Wendehals** (*Jynx torquilla*) in einer alten bereits vorhandenen Höhle als Baumbrüter,
- einen **Pirol** (*Oriolus oriolus*) in einem in den oberen Astgabeln im Nest,
- eine **Mönchsgrasmücke** (*Sylvia atricapilla*) im dichten Gebüsch,
- eine **Amsel** (*Turdus merula*) mit Nest in der Strauchschicht,
- eine **Nachtigall** (*Luscinia megarhynchos*) mit Nest in unmittelbarer Nähe des Bodens,
- einen **Zilpzalp** (*Phylloscopus collybita*) mit Nest im Gebüsch (oder auf dem Boden) und
- einen **Fitis** (*Phylloscopus trochilus*) mit einem Nest auf dem Boden zu präsentieren.

Auch bei dieser Variante kann der Begriff „Zwillingarten“ erläutert werden, da Fitis und Zilpzalp ebenfalls beide vorgesehen sind.

AE 5 VOGELZUG (AUF IN DEN SÜDEN)

Einführung

Das Verschwinden und Wiederauftauchen vieler Vögel ist als besonders bemerkenswertes Phänomen jahrhundertlang Anlass zu Mythen und Spekulationen gewesen. Erst im 19. Jahrhundert begann eine zunehmende Erforschung des Vogelzugs. Auch jetzt noch ist er für viele Menschen spannend und verdient Beachtung, gerade weil die besonderen Leistungen der Fernstreckenzieher heute bekannt sind, wenn auch es auch noch Vieles zu erforschen gilt.

Die Ausstellungseinheit 5 beleuchtet neben einigen ornithologischen Aspekten des Vogelzugs auch Forschungsmethoden. Stationsweise begibt sich der Museumsbesucher selbst auf den Vogelzug von Mitteleuropa nach Afrika und erfährt bei jeder erreichten Untereinheit Wissenswertes über einen Themenkomplex der saisonalen Wanderung.



Abb. IV.2.AE5a Ausstellungseinheit 5 „Vogelzug“ mit den Untereinheiten 1 bis 5, braun gekennzeichnet ist die Sitzfläche „Wolken-Sitze“. Von hier kann der Museumsbesucher entspannt auf andere Ausstellungseinheiten blicken.

Darüber hinaus bietet der Emporengang auf einer erhöhten Ebene Einblicke auf andere Ausstellungseinheiten aus einem anderen Blickwinkel.

UE 1 Hin und Weg

Der Besucher erreicht die Ausstellungseinheit 5 „Vogelzug“ über die Wendeltreppe der 4. Ausstellungseinheit „Ökologische Nischen“, muss also vorher über Treppenstufen an Höhe gewonnen haben und steigt gewissermaßen selbst wie ein Vogel bei Start des Vogelzugs in die Lüfte. Über der Baumkronenschicht angekommen, wird er mit einer „frischen Brise“ empfangen, die über eine Gebläsevorrichtung erzeugt wird. Im weiteren Verlauf des Besuchs durchschreitet er auch Bereiche, deren Boden über eine Nebelmaschine vernebelt wird, so als würde der Besucher quasi über und in der Wolkenschicht die Vögel auf der weiten Reise des Vogelzugs begleiten. Der Höhencharakter wird über den transparenten Glasboden des Besucherwegs gefestigt. Darüber hinaus wird über Scheinwerfer effektvolle Sonnenuntergangs Atmosphäre geschaffen.

Nachdem der Besucher über den Bodenfarbbalken

↑ **Auf in den Süden** ↑

gegangen ist, steht er unmittelbar vor der „Abflug/Anflug“-Tafel, die den Anzeigetafeln in Flughäfen nachgebildet sind. Auf ihr werden die Abflugzeiten, Flugziele, Wiederkehrzeit und Individuenzahlen vieler Zugvogel-Arten angegeben. Der Informationsgehalt entspricht weitgehend dem der Abflug-/Ankunft-Plakate, die im Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer aufgehängt sind (siehe Abbildungen IV.2.AE5b und c). Aus Kostengründen wäre dies auch gleichzeitig eine Präsentationsalternative zur „Flughafen-Abflug-Tafel“.



Abb. IV.2.AE5b Abflug- und Ankunft-Plakate im Ausstellungsbereich des Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer, die nach Monaten gegliedert den Wegzug, Heimzug bzw. Weiterzug der im niedersächsischen Wattenmeer heimischen Vogelarten nennen.



Abb. IV.2.AE5c Abflug-Plakat, aufgehängt im Nationalparkzentrum Niedersächsisches Wattenmeer, in Detail-Ansicht. Nach Monaten geordnet sind Art, Flugziel, Individuenzahl und weitere Informationen gegeben.

In die Tafel integriert ist der Schriftzug „Hin und Weg“, dem Titel dieser Untereinheit sowie eine Datum-Anzeige, die in geraffter Form einen simuliert-verkürzten Jahresablauf zeigt. Jeweils zu dieser Datum-Anzeige passend werden die in Kürze fortziehenden Vogelarten in zeitlicher Abfolge (Fahrplan) dargestellt. Grüne Wechselblinkleuchten (Optik wie bei Flughafen-Arrival/Departure-Anzeigetafeln) zeigen mit Wechselblinken die Zugvogel-Arten, die momentan (der Simulation entsprechend) den Wegzug beginnen.

Oben auf der Anzeigetafel sitzen einige klassische Vertreter der Zugvögel, die gewissermaßen dort wie auf ihr Startsignal wartend pausieren.

UE 2 Wieso, weshalb, warum?

Die Gründe für den Vogelzug werden, soweit sie bis heute aufgedeckt werden konnten, werden über eine Anzahl von Klappen, die mit Fragen bedruckt sind, mit dahinterliegenden Kleindioramen, Texten oder weiteren Medien dargestellt.

Diese Klappen sind hintereinander, nicht übereinander, wellenförmig zusammengefasst, so dass mehrere Besucher gleichzeitig Klappen öffnen und schließen können, ohne sich gegenseitig zu behindern.

Oberhalb dieser Konstruktion ist eine kleine Gruppe Weißstörche im Flug an Nylonfäden angebracht.

Alle Klappen sind an einer ebenfalls wellenförmigen, metallischen Stange befestigt und unter dieser angeordnet. Über der Stange ist der Schriftzug „Wieso, weshalb warum? Wer nicht fragt bleibt dumm!“ angebracht.

Der Ausstellungsbesucher kann nun jede einzelne dieser Klappen öffnen, um für sich jeweils eine Frage zu beantworten, die auf der Klappe steht.

- **Klappe „Was ist Vogelzug?“**

Beantwortung über Text: Viele heimische Vögel ziehen jedes Jahr im Herbst in den Süden, um dort den Winter zu verbringen. Im Frühjahr erreichen sie wieder ihr angestammtes Gebiet, um dort im Sommer zu brüten. Jedes Jahr legen so Zugvögel große Entfernungen, oftmals viele tausend Kilometer, zwischen Brutgebiet und Winterquartier zurück.

- **Klappe „Warum überwintern viele heimische Vögel im Mittelmeerraum und in Afrika?“**

Beantwortung über ein Kleindiorama hinter der Klappe und einen erläuternden Text. Das Kleindiorama zeigt ein **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*), das unter einer geschlossenen (Kunst-)Schneedecke nach Futter sucht. Text: Es gibt viele Gründe für den Vogelzug. Für viele Vögel sind die klimatischen Bedingungen im Winter im Brutgebiet zu schlecht. Eis, Schnee und Kälte machen das Überleben schwer, auch ist kaum noch Nahrung zu finden. Da ist es besser, den Winter woanders zu verbringen.

- **Klappe „Ziehen alle Vogelarten im Winter in den Süden?“**

Beantwortung über Kleindiorama und Text. Zwei Rotkehlchen sind an einem verschneiten Futterhäuschen dargestellt. Text: Nicht alle Vogelarten gehören zu den Zugvögeln. So bleiben beispielsweise Haussperling, Elster oder die meisten Spechtarten auch im Winter immer im Brutgebiet und wandern nicht. Sie werden Standvögel genannt. Daneben gibt es einige Vogelarten, bei denen nur ein Teil fortzieht und der andere Teil im Brutgebiet überwintert. Sie werden Teilzieher genannt. Grünfinken, Goldammern und die hier gezeigten Rotkehlchen sind Teilzieher. In den letzten Jahren bleiben immer mehr Vögel im Brutgebiet. Dies kann an der Fütterung durch den Menschen und an den milden Wintern liegen.

- **Klappe „Woher weiß der Vogel, dass er ein Zugvogel ist und woher weiß er, wo er hinfliegen soll?“**

Der Vogel kann sich nicht selber aussuchen, ob er ein Zugvogel sein möchte oder nicht. Dies hat er von seinen Eltern genetisch geerbt. Auch wohin er zur Überwinterung hinfliegt, hat er geerbt. Mithilfe eines inneren Kalenders und Orientierung am Erdmagnetfeld, der Sonne, den Sternen und an Landschaftsmerkmalen, wie Küstenlinien oder Gebirgen, findet er sicher in sein Winterquartier.

- **Klappe „Sind Vögel die einzigen Tiere, die regelmäßig zwischen zwei Gebieten wandern?“**

Beantwortung über Text und passende Präparate: Nein, neben Vögeln wandern zum Beispiel auch Schildkröten, viele Fische und Schmetterlinge! Wer es genau wissen möchte, kann sich am GROMS-Computer informieren.

Neben dieser letzten Klappe ist ein PC aufgestellt, der mit der GROMS-Software (Global Register of Migratory Species) ausgestattet ist. Dieses Programm liefert weiterführende Informati-

onen über wandernde Tierarten. Auch im Internet ist GROMS über www.groms.de abrufbar.

UE 3 Gefährliche Urlaubsreise?

Die Untereinheit lenkt die Aufmerksamkeit auf besondere Risiken, die der Zug in sich birgt. Über den Köpfen der Besucher ist eine Jagdszene dargestellt, die einen **Eleonorenfalken** (*Falco eleonora*) bei der Verfolgungsjagd nach Kleinvögeln auf dem Zug zeigt. Eine Texttafel (siehe Abbildung IV.2.AE5d) informiert über das Gezeigte.

Gefährliche Urlaubsreise?

Gefahren überall und immer, wenn Zugvögel auf der weiten Reise ins Winterquartier sind

Bei jedem Wind und Wetter müssen die Zugvögel über oft viele tausend Kilometer ziehen. Das kostet die letzten Kräfte. Energiereserven anfressen und Energiesparen beim Flug ist daher oberste Pflicht. Dabei sind Vögel sehr erfinderisch: Vor dem Zug fressen sie sich große Fettdepots an, die Energien speichern. Momentan nicht benötigte Organe bilden sich zurück. Etliche Zugvögel nutzen günstige Aufwinde, fliegen sooft es geht im Segelflug oder ziehen in Formationen, wie dies Enten, Gänse, Kraniche und Schwäne tun.

Doch im Mittelmeerraum wartet eine ganz besondere Gefahr vor allem auf die kleineren Zugvögel: Der Eleonorenfalk (*Falco eleonora*). Er hat sich auf die Jagd kleinerer Zugvögel spezialisiert, mit denen er seinen Nachwuchs füttert.

Da der Zug in den Süden recht spät im Jahr stattfindet, brütet er auch erst im Spätsommer und ist damit der letzte Brutvogel des Jahres in ganz Europa. Nach der Brut zieht er selbst in sein Überwinterungsquartier auf der Insel Madagaskar im Indischen Ozean.

Abb. IV.2.AE5d Texttafel „Gefährliche Reise“. Die Darstellung ist auf der unteren und linken Seite gekürzt.

UE 4 In der ganzen Welt wird gewandert

Der Besucher kann sich auf einer großen Weltkarte die verzeichneten Hauptzuglinien ansehen (siehe Abbildung III.3a im zweiten Band, Kapitel III.3). Der Legendentext der Karte erläutert, dass dies die charakteristischen Zuglinien vieler Zugvögel sind. Oberhalb der Weltkarte sitzt eine (präparierte) **Küstenseeschwalbe** (*Sterna paradisaea*). Über versteckt angeordnete Lautsprecher und eine Lichtschrankenauslösung wird ein Akustik-Element (siehe Textkasten) ausgelöst.

Variante Spurgeführte Ausstellungseinheit

Die Ausstellungseinheit zum Vogelzug ließe sich, genügende Finanzmittel vorausgesetzt, auch als spurgeführtes Transportsystem, ähnlich einer langsamen Achterbahn, realisieren. Das Prinzip der langsamen Vorbeiführung an Themeninhalten mittels solcher oder ähnlicher Systeme hat den großen Vorteil, dass es weder zur Stauungen vor bestimmten Schwerpunkten kommen kann, noch, dass der Besucher an bestimmten Inhalten „einfach vorbeiläuft“. Stets ist bekannt, wann ein Besucher eine bestimmte Station passiert, so dass akustische oder andere Effekte zeitgenau inszeniert werden können. Diese Vorteile sind nicht nur bereits von vielen Freizeit- und Vergnügungsparks (siehe Abbildung IV.2.AE5e) erkannt worden, sondern sogar von Supermärkten in

Japan, die ihre Kunden auf diese Weise durch das Geschäft an allen Produkten entlang fahren lassen. In der VogelWelten-Ausstellung böte sich ein Vehikel an, dass einer Gans nachempfunden ist und an die Geschichte von Selma Lagerlöf „Nils Holgerson und die Wildgänse“ erinnert, der Erzählung, bei der ein Junge zum Winzling verzaubert wurde und auf dem Rücken der Wildgänse den Vogelzug und etliche Abenteuer erlebt.



Abb. IV.2.AE5e Der Traum vieler Kinder, einmal auf einem Pferd zu reiten, kann im Legoland Günzburg (Bayern) erfüllt werden. Das macht, wie hier ersichtlich, selbst Erwachsenen Spaß.

AKUSTIK-ELEMENT Küstenseeschwalbe Migra

Hallo, schaut mal nach oben, ja genau, hier über der großen Weltkarte sitze ich. Ich heiße Migra und freue mich, dass Ihr gekommen seid. Herzlich willkommen bei meiner, nein unserer Vogelzug-Wanderung.

Ich bin eine Küstenseeschwalbe und wandere jedes Jahr 50.000 Kilometer zwischen Nord- und Südpol durch die Welt. So weit wie ich, wandert kein anderer Vogel. Ich bin fast immer im Flug und so kann ich getrost sagen: Beine, brauch ich keine! Hab ich aber, und jetzt mache ich hier im Museum Koenig eine Pause, um Euch ein klein wenig vom spannenden Vogelzug zu erzählen.

Auf der ganzen Welt gibt es Vögel, die jedes Jahr weite Strecken wandern.

Die meisten von ihnen wandern auf ähnlichen Routen in die Winterquartiere, die Ihr auf der großen Weltkarte sehen könnt: Von Nordamerika nach Südamerika, von Europa nach Afrika und von Ostasien nach Indien und Australien.

Doch woher weiß man das?

Menschen können schlecht jedem Vogel hinterfliegen. Doch geforscht wird trotzdem. Vögel bekommen kleine Ringe mit Nummern um die Beine. Werden die beringten Vögel irgendwo wieder gefunden, weiß man dank des Ringes, wo sie hergekommen sind. Noch eleganter ist die sogenannte Satelliten-Telemetrie. Da bekommt ein Vogel einen Rucksack mit einem Peilsender. So weiß man immer, wo sich der Vogel gerade befindet. Das kann jeder sogar im Internet, zum Beispiel bei den Naturdetektiven, mitverfolgen.

Variante Aufzug-Simulation

Sollte aus Finanzmittel-Knappheit oder anderen Gründen eine Höherlegung der Ausstellungseinheit Vogelzug nicht möglich sein, so könnte der Zugang über die Wendeltreppe der AE Ökologische Nischen am Baum nicht mehr erfolgen. Eine Ersatzlösung für den Eindruck der räumlichen Höhe (Vogelzug findet in der Luft statt, nicht auf dem Boden!) wäre dann über einen simulierten Aufzug möglich. Eine Zugangstür zum Aufzug öffnet sich. Eine kleinere Besuchergruppe tritt ein, die Tür

schließt sich und mittels Rumpeln, Wackeln, Stockwerksanzeigetafel und akustischer Untermalung wird die Fahrt des Aufzugs nachgeahmt. Eine zweite Tür gegenüber der Zugangstür öffnet sich und gibt den Weg zur AE Vogelzug frei. Nachteil einer solchen Lösung ist, dass Einblicke aus erhöhter Position auf andere Ausstellungseinheiten (Ausblick) nicht möglich sind, außerdem ergibt sich ein Kapazitätsproblem bei Schulklassen und größeren Gruppen, die durch den Aufzug „geschleust“ werden müssen.

AE 6 WERKZEUGGEBRAUCH (WERKZEUGE MACHEN 'S LEICHTER!)

Einführung

Die Ausstellungseinheit 6 zeigt den Museumsbesuchern einige Beispiele des vielfältigen Werkzeuggebrauchs bei Vögeln. Auch hier kann nur eine kleine Auswahl getroffen werden, da gerade unter den Vögeln Werkzeugnutzung relativ häufig ist und sich vielfältige Formen entwickelt haben. Die in dieser Ausstellungseinheit präsentierten Werkzeugnutzer und ihr besonderes Verhalten sind sämtlich in Kapitel V.3.5 in Band 2 beschrieben, so dass an dieser Stelle auf über den Rahmen der Besucherinformation hinausgehende Erläuterungen verzichtet werden kann. Der im Zusammenhang mit Werkzeuggebrauch gerade bei Säugetieren, wie Primaten, gerne und oft verwendete Begriff des Handwerkers darf bei Vögeln, um Verwechslungen zu vermeiden, jedoch nicht angeführt werden, da sie ihre Werkzeuge in der Regel in den Krallen oder im Schnabel halten, da die Hände zu Flügeln umgebildet sind, die ein festhalten nicht erlauben.

Um zu vermeiden, dass Besucher mit Werkzeuggebrauch bei Vögeln stets Nahrungerschließung verbinden, werden hier (im gleichen Umfang) auch Techniken präsentiert, die eben diesem Zwecke nicht dienen.

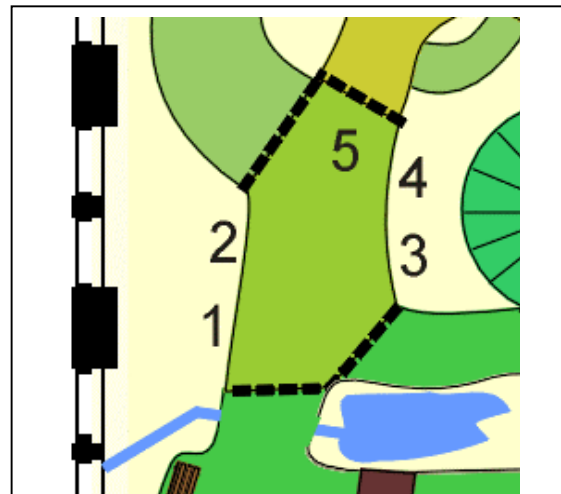


Abb. IV.2.AE6a Ausstellungseinheit 6 Werkzeuggebrauch mit den zugewiesenen Plätzen der Untereinheiten 1 bis 5, eingebettet zwischen AE 3 Biodiversität und Vielfalt, AE 7 Fortpflanzung und Entwicklung und AE 8 Federn und Gefieder.

Den Eintritt in diese sechste Ausstellungseinheit wird typischerweise durch den Farbbalken auf dem Boden mit dem Schriftzug markiert:

↑ **Werkzeuggebrauch** ↑

Auf der in Besuchsrichtung linken Seite des Weges sind zwei (UE 1 und 2), auf der rechten Seite ebenfalls zwei Themen-Dioramen (UE 3 und 4) und über dem Besucherweg ein Arrangement (UE 5) angeordnet.

UE 1 Steine-Schleudern

Ein Kleindiorama zeigt das Steine-Schleudern des **Schmutzgeiers** (*Neophron percnopterus*), der Steine mit dem Schnabel aufnimmt, um sie gegen Straußeneier zu werfen und so zu öffnen. Der Aufbau zeigt daher einen Schmutzgeier, der im Schnabel einen etwa 250 Gramm schweren Stein hält und unmittelbar vor einem Straußenei steht (siehe Abbildung V.3.5a, Band 2).

Der Besucher erhält erläuternde Informationen jedoch nicht sofort. Stattdessen muss er selbst einen Stein gegen ein (künstliches) Straußenei werfen. Trifft er dieses, wird über einen Schaltkontakt (Berührungssensor) ein Schrittmotor eingeschaltet, der eine auf der Drehachse befestigte Texttafel so um 180° dreht, dass der Besucher den Text lesen kann (siehe den Textkasten „Steine werfen für den Eier-Schmaus“ auf der folgenden Seite).

Nach einer Zeit von etwa 30 Sekunden wird die Tafel wieder um 180° (motorisch) gedreht, so dass sie nicht mehr gelesen werden kann.

Der Stein selbst ist an einem Seil befestigt, so dass er nicht entfernt oder gegen andere Gegenstände der Ausstellung geworfen werden kann. Dabei ist die Seillänge so bemessen, dass die Wurfentfernung zum Ei mindestens 1 m beträgt, damit nicht jeder Wurf direkt ein Treffer ist. Vor dem Straußenei ist der Schriftzug „Steine werfen ist nicht schwer, Eier treffen dagegen sehr.“ angebracht.

Steine werfen für den Eier-Schmaus

Der Schmutzgeier (*Neophron percnopterus*) ernährt sich von Insekten, kleinen Wirbeltieren und Eiern. Eine besondere Delikatesse sind Straußeneier. Der kleine Geier kann die harte Schale jedoch nicht mit dem Schnabel aufbrechen, so dass er einen Stein zu Hilfe nimmt. Er wirft den Kopf nach hinten, schnell dann nach vorne und schleudert den im Schnabel gehaltenen Stein auf das Ei. Immer wieder wirft er den Stein so gegen das Ei, bis schließlich die Schale zerbrochen ist.

UE 2 Feuerlegen

Auch hier soll in Form eines Kleindioramas eine naturnah gestaltete Umgebung eines Schwarzmilans beim Feuerlegen geschaffen werden. Ein **Schwarzmilan** (*Milvus migrans*) wird dabei knapp über dem Boden fliegend gezeigt (an durchsichtigen Nylonfäden befestigt), der gerade einen an einer Seite brennenden Ast fallen lässt. Auch hier, wie bereits in der Ausstellungseinheit 1, Untereinheit 5 Märcheneule, kann ein Rauchgenerator realistisch wirkende Effekte erzeugen. Direkt unter dem fliegenden Milan brennt bereits die trockene Grasfläche, entweder ebenfalls nur Rauch oder zusätzliche Effekte durch spezielle Beleuchtung. Echtes offenes Feuer ist in der Installation, Wartung, aber auch gerade unter Sicherheitsaspekten nicht empfehlenswert.

In einigem Abstand vor dem Buschfeuer sitzt ein anderer Schwarzmilan auf dem Boden. Einige kleinere Reptilien und Nagetiere werden auf der Flucht vor dem Feuer dargestellt. Dabei werden sie so platziert, dass sie scheinbar direkt in Richtung des wartenden Schwarzmilans laufen.

Brandstifter am Werk

Fast alle Tiere fliehen vor Feuer, nicht so jedoch der Schwarzmilan (*Milvus migrans*) in Australien. Schwarzmilane tragen nach Buschfeuern oder von offenen Feuerstellen noch glimmende Äste in ihren Klauen fort. Über trockenen Grasflächen lassen sie diese fallen und entfachen auf diese Art dort ein Feuer. Alleine oder in kleinen Gruppen warten sie anschließend auf die zahlreich vor dem Feuer fliehenden Reptilien und Nagetiere, die ihnen als leichte Beute entgegenlaufen. Die Aborigines, das sind die australischen Ureinwohner, nennen den Brandstifter daher Feuerfalken.

UE 3 Anstreichen

Die drei noch in dieser Ausstellungseinheit folgenden Untereinheiten 3 bis 5 beinhalten alle Elemente, die sie mit der nachfolgenden Einheit 7 Fortpflanzung und Entwicklung vernetzen. Dies lässt die engen Wechselwirkungen und Beziehungsflechte, aber auch die Multidimensionalität jeder einzelnen Vogelart deutlich werden. In dieser Untereinheit wird mit dem besonderen Werkzeuggebrauch zur Umsetzung des Balzverhaltens des Männchens der **Seidenlaubenvögel** (*Ptilonorhynchus violaceus*) ein bruchloser Übergang zur Thematik Balz (Fortpflanzung & Entwicklung) geschaffen, die ihrerseits in der ebenfalls angrenzenden Ausstellungseinheit 8 Federn & Gefieder Anknüpfungspunkte findet. Das Kleindiorama zeigt eine in Nord-Süd-Richtung weisende, bereits halb angefärbte Laubenkonstruktion des Seidenlaubenvogel-Männchens (siehe Kapitel V.1.3 zur Balz im Abschnitt „Bemerkenswerte Balz“, Band 2). Neben der Laube liegt zur besonderen Verdeutlichung ein üblicher Feldkompass, der die Himmelsrichtungen zeigt. Ein Seidenlaubenvogel-Männchen hält in der Schnabelspitze kleine Rindenfasern oder trockene Grashalme. Der Schnabel ist etwas mit der im Original aus Speichel und Pflanzenextrakten gebildeten Farbe angefärbt.



Abb. IV.2.AE6b Farbeimer neben dem Kleindiorama „Mehr Farbe für die Laube“. Das auf einem der Eimer angebrachte Textetikett informiert über das besondere Verhalten des Seidenlaubenvogels.

Neben dem Diorama sind einige Farbtöpfe neben- und übereinander aufgestellt. In einem offenen Farbtopf ist dieselbe Farbe wie die des Seidenlaubenvogels zu sehen. Ein Pinsel steckt im Farbbehälter und stellt somit eine Beziehung zum Diorama her. Auf einem der Farbeimer ist eine informierende Texttafel angebracht, die einem optisch Anwendungshinweis-Etikett gleicht (siehe Abbildung IV.2.AE6b und Textkasten „Mehr Farbe für die Laube“).

Mehr Farbe für die Laube

Das Seidenlaubenvogel-Männchen (*Ptilonorhynchus violaceus*) baut eine prachtvolle Laube!

Wer durch die feuchten Wälder nahe der Küste Ostaustraliens streift, trifft wahrscheinlich auf diesen außergewöhnlichen Vogel, der mit Laubenbauten und Balztänzen das umworbene Weibchen beeindrucken möchte.

Vor der Laube legt er einen freien Platz an, den er mit zahlreichen meist blauen oder gelbgrünen Gegenständen auslegt. Das Weibchen kann sich dann in die Laube setzen und von dort dem balzenden Männchen auf dem geschmückten Platz zusehen.

Das Männchen hat beim Laubenbau sogar daran gedacht, die Laube mithilfe seines inneren magnetischen Kompasses exakt in Nord-Süd-Richtung auszurichten, damit weder er noch das Weibchen bei seiner morgendlichen Balz in die Sonne schauen müssen.

Die Laube selbst hat er mit Farbe angestrichen, so dass sie in kräftigem Blau erstrahlt.

Doch woher kommt die Farbe?

Die muss sich der Seidenlaubenvogel in der Regel selbst herstellen. Entweder nimmt er blaues Fruchtfleisch oder aber Holzkohle, die er in den oft von Bränden heimgesuchten Wäldern leicht finden kann, und mit Speichel vermischt.

Am besten streicht es sich mit einem Pinsel...

Den stellt er sich ebenfalls selbst her. Er zerkaut ein Rindenstückchen zu einem Faserklümpchen und hält es mit dem Schnabel fest. Im Schnabel hält er den blauen Farbbrei, der durch das Klümpchen wie durch einen Schwamm nach außen sickert. So ist das Anstreichen der Laube kein Problem mehr...

UE 4 Eisangeln

Das Diorama „Eisangeln“ zeigt einen vereisten Teich, in dessen Eisfläche einige Löcher geschlagen sind, neben denen Angelutensilien liegen. An einer in einem Loch hängenden Angelschnur ziehen drei Kolkkraben, die sich gegen das Gewicht des an der Schnur hängenden Fisches lehnen, der zur Hälfte bereits aus dem Wasser gezogen ist. An einem schief aus dem Eis ragender Holzpfosten ist ein verschneites Schild angebracht, das eine informierende Texttafel trägt (siehe Abbildung IV.2.AE6c auf der folgenden Seite).

UE 5 Stein-Bombardements

Auch in dieser letzten Untereinheit zum Thema Werkzeuggebrauch wird ein besonderes Verhalten von **Kolkkraben** (*Corvus corax*) thematisiert. Dazu werden zwei Kolkkraben im Flug dargestellt und hoch über dem Besu-

cherweg aufgehängt. In den Krallen halten sie jeweils etwa 8 Zentimeter (Durchmesser) große Steine. Unmittelbar unter diesem Arrangement ist in den Besucherweg eine trittsichere Glasplatte eingelassen, unter der eine textliche Information auf die Kolkkraben aufmerksam macht (siehe Textkasten „Vorsicht, Steinwerfer!“)

Vorsicht, Steinwerfer!

Schauen sie mal nach oben!

Über ihnen sind zwei Kolkkraben (*Corvus corax*), die sich mächtig darüber ärgern, dass Sie ihrem Nest zu nahe gekommen sind. Gezielt bewerfen manche Kolkkraben ihre Feinde zu ihrer eigenen Verteidigung mit Steinen. Doch wer sie nicht bei der Brut stört, braucht auch nichts zu befürchten.



Abb. IV.2.AE6c Verschnittenes Holzschild mit Texttafel „Ein dicker Fisch an der Angel.“

AE 7 FORTPFLANZUNG & ENTWICKLUNG (BRAUTSCHAU UND KINDERSTUBE)

Konzept

In der siebten Ausstellungseinheit soll Grundlegendes zur Fortpflanzung und Entwicklung von Vögeln vermittelt werden. Beginnend mit der Balz der künftigen Eltern (UE 1) wird die Entwicklung des Embryos im Ei (UE 2), der geschlüpften Jungen im Nest (UE 3) und späteres Lernen der Jungen und Intelligenz (UE 4) thematisiert. UE 5 ist speziell für kleinere Kinder vorgesehen und fasst grundlegende Kenntnisse zur Fortpflanzung und Entwicklung in konzentrierter Form zusammen. Um dem Besucher die einzelnen Untereinheiten auch tatsächlich als eine Einheit aufeinanderfolgender Schritte zu verdeutlichen, werden alle Untereinheiten durch eine einzige, exemplarisch gewählte Art dargestellt. So kann der Besucher, einer Bildergeschichte gleich, die Abfolge der Phasen der Fortpflanzung und Entwicklung nachvollziehen.

Als Beispiel wird hier der **Kolkkrabe** (*Corvus corax*) vorgeschlagen, da er einerseits in seiner Erscheinungsform als großer schwarzer Vogel vielen Besuchern bekannt sein dürfte, jedoch in der Meinung zahlreicher Menschen ein „schlechter“ und „böser“ Vogel ist, der zudem noch Unheil bringen soll. Die dem Kolkkraben oft und gerade auch in der Vergangenheit gegenübergebrachte emotionale Abneigung schafft gleichzeitig Neugier, ihn näher zu betrachten, zumal er als ausgestopftes Präparat keine Gefahr darstellen kann. Der Besucher tritt somit „Auge in Auge“ mit dem sonst nur aus der Ferne zu betrachtenden Vogel und kann sich davon überzeugen, dass der Kolkkrabe in der Tat seinen schlechten Ruf zu Unrecht hat und stattdessen einer der intelligentesten Vögel überhaupt, ein begnadeter Flugkünstler, eine „treue Seele“ und in der Regel sehr scheuer Vogel ist.

Solche oft fest in der Bevölkerungsmeinung verankerte Vorurteile auszuräumen, ist eine der wichtigsten Aufgaben einer Ausstellung zur Umweltbildung.

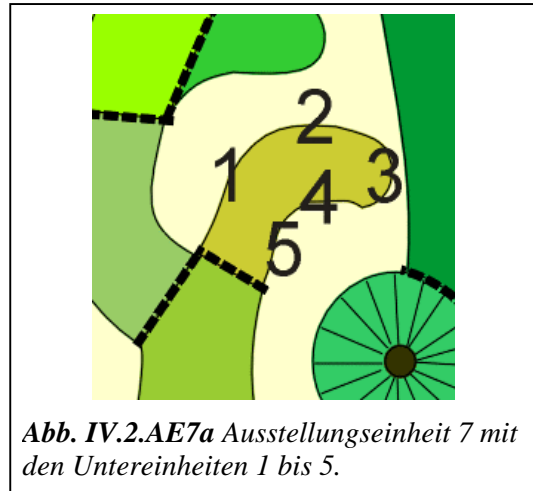


Abb. IV.2.AE7a Ausstellungseinheit 7 mit den Untereinheiten 1 bis 5.

Darüber hinaus wünschen sich die Ausstellungsbesucher (siehe Evaluationsergebnisse im ersten Band) gerade heimische Vogelarten. Der Kolkkrabe ist als einer der größten Rabenvögel auch deshalb gut geeignet, weil neben eines sehr auffälligen Balzverhaltens seine besondere Intelligenz im Zusammenhang mit der Vorstellung von Lernvorgängen herausragend ist und seine Jungen sowie die abgelegten Eier groß genug sind, um gut erkennbar zu sein.

Daher bietet sich gerade an dieser Stelle der Kolkkrabe im Vergleich zu exotischen, aber unbekanntem und ohne Emotionen besetzten Vogelarten, hervorragend an. Solche Vogelarten, die oftmals auch durch prächtige Balzgefieder auffallen, werden dennoch berücksichtigt und finden ihren Platz in der thematisch wie räumlich unmittelbar benachbarten Ausstellungsuntereinheit zur Balz (UE 1).

UE 1 Balz

Die erste Untereinheit wird mit Überschreiten der farbigen Markierungslinie am Boden betreten:

↑ Brautschau und Kinderstube ↑

Sie grenzt unmittelbar an die AE 8 Federn und Gefieder an. Dies ermöglicht einen sinnvollen Übergang zwischen beiden Themenschwerpunkten, da an dieser Stelle in beiden Ausstellungseinheiten auf die verschiedenen Gefiedertypen eingegangen werden soll, in AE 8 auf Tarngefieder, in AE 7 auf Balzgefieder. Um Texttafeln zu sparen – sie sollen als Medium ja möglichst sparsam verwendet werden, daneben bietet es sich hier jedoch auch an – steht zwischen beiden Themen eine einzige Texttafel (siehe Abbildung IV.2.AE8c im Kapitel AE 8 Federn und Gefieder), die sowohl Tarngefieder zur linken, als auch Balzgefieder zur rechten Seite anspricht.

Als Präparate bieten sich an:

- **Purpurhonigsauger** oder **Purpurnaschvogel** (*Cyanerpes caeruleus*), nur das Männchen ist kräftig blau gefärbt, wohingegen das Weibchen ein Tarngefieder trägt
- **Goldhalspipra** (*Manacus vitellinus*), hier könnten die für diese neotropische Art typischen Männchen-Balzgruppen dargestellt werden. Echte Paarbindungen entstehen nie.
- **Kragenhuhn** (*Bonasa umbellus*)
- **Birkhuhn** (*Lyrurus tetrix*)
- **Truthuhn** (*Meleagris gallopavo*)
- **Quetzal** (*Pharomachrus mocinno*), neotropischer Trogon mit 60 cm langen grünen Oberschwanzdecken
- **Kampfläufer** (*Philomachus pugnax*), mit sogenannter Arenenbalz, bei der mehrere Männchen durch Flügelschlagen, Scheinkämpfe und ihrem Frühjahrsbalzgefieder die Aufmerksamkeit der Weibchen auf sich ziehen wollen
- **Flaggenflügel**, auch **Fahnenachtschwalbe** (*Macrodipteryx longipennis*), Afrika, Männchen mit stark verlängerten Schwungfedern zur Balzzeit (siehe Abbildung II.6.2.4d)
- **Hahnschweifwida** (*Euplectes progne*), Männchen ist die meiste Zeit des Jahres relativ unscheinbar, nur zur Balz zeigen sie das schwarze Pracht-

gefieder mit gelb und rot gefärbten Gefiederpartien und den etwa 60 cm langen Schwanzfedern

- **Pfau** (*Pavo cristatus*), ursprünglich aus Indien, bekannt ist das Pfauenrad des Männchens, das während der Brutzeit eine Fortpflanzungsgemeinschaft mit zwischen drei und fünf Hennen einget
- **Prachtleierschwanz** (*Menura superba*), Ostküste Australiens
- Paradiesvögel Australiens und Neuguineas: beispielsweise **Wimpelträger** (*Pteridophora alberti*), **Göttervogel** (*Paradisaea apoda*), **Stephanie-Paradieselster** (*Astrapia stephaniae*), **Kragenparadiesvogel** (*Ptiloris magnificentus*)
- **Königsglanzfasan** (*Lophophorus impejanus*), Himalaya
- **Argusfasan** (*Argusianus argus*), Borneo, Malaysia und Sumatra

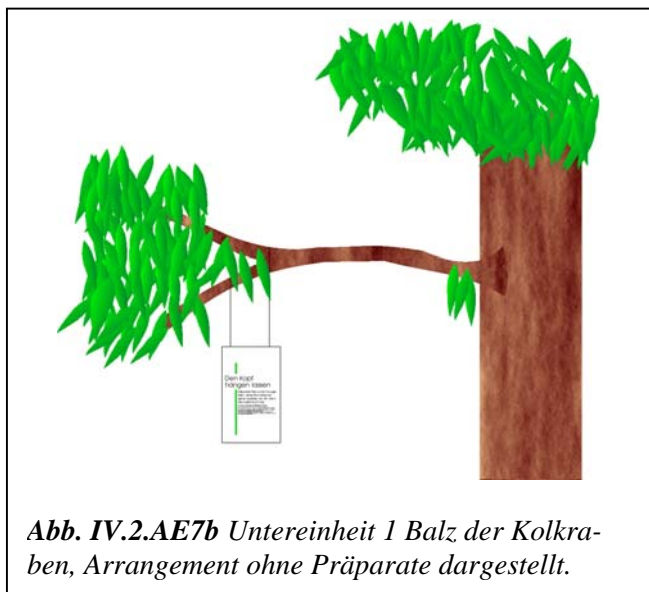


Abb. IV.2.AE7b Untereinheit 1 Balz der Kolkra-
ben, Arrangement ohne Präparate dargestellt.

Noch zur UE 1 zugehörig ist das Diorama „Kolkra-
ben-Männchen umwirbt Weibchen“ (siehe Abbildung IV.2.AE7b). Auf einem Ast an einem Baumstamm sitzt ein Kolkra-
ben-Weibchen, das von einem kopfüber hinab-
hängendem Männchen umworben wird. Eine
am Ast herabhängende Texttafel (siehe Ab-
bildung IV.2.AE7c auf der folgenden Seite)
erläutert das dargestellte Verhalten.

Den Kopf hängen lassen

Kolkraben-Männchen hängen beim ersten Kennenlernen gerne kopfüber am Ast, denn das beeindruckt das umworbene Weibchen.

Wenn dem Weibchen das Männchen aber nicht gefällt, tritt sie ihn immer wieder weg. Den passenden Partner zu finden, ist nicht immer leicht. Und so schließt sich an diese erste Begegnung ein näheres Kennenlernen an.

Kolkraben (*Corvus corax*) können großartig fliegen.

Da bietet es sich an, dies im Flug zu tun.

Haben sich zwei jedoch einmal gefunden, dann bleiben sie auch ein Leben lang zusammen und bleiben sich treu.

Abb. IV.2.AE7c Texttafel zum Umwerben des Kolkraben-Männchens.

Rechts neben dieses Dioramas sind zwei Kolkraben (Männchen und Weibchen) im Flug dargestellt. Einer der beiden vollführt gerade eine Flugrolle und hat daher die Flügel eingeknickt. Die Präparate sind in Flugdynamik widerspiegelnder Manier nicht waagrecht, sondern abgewinkelt an durchsichtigen Nylonfäden aufgehängt. Eine in unmittelbarer Nachbarschaft an der Decke mit Stahlseilen aufgehängter Videobildschirm schwebt so gleichermaßen im Raum und erläutert die hier vorgestellte Phase der Balz.

Dabei sollten das besondere Flugvermögen der Kolkraben im Film zum Ausdruck kommen, dass sich in zahlreichen Flugkunststücken zeigt. So gehören Flügeleinklappen mit anschließenden Flugrollen, Loopings und Sturzflüge ebenso dazu wie der Flug auf dem Rücken. Kolkraben-Weibchen und Männchen vollführen alle diese Kunststücke beim Balzritual, um sich aufeinander einzustellen. Zu guter Letzt fliegen sie alle Flugfiguren nahezu synchron.

UE 2 Entwicklung des Embryos und das Ei

Es bieten sich mehrere Möglichkeiten an, die Entwicklung eines Embryos im Ei darzustellen:

- Über eine Texttafel, die eine Fotoserie der Entwicklungsschritte dokumentiert,
- über eine Serie Original-Präparate oder Modelle,
- über einen Videofilm, der die wesentlichen Entwicklungsschritte zeigt.

Mithilfe einer Texttafel und einer Anzahl von Fotos den sich entwickelnden Vogel im Ei verständlich zu erklären, lässt sich nur über eine lange Textpassagen realisieren. Original-Ei-Präparate bergen den großen Nachteil in sich, dass sie sehr kleine und diffizile Strukturen aufweisen, die vom Wesentlichen ablenken und im Rahmen einer solchen Museumsausstellung nicht erklärt werden können. Auch eine Modell-Serie spricht nicht allein für sich und müsste daher über einen langen Text beschrieben werden.

Eine kurze Video-Präsentation dürfte in diesem Fall am geeignetsten sein, da auf kleinem Raum (Monitor) die grundlegenden Prozesse der Embryonalentwicklung plastisch und in bewegten Bildern, die sich gerade bei Zeitprozessen anbieten, vermittelt werden können, ohne den Besucher mit „Selbst-Lesezwang“ zu langweilen.

Im Videoclip sollte auch erwähnt werden, dass die Weibchen aller Vogelarten Eier legen. In diesem Zusammenhang ist der Hinweis auf die Flugfähigkeit der meisten Vögel sinnvoll, die Lebendgebären ausschließt, da in einem solchen Fall das zunehmende Gesamtkörpergewicht Fliegen erschweren, wenn nicht sogar unmöglich machen würde.

Um eine optisch ansprechende Präsentation zu gewährleisten, sollte dieses Video nicht mittels einer nüchternen Video-Installation gezeigt werden. Stattdessen soll ein großes Modell-Ei (mit mindestens 50 cm Durchmesser) aufgestellt werden, das die typische Form und Färbung eines Kolkraben-Eies hat. Das Ei ist in zwei Hälften mit (ineinandergreifenden) gezackten Rändern unterteilt, die mit einem Gelenkscharnier deckend zusammengehalten werden. Mit einem Handgriff kann die obere Hälfte aufgeklappt werden. Der Blick ins Innere des Eies wird frei. Dort ist der Bildschirm untergebracht. Über eine Endtaster-Auslösung beim Öffnen wird das Video zur Entwicklung des Kolkraben-Embryos im Ei gestartet.

Neben der Embryonalentwicklung werden weitere Aspekte des Eies und Eierlegens angesprochen. Original-Präparate werden hierbei über korrespondierende Schubfächer oder Info-Schildchen unterhalb des jeweiligen Eies oder Gelege-Dioramas erläutert. An Präparaten werden ausgestellt:

- Das größte Ei eines rezenten Vogels, dem **Afrikanischen Strauß** (*Struthio camelus*) mit einem Gewicht von etwa 1,5 kg. Auf einer Balkenwaage könnten auf einem Teller ein Straußen-ei, auf dem anderen Teller etwa 26-30 Hühnereier mit identischem Gesamtgewicht ausgelegt werden, um die Gewichtsrelationen zu verdeutlichen.

- Das größte Ei eines ausgestorbenen Vogels, dem **Madagaskar-Strauß** mit einem Gewicht von etwa 10 kg
- Das kleinste Ei eines rezenten Vogels, einem Kolibri (Fam. Trochilidae), entweder der **Bienenelfe** (*Mellisuga helenae*) oder der **Zwergelfe** (*Mellisuga minima*) mit einem Gewicht von 0,2 g
- Besonders bunte Eier, die von südamerikanischen Steißhühnern (Fam. Tinamidae) gelegt werden
- Weiße Eier des **Waldkauzes** (*Strix aluco*). Hier sollte ein Gelege in einer Nisthöhle dargestellt werden. *Schubfach-Text*: Die Eier von Höhlenbrütern, wie hier vom Waldkauz, sind oft rund und weiß. Wegrollen können sie in Höhlen nicht und gehen mit ihrer weißen Färbung auch im Dunkeln nicht verloren.
- Tarnfarbene Eier, beispielsweise vom **Sandregenpfeifer** (*Charadrius hiaticula*), am besten im vollständigen Gelege mit gestalteter Umgebung, damit die Tarnwirkung verdeutlicht wird. *Schubfach-Text*: Die Eier vom Sandregenpfeifer wie auch vielen anderen Vogelarten, die ebenfalls im Freien nisten, sind oft tarnfarben, damit Räuber sie nicht gut erkennen können.
- Kegelförmige Eier von **Trottellummen** (*Uria aalge*) mit Umgebung (Küstenfels). *Schubfach-Text*: Trottellummen brüten in großen Kolonien und müssen daher ihre Eier unter den vielen anderen wiederfinden können. Deshalb haben ihre Eier oft verschiedenste Farbmuster. Damit sie nicht so leicht über den Felsklippenrand fallen können, sind sie kegelförmig und nicht rund.

UE 3 Entwicklung der Jungen im Nest

In dieser dritten Untereinheit soll die Entwicklung der Jungen vom Schlüpfen bis zum Flügengeworden vermittelt werden. Hierfür werden nur einige wenige Etappen dargestellt.

Auf einem Drehteller werden vier gleiche Nester der Kolkraben-Eltern aufgebaut. Diese befinden sich auf einem äußeren Radius der Scheibe. Am Kreismittelpunkt ist ein Baumstamm modelliert, der in einer Blätterdachkronen mündet (siehe Abbildung IV.2.AE7d). Der Besucher kann diese Drehscheibe jedoch nicht vollständig einsehen. Eine Abschirmwand mit rechteckiger Aussparung erlaubt dem Besucher, immer nur ein einzelnes Nest einzusehen, das zusätzlich von einem angebrachten Strahler angeleuchtet wird. Blätter trennen die vier Nester auf der Scheibe untereinander. Auf Knopfdruck beginnt die Präsentation der Entwicklungsfolge. Die Scheibe rotiert hierbei, über einen Schrittmotor angetrieben, immer zur jeweils nächsten Etappe. Über Lautsprecher werden zusätzliche Informationen geboten.

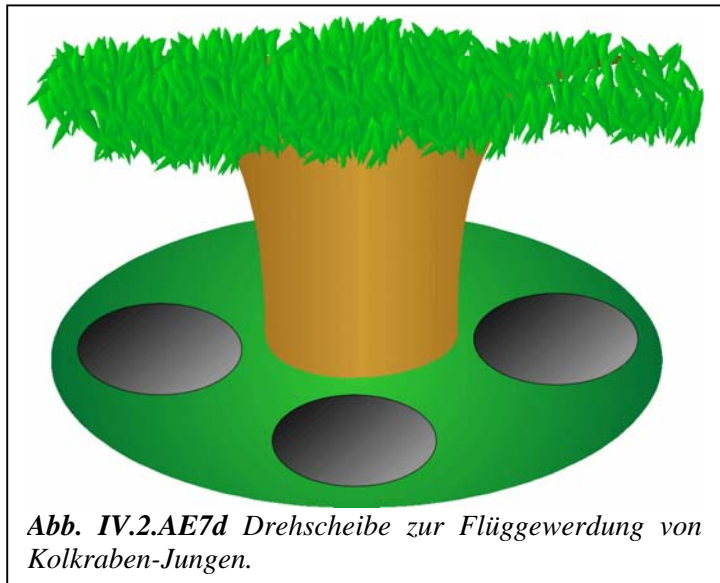


Abb. IV.2.AE7d Drehscheibe zur Flügengewerdung von Kolkraben-Jungen.

Der Museumsbesucher soll Folgendes erfahren können:

- Weibchen bebrütet die Eier etwa 21 Tage, während das Männchen sein Weibchen füttert.
- Beide Elternteile füttern unentwegt die geschlüpften Jungen und kümmern sich aufopferungsvoll um ihren Nachwuchs, keine Spur von „Rabeneltern“.
- Kotballen werden eingesammelt und aus dem Nest entfernt.

- Futter wird im sogenannten Kehlsack, einer Hautfalte, herbeigeschafft.
- Junge Raben sind zunächst nicht scheu, dieses Verhalten erlernen sie erst von ihren Eltern.

Option der Nesttypen-Präsentation

Im Rahmen dieser Ausstellungsuntereinheit könnte auch auf unterschiedliche Nestbau-Typen eingegangen werden. Da diese jedoch bereits in mehr als genügender Zahl in den übrigen Teilausstellungen Savanne und besonders Mitteleuropa präsentiert werden, wird, auch aus Platzgründen, hier darauf verzichtet.

Darüber hinaus finden sich in den anderen Ausstellungseinheiten der VogelWelten-Ausstellung etliche Möglichkeiten der Betrachtung verschiedener Nestformen. Die in anderen Teilausstellungen präsentierten Nest-typen sind:

Savanne-Ausstellung

- **Mahaliweber** (*Plocepasser mahali*) in der Kolonie im Baum
- **Maskenweber** (*Ploceus velatus*) mit Kugelnest im Baum
- **Wellenastrild** (*Estrilda astrild*) mit Bodennest

Mitteleuropa-Ausstellung

- **Steinkauz** (*Athene noctua*) brütend in Steinecke
- **Kuckuck** (*Cuculus canorus*) als Brutparasit beim Teichrohrsänger und weiteren Gelegen einiger Arten
- **Kleiber** (*Sitta europaea*) in Baumhöhle
- **Eichelhäher** (*Garrulus glandarius*) mit Nest
- **Pirol** (*Oriolus oriolus*) mit Nest
- **Mauersegler** (*Apus apus*) mit Nest an einer Mauer
- **Rauchschwalbe** (*Hirundo rustica*) mit Nest
- **Mehlschwalbe** (*Delichon urbica*) mit Nest an einer Mauer
- **Stieglitz** (*Carduelis carduelis*) mit Nest
- **Rotkehlchen** (*Erithacus rubecula*) mit Bodennest
- **Nachtigall** (*Uscinia megarhynchos*)

- **Gimpel** (*Pyrrhula pyrrhula*)
- **Dohle** (*Cervus monedula*)
- **Bachstelze** (*Motacilla alba*)
- **Heckenbraunelle** (*Prunella modularis*)
- **Elster** (*Pica pica*)
- **Star** (*Sturnus vulgaris*)
- **Buchfink** (*Fringilla coelebs*)
- **Zaunkönig** (*Troglodytes troglodytes*)
- **Amsel** (*Turdus merula*)
- **Wasseramsel** (*Cinclus cinclus*)
- **Uferschwalbe** (*Riparia riparia*) mit Höhle und Nest in Uferböschung
- **Eisvogel** (*Alcedo atthis*) mit Höhle in Uferböschung, aber ohne sichtbares Gelege

Im Diorama „Küstenfelsen“ (1. Stock im Sonderausstellungsbereich) sind etliche **Trottelummen** (*Uria aalge*) platziert, die auf dem Felsen brüten.

UE 4 Intelligenz beim Kolkraben

Unmittelbar neben der dritten Untereinheit ist ein Wald-Diorama gestaltet. Umringt von dichten Tannen ist eine kleine Lichtung dargestellt. (Kunst-)Schnee hängt dick auf den Tannenzweigen und liegt auf dem Erdboden. Ein in mittlerer Höhe angebrachter Strahler beleuchtet durch die Äste hindurch die Szenerie. So kann effektiv die im Winter tiefstehende Sonne simuliert werden. Zusätzlich auf dem (Kunst-)Schnee aufgebrachtes Schneekristallpulver, erhältlich im Modelleisenbahn-Fachhandel, reflektiert die Sonne und lässt den Schnee authentischer erscheinen. Auf der Lichtung sind mindestens zwei Wildschweine aufgestellt, die direkt an einer Futterstelle stehen. Auf dem Rücken der Schweine sitzen Kolkraben, einer von beiden zwickt mit dem Schnabel dem Wildschwein ins Haarfell. Ein weiterer Kolkrabe versteckt am Boden einige Futterstücke, indem er sie mit allerlei Ästchen und Blättern abdeckt. Ein vierter Kolkrabe sitzt oberhalb dieses Raben auf einem Tannennast und scheint das Verstecken eingehend zu beobachten. Dies sollte durch einen nach unten gerichteten Kopf verdeutlicht werden. Eine Texttafel erläutert das Diorama (siehe Textkasten „Mit List und Tücke“ auf der folgenden Seite).

Mit List und Tücke

Wer klug ist, kann sich anpassen

Kolkraben (*Corvus corax*) gelten nicht ohne Grund als eine der klügsten Vogelarten, was sie sehr anpassungsfähig und flexibel an neue Lebensumstände macht. Ein Grund, warum sie von allen Rabenvögeln das größte Verbreitungsgebiet haben, das von Nordamerika über Europa und Asien bis nach China reicht.

Neugierig und aufmerksam

Neugierig beobachten Kolkraben ihr Umfeld. Es entgeht ihnen auch nicht, wenn ein Artgenosse Futter versteckt. Kaum ist dieser weg, plündern sie den Nahrungsvorrat. In Experimenten konnte nachgewiesen werden, dass sie bis 7 zählen können.

Wildschweinreiten zur Futterstelle

Im Wildpark im Almtal, in den Ostalpen bei Grünau gelegen, ist das Wildschweinreiten eine beliebte Methode der Kolkraben, um an Nahrung zu kommen. Nur die ranghöchsten Raben dürfen dabei auf den Wildschweinen reiten. So lassen sie sich einfach zu den Futterstellen tragen, ohne selbst suchen zu müssen. Steht das Wildschwein erst einmal an der Futterstelle, zwicken sie das Schwein solange ins Fell, bis es sich entfernt hat.

Eine kluge Familie

Kolkraben gehören zu den Rabenvögeln, die Gruppe der wohl intelligentesten Vögel. Zu ihnen zählen auch Dohlen, die in Experimenten zielsicher aus acht Futterdosen die gefüllte von den leeren unterscheiden können. Jeder der Futterdosen ist mit 1 bis 8 Punkten beschriftet. Auf einer Tafel wird über eine Anzahl von Punkten gezeigt, welche Dose gefüllt ist.

Elstern sind ebenfalls Rabenvögel. Sie können sich sogar im Spiegelbild selbst erkennen, wie in einem Versuch festgestellt wurde.

UE 5 Uhu-Nest

Diese fünfte Untereinheit spricht speziell Kinder an und gibt einen gerafften Überblick über grundlegende Tatsachen zur Fortpflanzung und Entwicklung von Vögeln.

Auf einer Felsnische ist das Nest eines **Uhus** (*Bubo bubo*) aufgebaut. Nicht ein ausgestopftes Präparat, sondern das Maskottchen sitzt jedoch brütend auf einem Gelege im Nest. Ein Ei ist bereits aufgebrochen und das Küken schaut unter dem Mutter-Gefieder hervor. Das Männchen sitzt in der Nähe auf einem Ast.

Ein auditives System (Kopfhörer, Telefonhörer) liefert auf Knopfdruck nähere Informationen. Dabei sollte genannt werden, dass

- die Weibchen aller Vogelarten Eier legen,
- beim Uhu das Weibchen alleine brütet während das Männchen füttert, dies bei anderen Vogelarten jedoch auch anders sein kann,
- fast alle Vogelarten ein Nest bauen, in das sie das Gelege (Eier) ablegen und dort bebrüten,
- ein Uhu-Paar auf Dauer zusammenbleibt,
- die Jungen viele Wochen nach dem Schlüpfen gefüttert werden und

die Jungen erst im Alter von neun Wochen fliegen können.

AE 8 FEDERN & GEFIEDER (*FEDERLEICHT*)

Aufbau

Nach Besuch der Ausstellungseinheiten zum Werkzeuggebrauch und zur Fortpflanzung der Vögel betritt der Besucher die folgende Ausstellungseinheit, deren Titel wie jedes Mal dem Besucher über einen Farbbalken am Boden mitgeteilt wird:

↑ *Federn und Gefieder* ↑

Zusammen mit der Einheit „Hochleistungsorganismus Vogel“ stellt die AE 8 die notwendige Grundlage für das tiefere Verständnis der später besuchten AE Vogelflug dar.

Der Besucher findet sich bei Eintritt in die Ausstellungseinheit (auf der linken Besucherweg-Seite) in einem historisierend präsentierten Naturwissenschaftler-Labor wieder. Der Besucher soll sich in eine vergangene Zeit der frühen Naturforscher zurückversetzt fühlen. Daher sollen alle hier zu sehenden Dinge diesem Anspruch gerecht werden.

Zu dem Arrangement gehört auch ein hölzerner, antik wirkender Glasvitrinenschrank, der auch zu den Außenseiten Glasscheiben trägt und so gut einsehbar ist. Eine lichtstarke Beleuchtung sichert eine farbechte Betrachtungsmöglichkeit. In der Vitrine sind die in der Untereinheit 1 thematisierten Vogelarten (Gefieder) ausgestellt (Erläuterungen hierzu später). Dazu gehören ein **Flamingo** (*Phoenicopterus ruber*) (siehe Abbildung II.6.2.5i im Band 2), ein **Wellensittich** (*Melopsittacus undulatus*), eine **Gouldamadine** (*Chloebia gouldiae* oder *Erythrura gouldiae*) (siehe Abbildung II.6.2.5j), ein **Pfau** (*Pavo cristatus*) im Prachtgefieder (Foto einer Feder siehe Abbildung II.6.2.5k, Band 2), eine Taube oder ein Rabe.

Auf einem Drehteller ist ein angeleuchtetes Kolibri-Präparat aufgestellt, das über eine Handkurbel (mit Bremswirkung) gedreht werden kann. Besucher können so die Strukturfarben-Schillerwirkung (entsprechend der Abbildung II.6.2.5c, d, e, f, Band 2) beobachten.

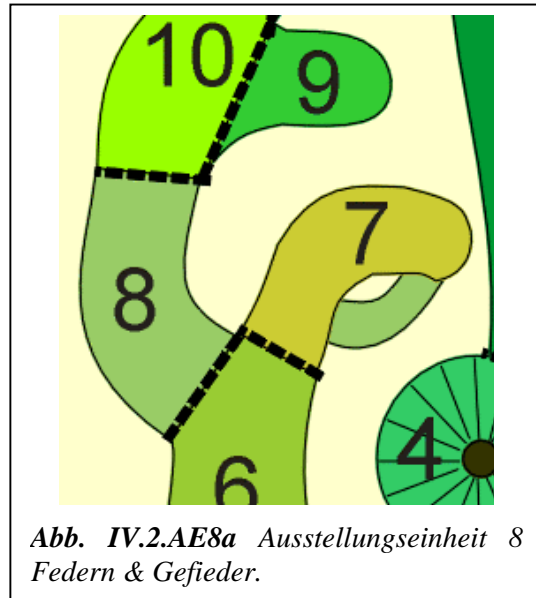


Abb. IV.2.AE8a Ausstellungseinheit 8 Federn & Gefieder.

Auf drei Würfelpodesten sind Vogel-Präparate aufgestellt, die Besucher streicheln dürfen (und sollen), um auch händische Erfahrung sammeln zu können. Diese Präparate dürfen nicht kostbar oder eine seltene Vogelart sein. Hier bieten sich die bereits in der ornithologischen Zwischenausstellung verwendeten Haushühner an.

Auf der rechten Seite des Besucherwegs ist leicht erhöht eine Landschaft installiert, die gewissermaßen als Suchspiel für sich dort versteckende Vögel mit Tarngefieder fungiert. In zwei Untereinheiten sollen wesentliche Informationen und Wissenswertes zur Befiederung der Vögel vermittelt werden. Daneben bestünde die Möglichkeit, in einer dritten Untereinheit einen Eindruck in die Arbeit eines Naturforschers zu geben und naturinteressierten Laien Verhaltensregeln und Rüstzeug für eigene Naturbeobachtungen an die Hand zu reichen.

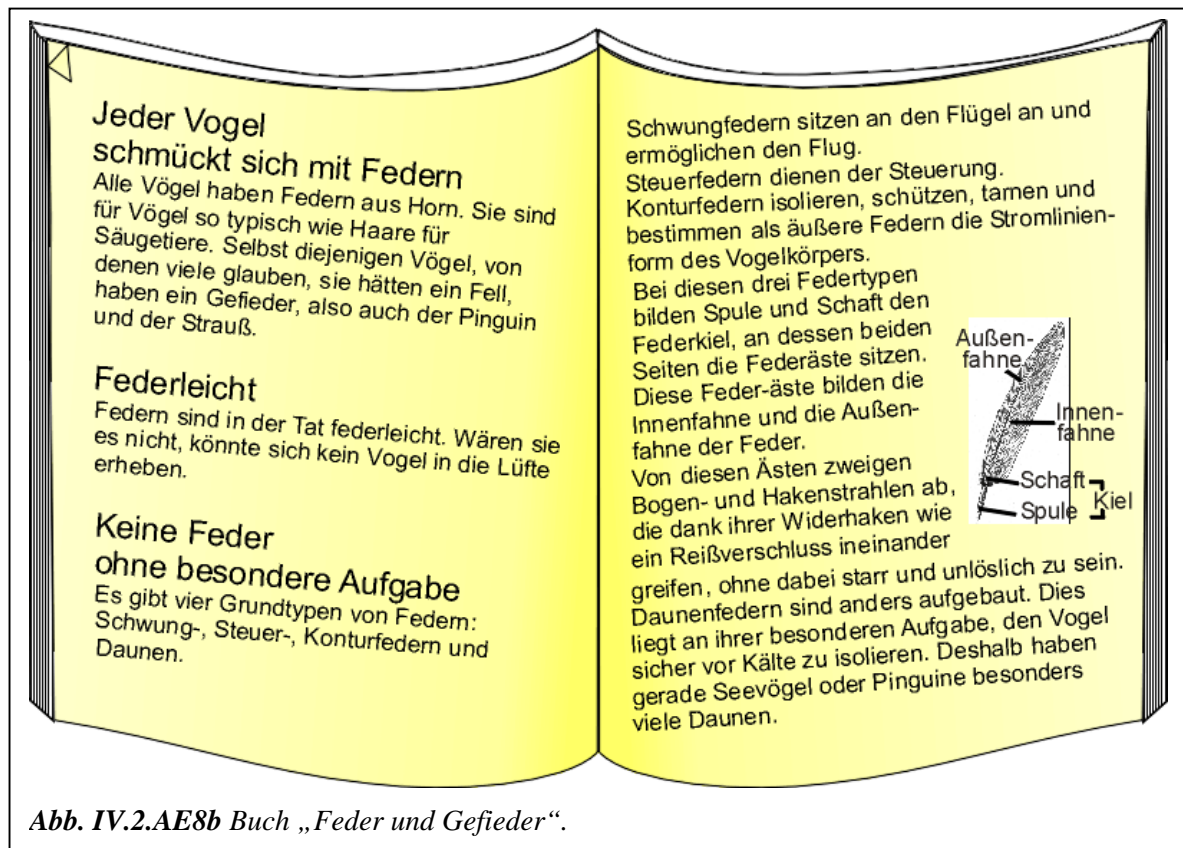


Abb. IV.2.AE8b Buch „Feder und Gefieder“.

UE 1 Federn und Gefieder

Auf der linken Seite des Besucherwegs steht ein alter Schreibtisch mit zahlreichen Schubladen, die vom Besucher geöffnet werden können.

Mitten auf dem Schreibtisch ist eine große Flugfeder unter ein altes Mikroskop geklemmt. Bei Durchsicht in das Okular sieht der Besucher das typische Ineinandergreifen der Haken- und Bogenstrahlen der Feder.

Hierbei sollte (auch aus Kostengründen) nicht ein originales Mikroskop Verwendung werden, sondern lediglich eine detailgetreue Nachbildung eines solchen.

Eine mikroskopische Fotografie gewährleistet eine gleichbleibend gute Darstellungsqualität. Vorteil einer solchen Präsentation ist, dass der Bezug zwischen Original-Feder und der Vergrößerungsfotografie erhalten bleibt und nicht durch ein nüchtern an einer Wand angebrachtes Foto verloren geht. Daneben wird diese Information nur aktiviert, wenn der Besucher selbst durch Neugier animiert aktiv wird und in das Okular schaut.

Auf dem Schreibtisch ist rechts des Mikroskops ein großes altes bzw. alt aussehendes Buch gelegt (und unter einer Glasscheibe fixiert und so vor Beschädigungen geschützt). Auf den beiden aufgeschlagenen Seiten werden Informationen zu Federn gegeben (siehe Abbildung IV.2.AE8b).

Neben dem Buch steht ein offenes Tintenfasschen, in dem eine Schreibfeder steckt. Das Fasschen ist natürlich leer, denn die Schreibfeder enthält in ihrer Seele lediglich eine Kugelschreibermine. Die Feder, mit einer „Kette“ vor Diebstahl gesichert, muss nicht unbedingt eine echte sein, eine Kopie aus haltbarem Material kann für den „harten Museumsalltag“ möglicherweise eher geeignet sein, wenn auch nicht so authentisch. Sie hat neben der dekorativen Aufgabe eine ganz praktische: Auf dem Tisch liegt das VogelWelten-Gästebuch. Hier sollen Museumsbesucher Anregungen, Verbesserungsvorschläge, Kritik und sonstige Bemerkungen hinterlassen können.

Auf dem Tisch ist des weiteren ein flacher Glaskasten (Vitrinenschublade) ausgelegt, der die vier Feder-Grundtypen mit Begriffsschildchen ausstellt. Auf dem Vitrinenboden ist der Umriss eines Vogels gezeichnet. An den jeweils richtigen Stellen sind die vier passenden Federtypen (der zum Umriss adäquaten Art) auf den Umriss gelegt.

Die bereits erwähnten Schubladen des Schreibtisches, sind jeweils mit einer Frage beschriftet. Der interessierte Besucher kann durch Herausziehen der durch einen Federmechanismus bei Loslassen stets wieder in den geschlossenen Grundzustand zurückkehrenden Schublade die Antwort auf diese Frage erfahren.

Die Fragen und Antworten lauten im Einzelnen:

Wie viele Federn hat ein Vogel?

Die Anzahl der Federn, die Vögel haben, schwankt stark. Während Kolibris gerade 1.000 Federn besitzen, haben Rauchschnäbel etwa 1.500, Möwen 6.000, Enten 12000 und Schwäne sogar zwischen 20.000-30.000 Federn.

Ist das Gefieder wasserdicht?

Ja, bei den meisten Vögeln. Viele Vögel haben eine Drüse, die Bürzeldrüse, die Fett produziert, das sie mit dem Schnabel im Gefieder verteilen. So eingefettet sind Vögel wasserdicht. Andere Vögel, beispielsweise einige Tauben, Reiher, Papageien und Strauße, pudern sich stattdessen mit einem wasserabweisenden Staub ein, der aus speziellen Puderdundfedern entsteht.

Aber nicht alle Vögel wollen wasserdicht sein! Der Kormoran jagt unter Wasser nach Fischen. Wäre sein Gefieder wasserabweisend, würden die vielen Luftblasen in seinem Gefieder verhindern, dass er tief tauchen kann.

[Ein Foto zeigt eine gut eingefettete Feder, auf der einige abperlende Wassertropfen stehen.]

Was färbt das Gefieder?

Farbe ist nicht gleich Farbe

So bunt wie das Gefieder ist, so bunt sind auch die verschiedenen Methoden, bunt zu sein.

Wissenschaftler haben bisher drei Farbtypen des Gefieders entdeckt.

1. Farbstoffe, die der Körper selbst herstellen kann

So ist es bei der Grundfarbe des Gefieders von Tauben, Hühnern und Rabenvögeln oder bei der gewellten Gefiederzeichnung von Wellensittichen.

2. Farbstoffe, die Vögel durch die Nahrung aufnehmen

Der Flamingo beispielsweise wird erst durch Fressen von roten Krebsen (Garnelen) rosa. Genauso ist es auch mit den leuchtenden Kopfgefiederfarben der Gouldamadinen. Auch sie nehmen den Farbstoff mit der Nahrung auf.

3. Sogenannte Strukturfarben, das sind Farben, die sich nur in Form von Schillern oder Reflektionen zeigen

Das Schillern vieler Kolibris oder des Pfauenprachtgefieders wird erst durch solche Reflektionen erzeugt.

Wenn die Farbe durch einen genetischen Defekt ausbleibt, entsteht ein weißes Albino-Gefieder.

Halten Federn ein Vogelleben lang?

Federn können sich bei Beschädigungen nicht regenerieren, also selbst reparieren. Auch verschleißten sie mit der Zeit, da sie Wind und Wetter ausgesetzt sind. Irgendwann sind sie so stark abgenutzt, dass sie ersetzt werden müssen. Dieser Federnwechsel heißt Mauser und geschieht entweder nach und nach oder bei allen Federn gleichzeitig.

Der Vogel lebt, aber auch seine Federn?

Nein, Federn leben nicht, denn sie bestehen nicht aus lebenden Zellen. Stattdessen sind sie aus Horn, Keratin genannt. Aus Keratin sind auch die Schuppen von Reptilien, ein Hinweis auf die Herkunft der Vögel. Zu Reptilien gehören zum Beispiel Schlangen und Echsen, aber auch Schildkröten.

Wofür hat der Vogel Federn?

Federn haben einige Aufgaben:
Mit Federn können....

- die meisten Vögel fliegen
- sich hervorragend tarnen,
- Männchen bei der Balz Weibchen beeindrucken,
- ein Revier gegen Artgenossen verteidigen, indem sie sich aufplustern oder schütteln,
- sich Vögel vor Kälte und Nässe schützen.

UE 2 Tarnen und Präsentieren

Wie bereits kurz erwähnt, ist auf der rechten Besucherweg-Seite dieser Ausstellungseinheit eine Landschaft aufgebaut, die sich aus mehreren Landschaftstypen zusammensetzt, die harmonisch und ohne allzu deutliche Brüche ineinander übergehen.

In jedem dieser Landschaftstypen sind an geeigneter Stelle exemplarisch besondere Meister der Tarnung „versteckt“. Da auf der zum Aufbau zugehörigen Namenstafel zwar die einzelnen Vogelarten genannt werden, aber nicht ihr Aufenthaltsort im Diorama, ist der Besucher gezwungen, diese selbst zu suchen. Nur so kann die Perfektion der Tarnung glaubhaft und überzeugend vermittelt werden. Erst wer lange suchen musste und dann entdeckte, behält dies dauerhaft in Erinnerung.

Die Namenstafel ist eine vor der Landschaft befindliche schmale Tafel, die so viele Klappen trägt, wie Vogelarten vorhanden sind. Auf dem Deckel ist jeweils eine Zeichnung oder Fotografie des Vogels abgebildet, hinter der

Klappe neben dem Artnamen ein kurzer Text über das Verbreitungsgebiet, den Lebensraum und die typische Lebensweise.

Welche Vogelarten mit Tarngefieder hier präsentiert werden, hängt natürlich vom verfügbaren Fundus ab, besonders in diesem Zusammenhang geeignet sind jedoch zweifelsfrei:

- **Winternachtschwalbe** (*Phalaenoptilus nuttallii*), siehe Abbildung II.6.2.6b im Band 2
- **Eulenschwalm** (*Podargus strigoides*), in Wäldern und Städten Australiens, siehe Abbildung II.6.2.6c im Band 2
- **Riesentagschläfer** (*Nyctibius grandis*), siehe Abbildung II.6.2.6d im Band 2
- **Urutau** (*Nyctibius griseus*), heimisch in Mittelamerika und nördlichen Südamerika in offenen Wäldern
- **Ruderflügel** (*Macrodipteryx vexillarius*), afrotropisches Vorkommen in den Brachystegia-Wäldern und der Savanne
- **Europäischer Ziegenmelker** (*Caprimulgus europaeus*) in der Palaearktis in offenen Landschaften
- **Alpen-Schneehuhn** (*Lagopus mutus*), sowohl im Sommer-, als auch im Winterkleid, Verbreitung in der nördlichen Holarktis in der Tundra und im Hochgebirge oberhalb der Waldgrenze

Die rechte Seite des Tarngefieder-Dioramas grenzt an die Ausstellungseinheit 7 Fortpflanzung & Entwicklung. Unmittelbar an dessen linker Abgrenzung wird das Thema Balz und Balzgefieder thematisiert, so dass sich somit ein sinnvoller Übergang zur AE 8 Feder und Gefieder ergibt. Die an der Trennungslinie angebrachte Texttafel bezieht sich auf beide Gefiedertypen und zeigt so die beiden Strategien: Tarnen, um sich zu verbergen, oder Auffallen, um sich (bei der Partnerwerbung) im besten Licht zu präsentieren (siehe Abbildung IV.2.AE8c auf der folgenden Seite).

Bloß nicht auffallen! Oder gerade doch?

Während die einen versuchen, möglichst unauffällig ihr Leben zu führen, um ja nicht die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken, müssen gerade andere auffallen, besonders wenn es um das Werben eines Paarungspartners geht.

Tarnen heißt oft: Lange und besser leben

Das ist das Motto vieler Vögel, denn sie befinden sich in ständiger Gefahr, von einem Raubtier entdeckt zu werden, oder sie sind selbst eins und wollen ihre Beute überraschen. Dabei sind manche Vogelarten so perfekt an ihre Umgebung angepasst, dass man sie kaum entdecken kann. Das Alpen-Schneehuhn (*Lagopus mutus*), das in der Tundra und im Hochgebirge der nördlichen Holarktis oberhalb der Baumgrenze lebt, und so nur wenig Deckung finden kann, hat im Winter sogar eine andere Gefiederfärbung als im Sommer. Das braune an den Erd- und Steinboden angepasste Sommerkleid würde im Winter in Eis und Schnee zu sehr auffallen. Deshalb ist es im Winter schneeweiß.

Auffallen um jeden Preis

Sich im besten Licht zu präsentieren, ist gerade dann wichtig, wenn es darum geht, einen möglichen Paarungspartner davon zu überzeugen, dass man selbst die richtige Wahl ist. Dabei präsentieren sich meist die Männchen den kritischen Weibchen in farbigen Gefiedern, mit besonderen Federn, eindrucksvollen Tanzdarstellungen, prachtvollen Nestbauten oder Gesängen.

Alles hat seine Zeit...

Ist der Paarungspartner erst einmal beeindruckt und für sich gewonnen, verlieren viele Vögel mit der nächsten Mauser wieder ihr prachtvolles Balzgefieder und zeigen sich tarnfarben.

AE 9 LEICHTBAU & FLUGMUSKELN (HOCHLEISTUNGSORGANISMUS VOGEL)

Rahmengestaltung

In der Ausstellungseinheit 9 wird der Museumsbesucher in knapper Form über den für (flugfähige) Vögel typischen Leichtbau und die ausgeprägt leistungsfähigen Flugmuskeln informiert. Diese beiden Merkmale sind charakteristisch wie notwendig für den Flug der Vögel. Daher findet diese Ausstellungseinheit ihre Einbettung auch in den weiteren Kontext der Ausstellungseinheit 10, die sich ganz dem Vogelflug widmet. In Form einer kleinen Lagune (siehe Band 1, Kapitel IV.4) zeigt sie ihre Bedeutung in der VogelWelten-Ausstellung als zusätzliche Information für interessierte Besucher.

Diese Lagune ist durch die Bodenfarbmarkierung (mit Titel-Beschriftung)

↑ Hochleistungsorganismus Vogel ↑

vom Hauptbesucherweg abgeteilt.

Auf die Darstellung stoffwechselphysiologischer Prozesse, innerer Organe und Strukturen, außer Skelett und Flugmuskeln, wird völlig verzichtet, da diese ornithologischen Teilthemen bei der Zielgruppe der Ausstellung kaum auf Interesse stoßen und bekanntermaßen Ausstellungsbesucher nicht gezwungen werden können (und sollen), sich bestimmten Themen zu widmen. Im Ranking der Zielgruppen-Interessen belegte die Thematik Stoffwechsel den letzten Platz (vergleiche hierzu die VogelWelten-Evaluation, Band 1).

Die Reduzierung des Gewichts über den Knochenleichtbau und Rückbildung (zeitweise) nicht benötigter Organe sowie die ausdauernden Flugmuskeln stellen jedoch Grundlagen zur Flugfähigkeit der Vögel dar und werden somit in jeweils einer Untereinheit kurz erläutert.



Abb. IV.2.AE9a Ausstellungseinheit 9 Leichtbau & Flugmuskeln als Lagune von der Ausstellungseinheit 10 Vogelflug abzweigend.

UE 1 Leichtbau

Diese Untereinheit beschäftigt sich mit dem gewichtsreduzierenden Leichtbau des Stützskeletts, der Knochen. Auf einem Podest wird eine Balkenwaage aufgestellt. In der linken Waagschale wird ein flugunfähiger Vogel oder anderes Tier, auf der rechten ein etwa gleichgroßer flugfähiger Vogel postiert. Die Balkenwaage zeigt natürlich an, dass der Flugvogel wesentlich schwerer ist. Kleine Schildchen kennzeichnen und informieren die jeweils gezeigten Tiere und verdeutlichen, dass bei gleicher Körpergröße (Volumen) dennoch der Flugvogel wesentlich weniger „Gewicht auf die Waage bringt“. Neben der Waage sind zwei Podeste aufgebaut. Auf einem wird unter einer Glasabdeckung ein Schwamm gezeigt, auf dem anderen ist eine (nicht unbedingt echte) Lupe gezeigt, unter der ein Vogelknochen liegt. Der Blick ins Lupenglas offenbart die Schwammstruktur des Knochens. Eine Texttafel (siehe Textkasten auf der folgenden Seite) informiert Besucher über das Gezeigte und die Thematik. Ein Großformatfoto eines pneumatisierten Knochens ergänzt die textliche Darstellung.

Des Weiteren könnten verschiedene Vogelköpfe zur Präsentation der Knochenluftkammern aufgestellt werden.

Leichtbautechnik

Perfektioniert zum Fliegen!

Energiesparen ist nicht nur für uns Menschen wichtig! Im Automobil- und Flugzeugbau sind leichte Materialien wie Aluminium wichtig, um Gewicht und damit kostbare Energie zu sparen.

Auch Vögel sparen Energie, indem sie besonders leicht gebaut sind.

Die Knochen der flugfähigen Vögel sind nicht nur in der Regel hohl, sondern sind schwammähnlich aufgebaut. Stabil sind die Knochen trotzdem, aber um ein Vielfaches leichter.

Nur einige Laufvögel und tauchende Vogelarten sind hier eine Ausnahme.

Auch der Kiefer ist leicht gebaut und Zähne fehlen allen Vögeln völlig. Sie ersetzt der leichte Hornschnabel. Außerhalb der Fortpflanzungszeit bilden sich sogar die Geschlechtsorgane vieler Arten zurück.

Der Fregattvogel ist ein Paradebeispiel fürs Gewichtsparen. Bei einer Flügelspannweite von etwa 2,30 Meter und 1,5 Kilogramm Körpergewicht entfallen nur 100 Gramm auf das Knochenskelett.

UE 2 Flugmuskeln

Die bei flugfähigen Vögeln kräftig ausgeprägten Flugmuskeln sollen in dieser Untereinheit kurz thematisiert werden. Die Präsentation gliedert sich dabei in zwei Elemente.

Das erste orientiert sich in Inhalt und Optik an der Ausstellungsinstallation im Naturkundlichen Museum Fribourg, Schweiz, die Skelett, Muskelpräparat und Gefiederpräparat eines **Waldkauzes** (*Strix aluco*) zeigt (siehe Abbildung IV.2.AE9b). Zusätzlich ist jedoch jedes dieser drei Präparate an eine Federwaage angehängt, die das Gewicht anzeigt.

Dabei zeigt die Waage mit dem Skelett etwa 40 Gramm. Die zweite Waage mit dem Muskelpräparat zeigt 486 Gramm. Ein an der Federwaage befestigtes Schildchen nennt die Aufteilung des Gewichts auf die verschiedenen Organe. Dabei entfallen auf die inneren Organe 140 Gramm und die Muskulatur schließlich 306 Gramm. Die dritte Federwaage weist 540 Gramm Gewicht aus. Auf dem zugehörigen Schildchen ist vermerkt, dass das Gefieder lediglich 54 Gramm wiegt.

Das zweite Element ist ein Modell des Flugmuskulatur-Mechanismus. Als Funktionsmodell soll es die besondere Wirkungsweise des Auf- und Abschlages zeigen. Der Aufbau soll dem Original so weit wie möglich entsprechen (siehe Abbildung II.5.4a im Band 2).

Über zwei Taster kann entweder der Große Brustmuskel oder der Kleine Brustmuskel kontrahiert werden. Die Kontraktion wird über Stromfluss durch einen Memory-Draht erreicht; Memory-Draht ist ein elektrischer

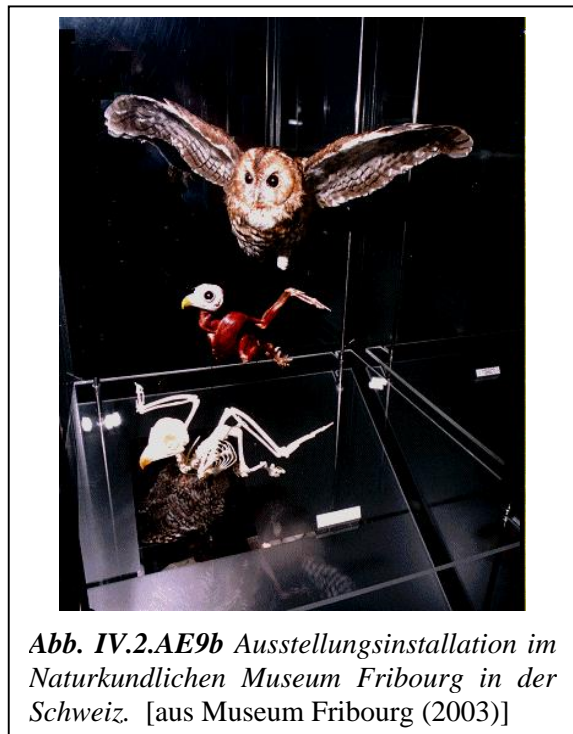


Abb. IV.2.AE9b Ausstellungsinstallation im Naturkundlichen Museum Fribourg in der Schweiz. [aus Museum Fribourg (2003)]

Leiter, der sich bei Stromfluss zusammenzieht. Die umständlich wirkende Bedienungsweise über zwei Taster ist bewusst gewählt. Nur so kann die Wirkungsweise über zwei nacheinander aktive Muskeln für Abschlag und Aufschlag überzeugend gezeigt werden. Der Bediener muss jeden dieser Muskeln im Modell über einzelne Taster kontrahieren lassen. Nur bei abwechselndem Tastendruck kann so der Flügelschlag des Modells durch den Besucher simuliert werden.

AE 10 VOGELFLUG (GEFLÜGELT IN DIE LÜFTE)

Einführung

Der Flug ist eines der charakteristischsten Merkmale, die Vögeln zugeschrieben werden. So gaben mit Abstand die meisten Museumsbesucher und Schüler der Präformativen Evaluation (etwa 72 Prozent aller Befragten, siehe Band 1, Kapitel VI.3.4.4, Abschnitt 3) das Fliegen als Spontanassoziation zu Vögeln an. Dem muss in der VogelWelten-Ausstellung Rechnung getragen werden, indem dem Vogelflug eine eigenständige Ausstellungseinheit gewidmet ist. Gleichzeitig wird die hier sinnvolle Verknüpfung mit der Thematik „Der Vogel als Vorbild für die Technik“ erfolgen. Gerade die für viele Menschen faszinierenden Flugzeuge können beispielhaft für von der Natur übertragene Techniken stehen und so auf ein noch junges Forschungsgebiet, die Bionik, hinweisen.

UE 1 Empfang

Der Besucher tritt in die zehnte Ausstellungseinheit zunächst – wie bei allen übrigen Ausstellungseinheiten auch – über die farbige Bodenmarkierung

↑ Geflügelt in die Lüfte ↑

in den Vogelflug-Thementeil. Unmittelbar dort sitzt das VogelWelten-Maskottchen auf einer Stange, an der eine Windfahne und eine Texttafel befestigt sind (siehe Abbildung IV.2.AE10b auf der nächsten Seite).

Die Texttafel (Text siehe Info-Kasten) liefert eine Einführung in die Thematik des Flugs der Vögel. Als Beispiel für eine Vogelart, die einen Großteil ihres Lebens in der Luft verbringt, wird die **Rauchschwalbe** (*Hirundo rustica*) vorgestellt. Eine Fotografie zeigt sie beim Trinken während des Flugs. Ein kurzer Erläuterungstext hierzu ist rechts angeordnet. Luft ist das Trägerelement beim Flug, so dass ihr eine besondere Bedeutung zukommt. Um dies zu verdeutlichen könnte die rot-weiße Windfahne so verfestigt werden, dass sie scheinbar im Wind weht. Diese Ver-

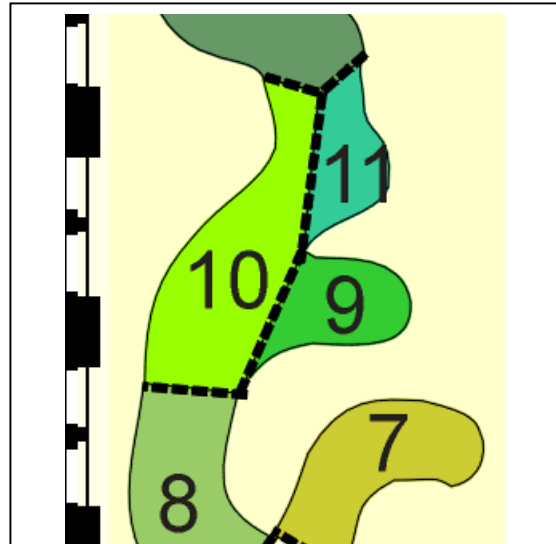


Abb. IV.2.AE10a Ausstellungseinheit 10 „Geflügelt in die Lüfte“. Benachbarte Ausstellungseinheiten sind „Federleicht“ (8), „Hochleistungsorganismus Vogel“ (9) und „Adaptive Radiation“ (11).

steifung könnte über Tunken der Fahne in leicht verdünntem Holzleim und anschließendem Austrocknen in einer Form erreicht werden. Authentischer, wenn auch aufwändiger, wäre jedoch ein echtes Wehen der Windfahne mittels eines unauffällig angebrachten Gebläses.

Ready for Take Off – Der Traum vom Fliegen

Für die meisten Vögel ist Fliegen das Natürlichste der Welt. Es ist selbstverständlich und oft überlebensnotwendig.

Einige verbringen die meiste Zeit ihres Lebens in der Luft, so auch die Rauchschwalbe. Im Flug jagt sie Insekten und trinkt sogar Wasser.

Rauchschwalbe (*Hirundo rustica*) beim Wassertrinken. Die Flügelspitzen hat sie nach oben gebogen, um nicht mit den Flügeln zu wassern.

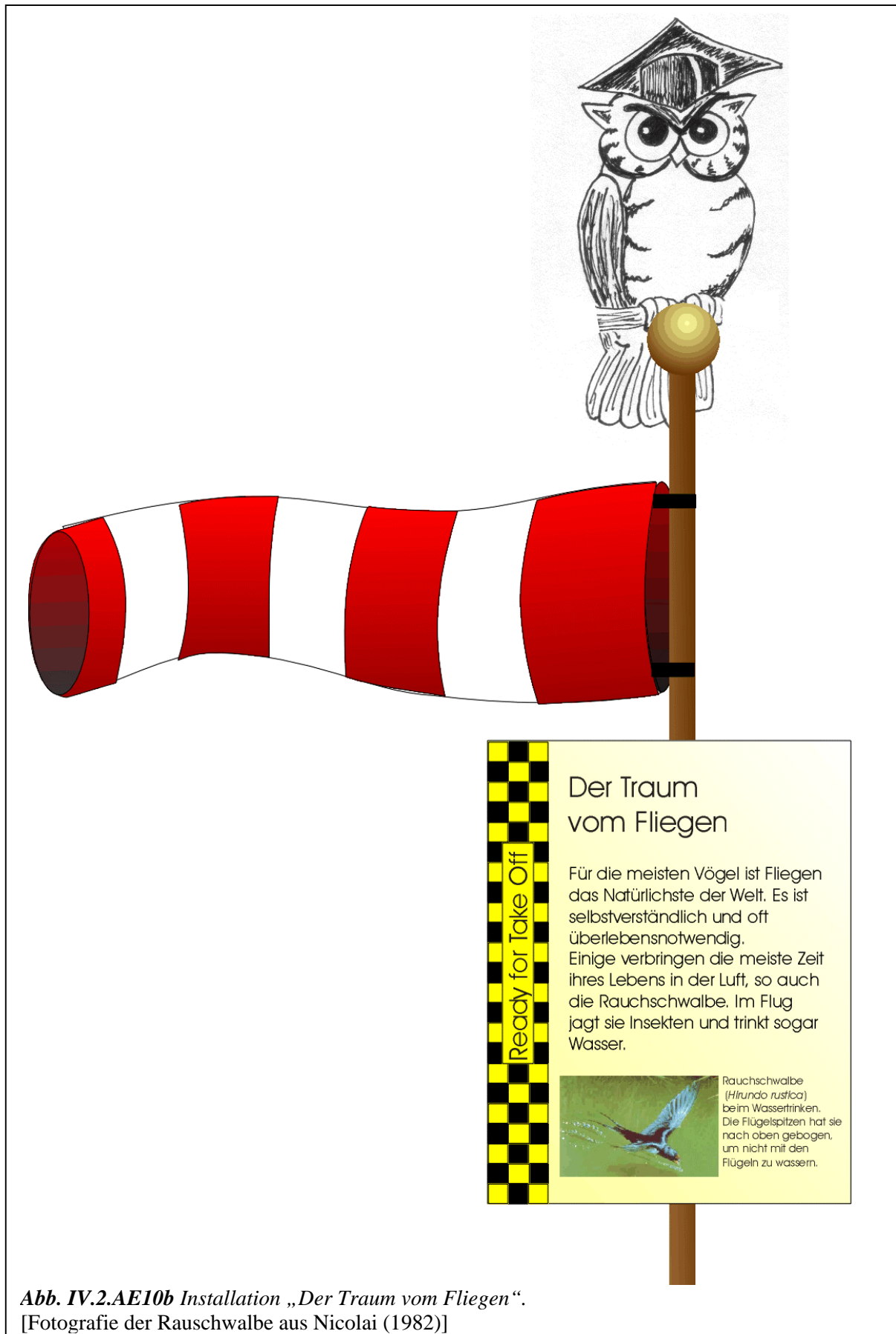


Abb. IV.2.AE10b Installation „Der Traum vom Fliegen“.
[Fotografie der Rauchschnalbe aus Nicolai (1982)]

UE 2 Flugphysik und Gleitflug

Die physikalischen Grundlagen des Vogelzugs sind hoch komplex und teilweise nur aufwändig erklärbar. Beim Flug wirksame Widerstände (Induzierter Widerstand, Rumpfwiderstand oder auch Flügelwiderstand), die Bedeutung des Anstellwinkels, der Begriffs der Flügelflächenbelastung, Flügelstreckung oder der für einige Arten wichtige Luftkisseneffekt können daher im Rahmen der VogelWelten-Ausstellung nicht thematisiert werden. Nur eine spezielle Sonderausstellung zum Vogelflug könnte den hierfür benötigten Raum zur Verfügung stellen, zumal der Vogelflug als Thema zwar viele der in der Evaluation befragten Besucher und Schüler interessiert (siehe Band 1, Kapitel VI.3.4.3, Abschnitt 9), aber nicht wesentlich stärker oder schwächer als viele andere Themen.

Der Vogelflug ist eins der typischsten Merkmale der Vögel, wie die Spontanassoziationen der Befragten (vergleiche den Einführungsabschnitt in diesem Kapitel) belegen, und muss daher als eigenständige Themeneinheit präsentiert werden. Der Umfang darf jedoch nicht den Rahmen anderer Ausstellungseinheiten überschreiten, um Ausstellungsbesuchern eine ausgewogene Themenvielfalt anbieten zu können.

Es werden daher nur einige wenige fundamentale Grundlagen und Begriffe erläutert werden können.

An der Decke befestigt und außerhalb der (Griff-)Reichweite der Besucher hängt entweder ein **Kondor** (*Vultur gryphus*) oder ein **Wanderalbatros** (*Diomedea exulans*) mit weit ausgebreiteten Flügeln. Beiden gemeinsam ist die sehr große Flügelspannweite, die

beim Kondor etwa 3 Meter, beim Wanderalbatros sogar 3,70 Meter erreichen kann.

Unmittelbar unterhalb dieses Vogels ist ein etwa 1,20 Meter hoher Podestzylinder aufgestellt, der ein großes Flugzeugmodell trägt. Um das Podest herum ist eine Trittstufe für kleinere Kinder.

Es wäre möglich, im Rahmen eines Sponsoring, ein Modell einer bestimmten Fluggesellschaft aufzustellen und so Geld- oder Sachmittel einzuwerben. Auf den Seitenwänden des Podestes könnten darüber hinaus weitere Informationen zum Unternehmen angebracht werden. Im Falle der Deutschen Lufthansa AG könnten dies beispielsweise die umfangreichen Umweltsponsoring-Projekte, wie das gemeinsam mit WWF und NABU durchgeführte Kranich-Schutz-Projekt (Kranichschutz Deutschland (Crane Protection Germany)) sein.

Das Flugzeugmodell ist in einer robusten Ausführung gestaltet, so dass es angefasst werden darf ohne Schaden zu nehmen. Die Großteile beider Flügel können mittels Scharnier 90 Grad nach oben geklappt werden, so dass der Querschnitt der Tragfläche sichtbar wird. Auf der nun ebenfalls sichtbaren Unterseite der jeweiligen Tragfläche sind Informationen (Text und Abbildungen) angebracht. Auf der einen Tragfläche wird das Grundprinzip der Auftriebserzeugung (siehe Abbildung IV.2.AE10c auf der folgenden Seite), auf der anderen der Gleitflug bei Vögeln und Flugzeugen erläutert (siehe Textkasten Perfekte Segelflieger auf der übernächsten Seite).

Um für diese Inhalte ausreichend Platz zur Verfügung zu haben, sollten die klappbaren Tragflächenteil wenigstens eine Länge von 50 cm und eine angemessene Breite haben.

Aufwärts - Vogel und Flugzeug

Mit gleichem Prinzip geflügelt in die Lüfte!

Die Querschnittsflächen von Vogelflügeln und Flugzeug-Tragflächen ähneln sich nicht zufällig. Es ist eben diese Grundform, die Vögeln wie Flugzeugen das Fliegen ermöglicht.

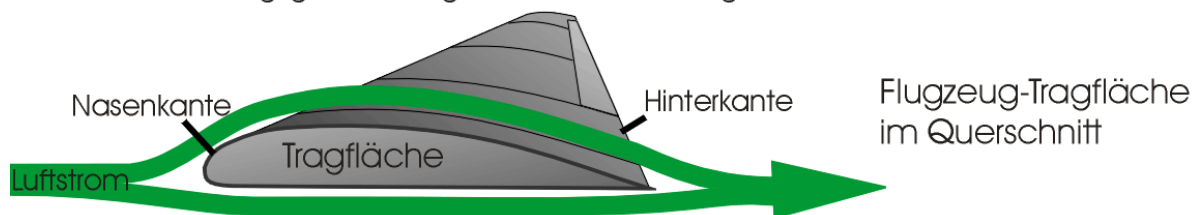
An der Nasenkante trennt sich der Luftstrom in einen oberen und einen unteren. Während die Luft unter der Tragfläche geradlinig strömen kann, muss sie über der Tragfläche durch die Wölbung einen längeren Weg zurücklegen. Diese Wegverlängerung kann nur durch eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des oberen Teilstroms ausgeglichen werden. Erhöht sich aber die Geschwindigkeit des Luftstroms, so erniedrigt sich hier der Luftdruck.

Die niedrigere Strömungsgeschwindigkeit des unteren Luftstroms bedingt dort einen hohen Luftdruck.

Wenn unter der Tragfläche hoher Druck, über der Tragfläche aber niedriger Druck herrscht, wird die Tragfläche nach oben gehoben. Dies nennt man Auftrieb.

Experiment: Halten Sie mit den Fingerspitzen ein Blatt Papier direkt unter Ihren Mund. Blasen Sie nun kräftig über das Papier. Sie werden selbst den Auftrieb erkennen, denn das Papier hebt sich nach oben!

Hohe Strömungsgeschwindigkeit bedeutet niedriger Druck



Niedrige Strömungsgeschwindigkeit bedeutet hoher Druck



Abb. IV.2.AE10c Tafel auf einer der beiden klappbaren Tragflächen-Rückseiten.

Perfekte Segelflieger

Die energiesparendste Möglichkeit des Flugs ist der Gleitflug. Lautlos und ohne einen Flügelschlag lassen sich Weißstörche (*Ciconia ciconia*) und andere, vornehmlich große Vögel weite Strecken durch die Luft gleiten. Ausreichenden Auftrieb erhalten sie allein durch ihre Fluggeschwindigkeit und das Ausnutzen von Luftströmen den ausgebreiteten Flügeln. Dabei können sie mithilfe der Schwerkraft ihre Fluggeschwindigkeit und damit den Auftrieb erhöhen.

Manche Vögel nutzen geschickt diese Luftströmungen aus, um stundenlang ohne einen einzigen Flügelschlag in der Luft bleiben zu können. In kreisenden Bahnen schrauben sie sich beim Thermiksegeln in warmen Luftschichten nach oben.

Albatrosse nutzen beim dynamischen Segeln unterschiedliche Windgeschwindigkeiten über der Meeresfläche, um sich ohne abzusinken in wellenförmiger Flugbahn gleiten zu lassen.

Segelflugzeuge funktionieren nach dem gleichen Prinzip: Auch sie erzeugen durch ihre Fluggeschwindigkeit Auftrieb an den Flügeln. Geübte Segelflieger machen es den Vögeln nach und lassen sich von warmen Luftströmen ebenso wie sie in großen Kreisbahnen in die Höhe tragen.

UE 3 Schlagflug

Die dritte Untereinheit beschreibt den Schlagflug der Vögel sowie einige Flug-Sonderformen wie den Rüttelflug und den Sturzflug. Daneben wird auf die Start- und Landeproblematik bei großen und schweren Vögeln eingegangen.

Ein etwa zwei Meter hoher Zylinder enthält alle Ausstellungselemente der UE 3. In Augenhöhe ist das von Marey (Jules Étienne Marey (1830-1904), siehe Kapitel II.6.1, Band 2) konstruierte Tachyskop integriert (siehe Abbildung IV.2.AE10d). Rings um den Zylinder sind hierzu im Zylindermantel rechteckige Glasschlitze angeordnet, die den Blick auf jeweils einen Vogel in der Schlagflug-Abfolge freigeben. Mittels Handkurbel kann die Scheibe mit den darauf befestigten Vögeln gedreht werden. Auf eine motorgetriebene Variante mit Knopfdruck-Steuerung sollte verzichtet werden. Ein Motor benötigt Strom, die elektrische Installation verursacht unter Umständen Wartungsarbeiten und schließlich fördert die Handbedienung die Eigenaktivität des Besuchers. Um Beschädigungen durch zu schnelles Drehen zu verhindern, sollte jedoch eine mechanische Begrenzung der maximal möglichen Drehgeschwindigkeit vorgesehen werden. Auf der Scheibe ist mit einigen Vögeln identischer Gestalt in verschiedenen Flugstadien eine komplette Schlagflug-Phase wiedergegeben, so dass bei schneller Drehung der Scheibe ein kontinuierliches Schlagfliegen in Bewegung gesehen werden kann. Ebenso

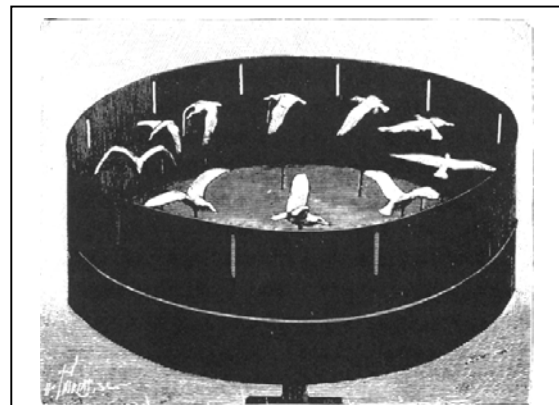


Abb. IV.2.AE10d Von Marey konstruiertes Tachyskop zur Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Schlagflugs von Vögeln. [aus Nachtigall (1987)]

ist jedoch auch, wenn die Scheibe nicht schnell gedreht wird, ein Betrachten einzelner Schlagflug-Phasen möglich. Um die Bedienung auch für kleinere Kinder zu ermöglichen, sollte auch hier, wie bei etlichen anderen Ausstellungseinheiten, eine den Zylinder umgebende breite Trittstufe vorhanden sein.

Im Zylindermantel sind eine Texttafel mit Abbildung und ein Bildschirm hinter gewölbtem (Plexi-)glas, bündig zur Zylinderaußenhaut eingelassen, die weitere Informationen zum Schlagflug liefern (siehe Abbildung IV.2.AE10e) sowie am Beispiel des Albatros auf die besondere Start- und Landeproblematik großer und schwerer Vögel aufmerksam machen.

Schlagkräftig

Alle echten Flieger unter den Tieren nutzen dasselbe Prinzip!



Die Schwerkraft zieht den Vogel nach unten und der Luftwiderstand bremst ihn. Er muss also meist, außer er kann segeln, eigene Kräfte mobilisieren, um diese Kräfte auszugleichen. Durch Flügelschlagen erzeugt er den hierfür benötigten Auftrieb und Vortrieb.

Zwei Hauptphasen sind typisch für den sogenannten Schlagflug: Aufschlag und Abs Schlag.

Auftrieb und Vortrieb werden hauptsächlich in der Abschlagsphase gebildet, während der Aufschlag nur wenig Auftrieb erzeugt und im Wesentlichen dem Erreichen der Ausgangssituation dient.

Alle Tiere, die echt fliegen können, halten sich durch Flügelschlagen in der Luft. Und nicht nur Vögel fliegen, sondern auch Insekten (Schmetterlinge, Käfer, Bienen, Wespen u.a.) oder Fledermäuse. Einige Tiere können zwar nicht wirklich fliegen, aber immerhin gleiten sie durch die Luft, wie die Flugbeutler, Flughörnchen oder Fliegenden Fische.

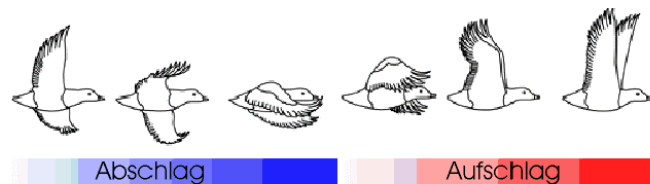


Abb. IV.2.AE10e Texttafel zum Schlagflug. [Schlagflug-Phasen aus Digitale Folien (2002)]

Auf dem „Zylinder-Dach“ ist ein Albatros-Präparat mit ausgebreiteten Flügel-schwingen aufgestellt. Es dient einer-seits als Eye-Catcher, andererseits be-zieht sich das im Monitor gezeigte Vi-deo auf den Albatros, so dass der hier aufgestellte als Original-Anschauungs-objekt dient. Das Video sollte aus ei-nem einführenden Abschnitt und an-schließendem Hauptteil bestehen und eine maximale Länge von etwa drei Minuten nicht überschreiten.

Zunächst wird – nach Klärung der Er-laubnis der Ausstrahlung (Copyright liegt bei den Walt Disney Productions, USA) – der eindrucksvolle Start- und Landevorgang der Albatros-Airlines im Walt Disney-Zeichentrickfilm „Bernard und Bianca – Die Mäusepolizei“ ge-zeigt (siehe Abbildungen IV.2.AE10f und g). Über das Medium „Zeichen-trickfilm“ lassen sich nicht nur Kinder direkt erreichen und interessieren. Dar-über hinaus ist die Darstellung des Star-tens und Landens des Albatros auf hu-morvolle, aber dennoch bemerkenswert realistische Weise ins Zeichentrickfor-mat übertragen worden.

Im Anschluss an diesen Kurzclip wer-den Original-Aufnahmen von Albatros-Starts und Landungen gezeigt. Der Sprecher berichtet darüber, dass Albat-rosse regelrecht Anlauf nehmen oder von erhöhten Positionen starten, um überhaupt in die Luft abheben zu kön-nen.

UE 4 Rekordflieger

In einer gesonderten Vitrine werden exemplarisch einige Vogelarten mit besonders hervorragenden Flugleistun-gen vorgestellt.

Die Präsentation ist hierbei so gewählt, dass der jeweilige Rekordhalter auf einem echten Siegerpokal sitzt. Eine Pokalinschrift nennt den Artnamen, den innehabenden Rekord und einige weite-re Informationen.



Abb. IV.2.AE10f Cover des Zeichentrickfilms „Bernard und Bianca – Die Mäusepolizei“. Bernard und Bianca haben soeben im Albatros-„Flugzeug“ mit Flugkapitän Orville Platz genommen.

[Walt Disney Productions, USA (1977)]



Abb. IV.2.AE10g Ausschnitt aus dem Zeichentrickfilm „Bernard und Bianca – Die Mäusepolizei“, der die et-was holprige Landung von Orville, dem Flugkapitän der Albatros-Airlines, zeigt.

[Walt Disney Productions, USA (1977)]

Im Einzelnen sind dies folgende Vogelarten:

- **Stachelschwanzsegler** (*Hirundapus caudacutus*) mit 330 km/h Flugeschwindigkeit als schnellster Flieger, während Enten 120 km/h und Singvögel etwa 60 km/h schnell fliegen. Im Sturzflug erreicht der **Wanderrfalke** (*Falco peregrinus*) mit etwa 350 km/h die höchste Geschwindigkeit von allen Lebewesen.
- **Höckerschwan** (*Cygnus olor*) mit 22 kg Körpergewicht als schwerster flugfähiger Vogel. Er teilt sich den Titel mit dem Hahn der **Großtrappe** (*Otis tarda*). Die Weibchen der Großtrappe werden dagegen nur 5 kg schwer.
- **Wanderalbatros** (*Diomedea exulans*) hat mit 4,2 m die größte Flügelspannweite. Gleichzeitig ist er mit über 70 Lebensjahren der am längs-

ten lebende Vogel. Kondor und Marabu-Storch erreichen 3 m Flügelspannweite.

- **Küstenseeschwalbe** (*Sterna paradisaea*) als Langstrecken-Rekordler mit jährlich etwa 36000 km Flugstrecke.
- Kolibris als Meister der Flugtechnik. Ihre Flügel schlagen bis zu 200 mal in der Sekunde. Sie können so nicht nur auf der Stelle, sondern sogar rückwärts fliegen. Ihre besonderen Flugfähigkeiten benötigen sie beim Blütenbesuch, um an den nahrhaften Nektar zu gelangen. Dieser Nektar ist gleichzeitig die Nahrung, die energiereich genug ist, um als Quelle für die kräftezehrende Flugweise der Kolibris dienen zu können.

AE 11 ARTBILDUNG (WIE ARTEN ENTSTEHEN)

Einführung

Selektion, Isolation und Adaptive Radiation sind wichtige Grundbegriffe und Prinzipien der Evolution. Im Rahmen des Schulunterrichts sind sie unverzichtbare Themen der gymnasialen Oberstufe in der Qualifikationsphase (Jahrgangsstufen 12 und 13). Schon deshalb sollten sie in der VogelWelten-Ausstellung aufgegriffen werden, um als spezielles Element die Attraktivität für Kurse der Sekundarstufe II zu erhöhen. Darüber hinaus ist die Artbildung (Evolution) als Grundlage der Artenvielfalt und des heutigen Lebens auf der Erde zu sehen und erlangt somit eine besondere Bedeutung.

Die Art der Präsentation und thematischen Aufarbeitung orientiert sich am Wissensstand der Zielgruppen und setzt daher zum Verständnis keine Fachbegriffe oder Kenntnisse voraus. Einige Fachbegriffe werden in dieser Ausstellungseinheit in drei Untereinheiten neu eingeführt, aber auf möglichst einfache Weise erklärt.

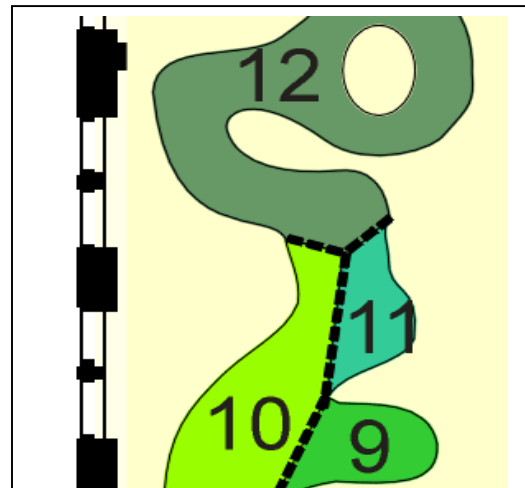


Abb. IV.2.AE11a
Ausstellungseinheit 11 Artbildung.

Wie auch bei den anderen Ausstellungseinheiten, markiert ein farbiger Balken den Eintritt in den neuen Themenbereich:

↑ **Wie Arten entstehen** ↑

UE 1 Anpassung durch Selektion

Platzbeschränkungen gelten in dieser Unter-einheit wie für alle übrigen Ausstellungsbe-reiche, so dass die Selektion nicht erschöp-fend behandelt werden kann. Vielmehr wird eine Einführung gegeben, die Grundlagen vermittelt.

Zwei quadratische Landschaftsdioramen nicht großen Ausmaßes sind unmittelbar nebenein-ander gestellt. Ein Landschaftsquadrat ist der nordafrikanischen Savanne mit hellem Savan-nenboden, eins einer mitteleuropäischen A-ckerfläche mit dunklerem Boden nachemp-funden. Auf beiden Flächen ist jeweils eine **Haubenlerche** (*Galerida cristata*) der dort vorkommenden Population aufgestellt. Das Gefieder der afrikanischen Haubenlerchen der Savanne ist ebenso hell wie der Savanne-Boden. Das der mitteleuropäischen Hauben-lerche ist jedoch deutlich dunkler und ent-spricht im Farbton dem dunkleren Erdboden Mitteleuropas.

Eine Texttafel informiert den Museumsbesu-cher über die Hintergründe der Farbunter-schiede innerhalb einer Art.

Auslese

Haubenlerchen (*Galerida cristata*) kommen sowohl in Mitteleuropa, als auch in der nordafrikanischen Savanne vor. Doch im Farbton unterscheiden sich die Haubenlerchen Mittel-europas und Nordafrikas. Die Bewohner der Savanne sind hell, die Mitteleuropas dagegen dunkler. So sind sie farblich besser an den Boden angepasst und vor Feinden getarnt.

Doch nicht alle Einzeltiere haben die gleiche Gefiedertönung. Alle sind etwas unterschied-lich, die einen etwas heller, andere etwas dunkler. Doch zu dunkle oder helle Hauben-lerchen fallen auf dem Savanne-Erdboden schneller auf und werden so leichter ein Beu-teopfer.

So überleben und haben Nachwuchs eher die Vögel, die am besten angepasst sind. Sie können ihre Merkmale dadurch wesentlich häufiger an ihre Nachkommen weitergeben als die Schlechter-Angepassten. Man be-zeichnet diese Auslese als Selektion oder als das Überleben des Best-Angepassten, „Survival of the Fittest“.

UE 2 Isolation

Es sind verschiedene Isolationsfaktoren be-kannt, von denen jedoch im Rahmen der Vo-gelWelten nur einige wenige aufgegriffen werden können. So bleibt beispielsweise die ethologische Isolation, die sich im unter-schiedlichen Imponiergehabe der beiden Re-genpfeifer-Arten, Sandregenpfeifer und Flussregenpfeifer, zeigt und so ein Auslösen angeborener Mechanismen bei artfremden Regenpfeifern verhindert, unberücksichtigt.

Hier soll nur auf räumliche Trennung (Separa-tion) und optische Trennung als Isolationsfak-toren hingewiesen werden (siehe jeweilige Info-Kästen).

Exemplarisch gewählte Vogelarten sollen sein:

- **Rabenkrähe** (*Corvus corone corone*) und **Nebelkrähe** (*Corvus corone cor-nix*) als Beispiel für zwei Unterarten, die durch Separation entstanden sind,
- **Grünspecht** (*Picus viridis*) und **Grauspecht** (*Picus canus*) als Bei-spiel für zwei Arten, die durch Sepa-ration entstanden sind,
- Töpel

Zeigt her Eure Füße, zeigt her Eure Farbe

Auf den Galapagos-Inseln brüten drei Töpel-arten, die sich durch die Farbe ihrer Füße unterscheiden. Die Farben der Füße sind entweder blau, grün oder rot. Um bei der Partnersuche nicht fälschlicherweise einen Partner einer der beiden anderen Arten zu wählen, werden die Füße richtiggehend zur Schau gestellt. Schon beim Landeanflug auf ein Weibchen zieht das Männchen die Füße hoch und zeigt sie frontal. Anschließend läuft es um das Weibchen herum und zeigt seine Füße nochmals auffällig vor.

So ist von Anfang an gesichert, dass keiner von beiden Zeit für eine Balz mit einem art-fremden Töpel verschwendet. Die drei Töpel-Arten sind so dank ihrer sichtbaren Unter-schiede in ihrer Fortpflanzung voneinander isoliert.

Wenn dann das Weibchen mit dem Männchen einverstanden ist, erklären beide ihre Paa-rungsbereitschaft durch Hochstrecken der Schnäbel und Ausbreiten der Flügel.

Von Eiseskälte getrennt

Als die Eiszeiten Mitteleuropa in weiten Teilen mit Eis und Schnee überzogen, wurden unter anderem eine Krähen-Art und eine Specht-Art in jeweils zwei Populationen, das heißt Gruppen eines zusammenhängenden Lebensraumes, getrennt. So war eine Fortpflanzung einer Krähe von der einen Seite des Eismantels mit einer von der anderen Seite ausgeschlossen. Genauso erging es den Spechten. Die zusammenhängende Fortpflanzungsgemeinschaft war unterbunden worden. Veränderungen im Verhalten oder im Aussehen einer Population konnte sich so auf die andere Population nicht auswirken. Im Laufe vieler Tausend Jahre haben sich die Populationen von Krähen und Spechten auseinanderentwickelt.

Erst als das Eis wieder zurückwich, kamen die beiden Populationen der Krähen und die beiden Populationen der Spechte wieder zusammen. Doch die lange Zeit der Trennung war ausreichend genug, um sichtbare Unterschiede im Aussehen der Vögel hervorgebracht zu haben.

Rabenkrähen (*Corvus corone corone*) sehen daher etwas anders aus als Nebelkrähen (*Corvus corone cornix*). Dort, wo beide Arten heute vorkommen, verpaaren sie sich aber noch, sind also Unterarten zueinander. Die Nachkommen solcher Mischlingsehen tragen Merkmale beider Unterarten.

Bei den Spechten sind die Veränderungen hingegen so groß, dass sich die beiden Specht-Arten, Grünspecht (*Picus viridis*) und Grauspecht (*Picus canus*), nicht mehr paaren können. Es sind zwei eigenständige Arten entstanden.

Die Aufspaltung einer Stammart durch eine räumliche Trennung in zwei Arten, wie dies bei Grünspecht und Grauspecht geschehen ist, bezeichnet man als allopatrische Artbildung.

Ursachen für eine räumliche Trennung, die Separation genannt wird, gibt es viele. Veränderungen des Klimas, wie beispielsweise die Eiszeiten oder auch ein Anstieg des Meeresspiegels, sind nur ein Beispiel.

Optional: UE 3 Adaptive Radiation (Spezialisten sind gefragt!)

Die adaptive Radiation ist ein wichtiger Begriff innerhalb der Evolution. Die zugrundeliegenden Prozesse sind jedoch komplex und bedürfen einiger Erklärungen. Der in der VogelWelten-Ausstellung zur Verfügung stehende Platz ist jedoch sehr beschränkt. Er beträgt in der gegenwärtigen Planung nur noch ein knappes Drittel der ehemaligen Vogel-Ausstellung. Sollte die Adaptive Radiation dennoch präsentiert werden sollen, böte sich an, die 14 Darwinfinken-Arten des Galapagos-Archipels bzw. der Kokosinsel als Beispiel aufzugreifen. Dabei könnten die einzelnen Schnabelformen der Darwinfinken in ihrer Funktion über unmittelbar neben den Exemplaren ausliegende Werkzeuge (Zangen) symbolisch verdeutlicht werden. Auch der Werkzeuggebrauch beim **Galapagos-Spechtfinken** (*Cactospiza pallida*) (siehe Kapitel V.3.5, Band 2), der Brutparasitismus sowie das Blutsaugen beim **Wenmanfink** (*Geospiza difficilis sptentrionalis*) (vergleiche hierzu Bergmann (1987)) sind interessante Teilaspekte. Besonderheiten der Selektion nah miteinander verwandter Arten, können ebenso betrachtet werden. Ein typisches Merkmal zeigt sich beispielsweise in der Kontrastbetonung von Merkmalen, die nur auftritt, wenn zwei nahestehende Darwinfinken-Arten im selben Habitat auftreten.

AE 12 HERKUNFT DER MODERNEN VÖGEL (VÖGEL VOR UNSERER ZEIT)

Grundaufbau

Aufbauend auf die in der AE 11 zur Adaptiven Radiation gewonnenen Kenntnisse des Ausstellungsbesuchers schließt sich die AE 12 zur Herkunft der modernen Vögel an. Hier soll und kann jedoch nur eine kleine Einführung in die Frühgeschichte der Vögel gegeben werden. Dabei wird eine klare Dreiteilung dieser Ausstellungseinheit realisiert.

Die erste Untereinheit (UE 1 Zeittunnel) führt den Besucher von der Jetzt-Zeit (Gegenwart) in die prähistorische Vergangenheit. Da der klassische Ausstellungsbesucher Laie auf dem Gebiet der Paläontologie ist, dürfen selbst basale Kenntnisse zeitgeschichtlicher (Früh-) Epochen nicht vorausgesetzt werden. Diese werden daher an dieser Stelle kurz vermittelt, da ohne sie ein Verständnis der Entwicklung der Vögel ausgeschlossen ist.

Diese „Zeitreise“ ist wichtig, um den Ausstellungsbesucher sukzessive in die „Vergangenheit“ zu führen, damit ihm in der folgenden Untereinheit deutlich wird, dass dort Tiere vergangener Zeiten dargestellt werden, es sich demnach um heute längst ausgestorbene Arten handelt.

Diese zweite Untereinheit (UE 2 Vögel der Urzeit) widmet sich daher einigen wenigen Exemplaren der Urvögel und Bindegliedern zu Vögeln und stellt Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede zu heutigen Vögeln heraus. Dies soll sich nicht auf anatomische Merkmale beschränken. Vielmehr sollten auch Verhaltensmerkmale beleuchtet werden.

Die dritte und letzte Untereinheit (UE 3 Spurensuche) schließlich führt den Besucher wieder in die „Gegenwart“ zurück und zeigt Reste und Spuren, die die vorher (UE 2) gezeigten Tierarten heute hinterlassen haben und uns (Menschen) die gegenwärtigen Kenntnisse ermöglicht, aber auch, wie schwierig manches Mal eine Rekonstruktion des Vergangenen ist.

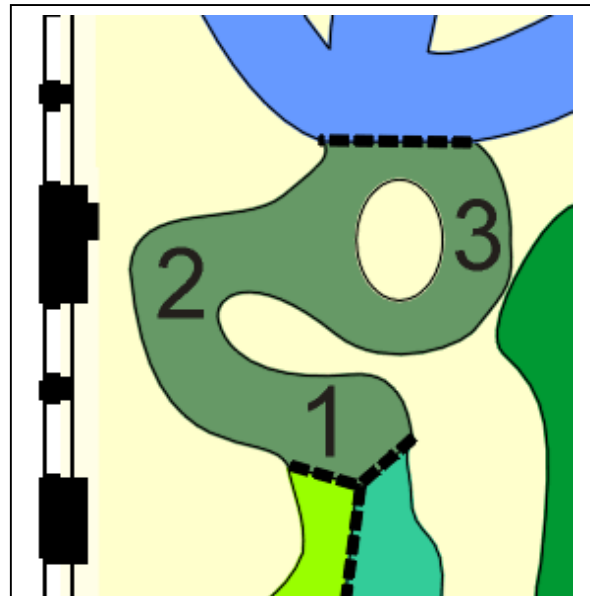


Abb. IV.2.AE12a Ausstellungseinheit 12 mit den angrenzenden Ausstellungseinheiten. Die räumliche Aufteilung der Untereinheiten UE 1 Zeittunnel, UE 2 Vögel der Urzeit und UE 3 Spurensuche sind mit Zahlen gekennzeichnet.

UE 1 Zeittunnel

Wie bei jeder Ausstellungseinheit, markiert ein farbiger Balken auf dem Boden den Beginn einer neuen Einheit:

↑ **Vögel vor unserer Zeit** ↑

Der Besucher schreitet in einen hier beginnenden, den Weg überspannenden Tunnel, der wie aus dem rohen Fels herausgeschlagen wirkt. Eine Holzausbau lässt eine an einen Bergwerksstollen erinnernde Szenerie entstehen (siehe Abbildung IV.2.AE12b auf der folgenden Seite).



Abb. IV.2.AE12b Stollenmundloch der Grube Zwischenfeld. Rekonstruierter Erzstollen im Holzbausbau als Station des Montanwanderwegs der Erzgrube Silberhardt, Öttershagen bei Windeck (Sieg).

Der Besucherweg sollte jedoch im Unterschied zum gezeigten Stollen etwas breiter und höher ausfallen, um keine beklemmende und einengende Atmosphäre zu schaffen. Gruppen müssen in diesem Bereich nicht lange verweilen. Ausreichend Platz bietet sich sowohl vor, als auch nach dem Stollen. So erzeugt der Eingangsbereich Spannung und Neugier, die hier präsentierte „geheimnisvolle“ und unbekannte Welt zu entdecken. Der Zeittunnel selbst ist etwas schmaler als die sonstigen Besucherwege.

Dies sowie die tiefgezogene Decke verstärkt den Eindruck, dass hier über einen schmalen Zugang eine Verbindung zwischen zwei Welten geschaffen wurde, der Welt der Vögel von heute und der Welt der Vögel aus lange vergangenen Zeiten, die heute nur noch in Spuren

(Fossilien) bei Grabungen in verschiedenen Erdschichten zu erschließen ist.

Auch dieser Umstand begründet die Präsentationsform als Bergwerksstollen. Der Besucher vollzieht so eine Reise zurück zu den Erdschichten der Vergangenheit, in denen die erwähnten Spuren Zeugnis geben.

An den Seitenwänden spärlich vorhandene Bergwerksleuchten (mit Fackelglühleuchten) erzeugen darüber hinaus eine aufregend wirkende Atmosphäre. Der Weg knickt unmittelbar nach dem Stollenmundloch im rechten Winkel nach links ab. Dies verdeutlicht einerseits die hier thematisch vollzogene Trennung zum übrigen Ausstellungsteil. Andererseits ist die im Folgenden besuchte Ausstellungseinheit zur Paläornithologie nicht unmittelbar einsehbar, was Neugier und Interesse für das so gewissermaßen verborgen Liegende weckt. Nach der Wegbiegung schließt sich ein gerader Stollenteil im klassischen (Eichen-) Holzverbau an. Hier wird die erdgeschichtliche Entwicklung, verdeutlicht mit Beispielen, bis weit in die Vergangenheit zurückverfolgt.

Entlang der Stollenwand ist eine sanft geschwungene Wellenlinie angebracht, die mehrmals die Farbe wechselt, wobei keine Farbkante, sondern Farbverläufe die Übergänge ineinander verschmelzen lassen. Diese Farben markieren die Erdzeitalter. Die Farbverläufe verdeutlichen die in der Erdgeschichte ebenso ineinander greifenden und nicht immer exakt trennbaren Zeitepochen. Auf der Farblinie sind Jahreszahlen in Form von „vor 10 Millionen Jahren“, „vor 100 Millionen Jahren“ usw. angebracht. In Abständen sind Texttafeln auf der Wellenlinie angebracht, die Informationen zur jeweiligen Zeitepoche liefern. Um den Ausstellungsbesucher nicht zu überfrachten, zumal die Erdgeschichte nicht Hauptanliegen der VogelWelten ist, wird nicht auf jede Zeitepoche eingegangen.

Zu Beginn des Zeittunnels wird die Gegenwart betrachtet. Um gerade Kindern und Jugendlichen, aber auch Erwachsenen, denen ein Vorstellungsvermögen von Zeiträumen mehrerer Millionen Jahre ebenso fehlen dürfte, einen Eindruck zu geben, werden Beispiele zur Verdeutlichung genannt.

Auf einer großen Tafel ist ein schmaler, aber hoher Spiegel angebracht. Seine Positionierung ist so, dass sowohl körperlich kleine wie große Menschen sich selbst (mit Gesicht) spiegeln können.

Rechts neben des Spiegels ist folgender Text angebracht:

1. Texttafel Quartär

Wie alt bist Du? Wie alt sind Sie?

7 Jahre, 15, 30, 60 oder 90 Jahre? Wie alt können wir Menschen überhaupt werden?

Mehr als 100 Jahre wird kaum ein Mensch. Ein Zaunkönig wird gerade 5 Jahre alt. Eine Krähe kann aber sogar 118 Jahre alt werden. Mancher Baum ist schon 1000 Jahre alt.

Wenn wir annehmen, jeder Mensch würde 100 Jahre alt werden, dann müsste er 20.000-mal gelebt haben, um vom Mammut erzählen zu können. Der *Homo habilis*, der erste Mensch, erschien zu dieser Zeit. Diese Zeit, die vor etwa 2 Millionen Jahren begann und bis heute reicht, wird Quartär genannt.

Die weiteren Texttafeln sind, wie bereits erwähnt, an der Stollenwand korrespondierend zur Zeitepochen-Wellenlinie angeordnet.

2. Texttafel Tertiär

Vor 70 Millionen Jahren, im sogenannten Tertiär, hatten Pferde noch drei Zehen anstatt eines Hufes, wie heute. Eine Vielzahl von Säugetier-Arten entstand zu dieser Zeit, darunter auch heute längst ausgestorbene Arten wie das Hornlose Nashorn oder der Säbelzahn tiger.

Menschen gab es noch nicht und doch war unser Planet schon voller Leben. Pflanzen, Pilze und Tiere der verschiedensten Arten bevölkerten Wasser, Land und Luft.

Das Rheinische Schiefergebirge hob sich und die Nordsee drang von Norden bis ins Gebiet vor, wo heute Bonn ist. Mindestens 390 Vulkane schufen das Siebengebirge und formten die weitere Umgebung. Erst vor etwa 6 Millionen Jahren erlosch der letzte Vulkan.

3. Texttafel Kreide

In der Kreidezeit, die vor rund 135 Millionen Jahren begann, erlebten die Dinosaurier ihre letzte Blüte ehe sie ausstarben. Aber halt! Nicht alle Dinosaurier sind ausgestorben. Im Gegenteil, es gibt sogar sehr viele Nachfahren. Doch mehr wird erst in der Grotte am Ende dieses Stollens verraten.

4. Texttafel Jura

Vor 180 bis 135 Millionen Jahre, im Jura, war die Hauptzeit der Dinosaurier. Es gab schon einfache Säugetiere. In dieser Zeit entwickelten sich die ersten Nadelbäume. Flugsaurier bevölkerten die Lüfte.

5. Texttafel Trias

Vor 225 Millionen Jahren gab es Riesenfarne und Riesenschachtelhalme, groß wie Bäume, aber auch Gingko-Bäume. Reptilien streiften umher. Ein besonderes Reptil waren Theriodontier, die die Vorfahren der späteren Säugetiere waren.

6. Texttafel Paläozoikum

Dieses Zeitalter reicht von 600 bis 225 Millionen Jahren vor unserer Zeit. Anfangs gab es nur Leben im Wasser, später entwickelten sich die ersten Fische, erste Landpflanzen, Insekten, Baumfarne, Reptilien, Wälder und Wirbeltiere. Dort, wo heute Nordeuropa liegt, war ein großer Kontinent, dessen Flüsse im heutigen Mittelrheingebiet in ein großes flaches Meer mündeten.

7. Texttafel Präkambrium

Vor 6 bis 5 Milliarden Jahren entstand das Leben. Einfache Lebensformen, wie Bakterien und Algen, besiedeln nach und nach die Meere.

UE 2 Vögel der Urzeit

Die Zeitreise durch den Bergwerksstollen mündet schließlich in die UE 2 Vögel der Urzeit. Hier weitet sich der Tunnel in eine Höhlenhalle, in der der Besucher von einer urzeitlichen (Modell-)Natur empfangen wird. Hiermit hat der Museumsbesucher auf seiner Reise durch die Zeit die prähistorische Vergangenheit erreicht.

Dabei sollte auf eine möglichst realitätsnah wirkende und größenechte Rekonstruktion der hier exemplarisch ausgewählten Vogelart, *Archaeopteryx lithographica*, geachtet werden. Jeweils eine Texttafel erläutert die gezeigte Rekonstruktion und die Abstammung der Vögel von den Dinosauriern (siehe die Textkästen auf der folgenden Seite), ohne sich jedoch in Details und Fachwissen zu verlie-

ren. In die *Archaeopteryx*-Texttafel ist ein Display integriert, auf dem die evolutive Entwicklung der Abstammungslinie der Vögel, wie beispielsweise Ausbildung des Schnabels und Verlust der Zähne, Vergrößerung der Flugmuskulatur und des Brustbeins, bildlich in einer Animation dargestellt wird (vergleiche Kapitel IV.1 im Band 2).

Archaeopteryx lithographica – ein Dino-Vogel oder ein Vogel-Dino?

Der bekannteste Urvogel dürfte wohl *Archaeopteryx lithographica* sein. Vor etwa 150 Millionen Jahren, zur Jura-Zeit, jagte das taubengroße Tier nach Insekten und kleinen Wirbeltieren.

Archaeopteryx ist ein außergewöhnliches Tier, denn es hat sowohl Kennzeichen von heutigen Vögeln als auch von Reptilien bzw. Dinosauriern. So hatte er echte Federn und einige Knochenmerkmale, wie sie Vögel haben, aber auch Zähne, keinen Schnabel und einen langen Schwanz, was für Reptilien und Dinosaurier typisch ist.

Wer sind die Vorfahren der Vögel?

Die Dinos sind doch nicht ausgestorben! In Vögeln leben sie noch heute weiter!

Alle bisherigen Untersuchungen bestätigen, dass die heutigen Vögel von Theropoden abstammen, einer Gruppe zweibeiniger, fleischfressender Dinosaurier.

Tyrannosaurus rex, der bekannteste Raubsaurier, mit Gefieder?

Es gibt etliche Hinweise dafür, dass zumindest die Theropoden-Dinosaurier, bereits Federn trugen und Warmblüter waren. Warmblüter sind Tiere, die ihre Körpertemperatur immer gleich warm halten können. Heute gibt es nur zwei Tiergruppen, die das können: Vögel und Säugetiere. Das Gefieder diente demnach bei ihnen zum Schutz vor Hitze und Kälte. Sogar *Tyrannosaurus rex*, einer der bekanntesten Raubsaurier, soll bereits zumindest während des Wachstums flaumig befiedert gewesen sein.

Die ursprüngliche Aufgabe der Federn war demnach nicht der Flug, sondern die Temperierung des Körpers.

Theropoden-Dinosaurier waren keine blutrünstigen Fressmaschinen!

Überhaupt sind die früheren Darstellungen blutrünstiger Monster-Dinosaurier heute überholt. Vor einiger Zeit konnte das versteinerte Nest eines Oviraptors, einem fleischfressenden Dinosaurier, gefunden werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Oviraptor seine Eier, seine Brut fürsorglich hegte und pflegte. Die Eier legte er im Kreis an und kümmerte sich auch nach dem Schlüpfen noch um den Nachwuchs. Der Oviraptor war ein langhalsiger, zahnloser Dinosaurier mit schlanken Beinen, der gewisse Ähnlichkeiten mit dem Vogel Strauß hatte.

Im selben Nest wurden jedoch auch zwei Eier einer weiteren fleischfressenden Dinosaurier-Art, einem Velociraptor, gefunden. Es scheint sich somit zu bestätigen, dass dieser Velociraptor, wie heutige Kuckucke auch, seine Eier in fremde Nester legte und sie von Adoptiveltern großziehen ließ.

Flugsaurier sind keine Vögel

Auch wenn sie fliegen konnten: Die Flugsaurier sind keine Vögel gewesen. Gewaltig waren teilweise ihre Ausmaße. *Pteranodon* war einer der ersten Flugsaurier und seine Flügelspannweite betrug mehr als 7 Meter.



Abb. IV.2.AE12b Nachgeahmte Ausgrabungsstätte eines versteinerten Dinosauriers im Legoland Günzburg. Zur Freude von Kindern wie Erwachsenen können hier aus Beton gestaltete Fossilien mit Schaufeln im großen Sandkasten ausgegraben werden.

UE 3 Spurensuche

Der Museumsbesucher wird in der folgenden dritten Untereinheit selbst dazu aufgefordert, als Forscher und Paläontologe Fossilien – was also heute noch aus dieser Vorzeit erhalten geblieben ist – auszugraben und zuzuordnen. In der Mitte des sich aufspaltenden Besucherweges ist ein eiförmiger großer Kasten aufgestellt (siehe im AE-Raumplan, Abbildung IV.2.AE12a), der mit einem breiteren Seitenrand versehen ist. Der Kasten selbst ist mit Sand (nicht bis zum oberen Rand) aufgefüllt. Kleinere Handschaufeln und Pinsel sind mit Ketten gegen Fortnahme gesichert. Der Sand verdeckt mit einer allerdings nicht zu dicken Schicht darunter verborgene „Versteinerungen“ von Urvögeln, die mittels Schaufel und Pinsel freigelegt werden können (vergleiche Abbildung IV.2.AE12b und IV.2.AE12c). Drei verschiedene Urvogel-Arten, beispielsweise *Archaeopteryx*, *Shenzhouraptor*, *Iberomesornis*, *Ichthyornis* oder

andere, sind mittels einer fest aushärtenden Spachtelmasse gestaltet (Modellgips eignet sich hierbei nur bedingt, da er wasserlöslich und zudem nicht fest genug ist.) und in den Grund des „Sandkastens“ eingelassen. Eine Texttafel neben dem Aufbau zeigt Abbildungen der drei Urvögel sowohl im Versteinerungsbild, dass der im „Sandkasten“ befindlichen „Versteinerung“ entspricht, als auch in der Rekonstruktion, nennt den Artnamen und einige Informationen zur Lebensweise und Zeitepoche der Auftretens. Der Ausstellungsbesucher kann mithilfe dieser Tafel seine ausgegrabene „Entdeckung“ selbst bestimmen. In den „Sandkasten“-Rand ist eine nach oben klappbare Stein(imitat)platte eingelassen. Auf ihr ist ein fossiler Urvogel (Abguss eines Originals) und eine Beschriftung („Was sind Fossilien und wie entstehen sie?“) zu sehen. Wer die Klappe öffnet, findet darunter die Beantwortung der Titelfrage (siehe Textkasten).



Abb. IV.2.AE12c Der versteinerte Dinosaurier im Legoland Günzburg ist fast freigelegt. Die Feinarbeit erfolgt mit dem Pinsel. Jeder Knochen findet so beim Besucher Beachtung. Gleichzeitig wird aber auch spielerisch eine Ausgrabung vorgenommen.

Spurensuche nach der Vergangenheit

Fossilien sind Überreste von Lebewesen lange vergangener Zeiten

Damit ein Fossil entstehen kann, muss das tote oder noch lebende Wesen schnellstmöglich vor Zerstörung vor allem durch Aasfresser oder Verwesung durch Kontakt mit Sauerstoff geschützt sein. So passierte es manchmal, dass ein gestorbene Tier direkt von Sand und Erde bedeckt wurde. Im Lauf der Jahrmillionen verfestigten sich diese Schichten mehr und mehr und wurden zu Gestein. Durch den hohen Druck der darüber liegenden Erdschichten versteinerten auch die Knochen. Oft werden solche Fossilien nur durch Zufall auf Baustellen oder in Steinbrüchen entdeckt.

IV.3 VIelfalt und Systematik (ÜBERBLICK IN DIE VIelfalt)

AE 13 EXEMPEL DER VOGELWELT (ALLES VÖGEL)

Einführung

In Vorbereitung zur AE 14, die die systematische Gliederung der Vögel behandelt, wird die Vielgestaltigkeit der Vogelwelt anhand einiger unmittelbar nebeneinander präsenterter, prägnanter Beispiele thematisiert. Mit Strauß und Pinguin wird daneben auch das Thema „Flugunfähige Vögel“ aufgegriffen, das in den anderen Ausstellungsteilen fehlt. Exemplarisch aus der Vielzahl der Möglichkeiten sollen hier Strauß, Kolibri, Pinguin und jährlich wechselnd der „Vogel des Jahres“ vorgestellt werden.

Die Darstellung sollte möglichst – außer bei der UE 3 „Vogel des Jahres“ – realitätsnah erfolgen. Die für die einzelnen Vogelarten vorgesehenen angenäherten Dreiecksflächen (siehe Abbildung IV.3.AE13a) bilden daher den jeweiligen Lebensraum ab.

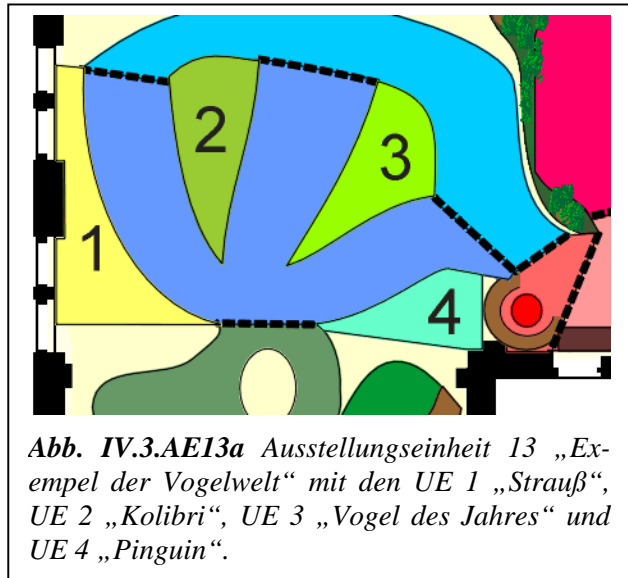


Abb. IV.3.AE13a Ausstellungseinheit 13 „Exempel der Vogelwelt“ mit den UE 1 „Strauß“, UE 2 „Kolibri“, UE 3 „Vogel des Jahres“ und UE 4 „Pinguin“.

UE 1 Strauß

Motivation

- Größter und schwerster Vogel weltweit
- Große Eier
- Reduzierung der Zehenzahl als Anpassung an die laufende Fortbewegung
- Verteidigung mit den Füßen
- Federn sind optisch sehr stark modifiziert und erinnern nur wenig an das Gefieder flugfähiger Vogelarten
- Bestehende Fehlvorstellungen („Strauße stecken bei Gefahr den Kopf in den Sand“)
- Symbiose mit Herdentieren
- Als Vogelart, die in der afrikanischen Savanne vorkommt, ein Verknüpfungspunkt zur bestehenden Savanne-Ausstellung

Gestaltung

Im Savanne-Lebensraum (Sand) ist eine Straußen-Familie (Männchen, Weibchen, Junges, zerbrochenes Ei und intakte Eier) aufgestellt. Im Hintergrund ist eine Gazelle

oder ein Warzenschwein positioniert. Eine Texttafel informiert den interessierten Museumsbesucher über das hier Gezeigte (siehe Textkasten).

Strauße - Sprinter der afrikanischen Savanne

Die Strauße (*Struthio camelus*) der afrikanischen Savanne können zwar nicht fliegen, dafür aber mit 72 km/h sehr schnell laufen. Selbst Löwen erreichen kaum ein höheres Tempo.

Die Anzahl ihrer Zehen hat sich als Anpassung ans Sprinten von 4 auf nur noch 2 Zehen reduziert. Auch bei anderen Lauftieren, wie Pferden oder Rindern, haben sich Zehen zurückgebildet.

Selbst wenn Strauße fliegen wollten, sie würden es nicht schaffen. Ihre Federn und Flügel erlauben keinen Flug. Mit 150 kg Körpergewicht sind sie zudem die schwersten Vögel überhaupt. Um abheben zu können, müssten sie 1000 km/h schnell laufen können.

Mit ihren kräftigen Laufbeinen verteidigen sie sich gegen Feinde. Eine Partnerschaft der ganz besonderen Art gehen Strauße mit afrikanischen Herdentieren, wie Rindern, Gazellen, Gnus, Antilopen oder Giraffen ein: Beim Weiden stöbern die Huftiere zahlreiche Insekten, kleine Reptilien und Nagetiere auf, die den Straußen neben Früchten und Pflanzen als Nahrung dienen. Auch können sie dank ihres guten Geruchssinns Feinde wittern. Strauße hingegen sind sehr wachsam und haben gute Augen. Besonders vor Räubern, die sich entgegen der Windrichtung nähern, können sie die Herde frühzeitig warnen. Diese Partnerschaft zu beiderseitigem Nutzen nennt man Symbiose.

UE 2 Kolibri

Motivation

- Besondere Ernährungsweise und die wechselseitige Abhängigkeit der Nahrungsquelle Nektar mit den herausragenden Flugfähigkeiten
- Gefieder mit Schillerfarben
- Die kleinsten und leichtesten Vogelarten sind unter den Kolibris zu finden

Gestaltung

Ein kleiner Lebensraumbereich mit Blüten ist die Umgebung einiger Kolibris. Eine Texttafel (siehe Textkasten liefert nähere Informationen).

UE 3 Vogel des Jahres

Motivation

- Jährlich wechselnde Vogelart, die besondere Aufmerksamkeit verdient
- Heimische Vogelart im Kontrast zu den anderen drei nicht heimischen Vogelarten dieser Ausstellungseinheit

Gestaltung

Im Rahmen dieser Untereinheit wird jedes Jahr eine andere Vogelart, der Vogel des Jahres, „aufs Podest gehoben“ und präsentiert. Aus einer natürlich gestalteten Umgebung (maximal mit den Umrissen 0,8 m x 0,8 m) erhebt sich ein Podest, auf dem gewissermaßen aus der Umwelt hervorgehoben der aktuell gewählte „Vogel des Jahres“ steht. Diese Anordnung soll verdeutlichen, dass der Vogel eingebunden ist in ein Netzwerk von Landschaft, Pflanzen und Tieren (Ökosystem), aber auch gleichzeitig, dass diese eine Vogelart derzeit besondere Beachtung und Schutz verdient.

Kolibris – Kleine, aber perfekte Flieger

Kolibris sind meist sehr kleine Vögel, die nur in Nord- und Südamerika verbreitet sind. Die Bienenelfe (*Melissuga helenae*) ist mit einer Körperlänge von 5 cm und einem Gewicht von nur 2 Gramm sogar die kleinste Vogelart weltweit.

Kolibris ernähren sich von Blütennektar, Blütenpollen und Kleininsekten.

Mit dem langen röhrenförmigen Schnabel und der hohlen Zunge saugen sie den nahrhaften Nektar der Blüten auf. Um die Blüten besuchen zu können, besitzen sie die Fähigkeit zum Flug auf der Stelle. Sogar Rückwärtsflug ist möglich. Ihre herausragende Flugtechnik erfordert etwa 80 Flügelschläge pro Sekunde. So ist der nährstoffreiche Blütennektar Energiequelle für den Flug auf der Stelle und eben dieser notwendig, um überhaupt erst an den Blütennektar gelangen zu können.

Kolibris als Lufttaxi

Kolibris können so hervorragend auf der Stelle fliegen, dass Kalifornische Blumenmilben von der Blüte auf den Schnabel und umgekehrt laufen können. So lassen sie sich wie mit einem Lufttaxi von einer Blüte zur anderen Blüte tragen.

Schillernde Gestalten

Kolibris sind nur im Sonnenlicht bunt. Je nach Stellung des Lichts kann man die Schillerfarben sehen, die durch Lichtreflexionen an Luftblasen in den Federn entstehen, vergleichbar mit den bunten Farben der Seifenblasen.

Die das Podest umgebende Landschaft bettet die Vogelart dennoch integrierend in das beschriebene Netzwerk als festen und elementaren Bestandteil ein. Dies symbolisiert auch, dass Schutz der einen Art nur über Schutz des Biotops wie auch des gesamten Ökosystems erfolgen kann und somit Artenschutz immer auch Lebensraumschutz für viele Arten bedeutet.

Die umgebende Landschaftsdarstellung kann auch stilisiert gestaltet werden, um zu vermeiden, dass jedes Jahr, passend zur gewählten Vogelart, eine neue Landschaft aufgebaut werden muss.

In vielen Fällen wird auch auf Bedrohungssituationen und spezielle Schutzbedürfnisse der jeweils gewählten Vogelart eingegangen werden müssen, da oft eine im Bestand bedrohte Vogelart „Vogel des Jahres“ ist. Dies korrespondiert zwar mit der in der Ausstellungseinheit 2, Untereinheit 7 „Bedrohte Vogelarten“ aufgegriffenen Thematik, doch fällt die Wahl des „Vogel des Jahres“ nicht immer und ausschließlich auf bedrohte Vogelarten, so dass die Unterbringung nur in dieser Ausstellungseinheit 13 sinnvoll erfolgen kann.

Weitere Informationen zum aktuellen Vogel des Jahres (Im Jahr 2002: Haussperling, im Jahr 2003: Mauersegler) liefern textliche Informationen sowie andere Medien und Handreichungen, beispielsweise vom LBV-Landesbund für Vogelschutz und NABU-Naturschutzbund Deutschland.

UE 4 Pinguin

Motivation

- Körpergestalt sehr stark unterschiedlich zu sonstigen (flugfähigen) Vogelarten
- Beispiel für Anpassung an schwimmende und tauchende, aber auch laufende Fortbewegungsweise
- Anpassungen an die extreme Kälte
- Bestehende Fehlvorstellungen („Pinguine haben ein Fell, kein Gefieder“)
- Gefiederfärbung „Schwarz-weiß“ zur Tarnung
- Prostitution bei Adelpinguinen als Beispiel für eher Menschen zugeordnete Verhaltensweisen
- Vorstellung einer Nahrungspyramide

- Erläuterung der Bergmannschen Regel anhand mehrerer Pinguin-Arten
- Anknüpfungspunkt an die (geplante) Arktis-Antarktis-Ausstellung

Gestaltung

Von den möglichen im Motivation-Abschnitt genannten Themen können schon aus Platzgründen, aber auch wegen der gebotenen Beschränkung auf einige Inhalte nicht alle Element der Ausstellung werden.

Auf eine detaillierte Präsentation der Pinguine wird im Rahmen der VogelWelten-Ausstellung auch schon deshalb verzichtet, weil sie wesentlicher Bestandteil der Teilausstellung „Polarregionen – Leben im Eisschrank“ sein werden.

Vielmehr wird in einer wenig Raum beanspruchenden Diorama-Darstellung der Lebensraum der **Adeliepinguine** (*Pygoscelis adeliae*) präsentiert. Benachbart werden an einer stilisierten Südamerika-Karte an der Wand vier Pinguin-Arten an Ort ihres natürlichen Verbreitungsgebietes auf Podesten aufgestellt. Dies sind

- der in Äquatornähe lebende **Galapagospinguin** (*Spheniscus mendiculus*) (Galapagos-Inseln, Körpergröße ca. 50 cm, Körpergewicht ca. 2 kg),
- der weiter südlich lebende **Humboldtpinguin** (*Spheniscus humboldti*) (Westküste Südamerikas, Körpergröße ca. 65 cm),
- der **Magellanpinguin** (*Spheniscus magellanicus*) (Südspitze Südamerikas, Körpergröße ca. 75 cm, Körpergewicht 5 kg) und schließlich
- der **Kaiserpinguin** (*Aptenodytes forsteri*) (Antarktis, Körpergröße ca. 125 cm, Körpergewicht 30 kg).

Drei Texttafeln geben Informationen zu Adelpinguinen, zur Bergmannschen Regel und zu Kaiserpinguinen.

Adeliepinguine – Für Steine tun sie alles

Adeliepinguin-Pärchen (*Pygoscelis adeliae*) bauen ihre Nester mit Steinen. Auf der Ross-Insel in der Antarktis sind die aber nicht leicht zu finden. Doch die Weibchen haben eine ganz besondere Methode gefunden, um an die begehrten Steinchen zu kommen. Sie paaren sich mit Junggesellen (Männchen ohne Partnerin), die für diesen Dienst mit Steinen „bezahlen“ müssen.

Das Nest aus Steinchen schützt die beiden vom Weibchen gelegten Eier vor Schnee und Wind.

Nicht alle der 18 Pinguin-Arten legen Nester an. Kaiserpinguine (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguine (*Aptenodytes patagonica*) verzichten auf den Nestbau und tragen stattdessen das einzig gelegte Ei geschützt und gewärmt auf dem Fußrücken in einer Bruttasche.

Desto kälter die Umgebung – desto größer und schwerer der Pinguin (Die Bergmannsche Regel)

Ein Bergmannsche Regel genanntes Prinzip, das für gleichwarme Tiere gilt, ist, dass nahe verwandte Arten in kälteren Gebieten größer und schwerer sind als in wärmeren.

Ein größerer Körper hat ein günstigeres Körpervolumen im Vergleich zur Körperoberfläche, was bedeutet, dass der große Körper nicht so schnell auskühlt wie ein kleinerer Körper. Gerade in kalten Gebieten ist es entscheidend, den Energieverlust durch Auskühlen zu verringern.

Die in Äquatornähe lebenden Galapagospinguine (*Spheniscus mendiculus*) sind etwa 50 cm groß und knapp 2 kg schwer.

Etwas weiter südlich leben die Humboldtpinguine (*Spheniscus humboldti*) an der Westküste Südamerikas, die es auf ca. 65 cm Körpergröße bringen.

Magellanpinguine (*Spheniscus magellanicus*) besiedeln die Südspitze Südamerikas. Sie sind etwa 75 cm groß und 5 kg schwer.

Kaiserpinguine (*Aptenodytes forsteri*) sind die größten der 17 Pinguin-Arten und kommen in der Antarktis vor. Ihre Körpergröße beträgt ca. 125 cm, ihr Körpergewicht 30 kg.

Kaiserpinguine - Wie sie es schaffen, mitten in Eis und Schnee der Antarktis nicht zu frieren

Viele Gründe, es in der Kälte auszuhalten:

- Eine dicke Fettschicht
- Muskelzittern zur Wärmeerzeugung (Gänsehaut)
- dichtes, wasserabweisendes Gefieder (Sie haben kein Fell!)
- Kuschneln in großen Gruppen und wechseln ab, wer außen stehen muss
- Das Daunengefieder enthält viele Luftblasen, die Wärmepolster geben.
- Das Blut wird auf dem Weg in die Beine abgekühlt und bei Rückfluss zum Herzen wieder aufgeheizt.
- Sie atmen ihre ausgeatmete Luft teilweise wieder ein, um den Wärmeverlust zu verringern.
- Sie können den Blutfluss in die Beine und Flügel reduzieren, indem die Blutbahnen verengt werden.
- Frostschutzmittel im Blut

Zu Warm?

Nicht immer jedoch muss der Pinguin verhindern Wärme abzugeben. Wenn die Außentemperatur höher liegt, muss er sogar Wärme abgeben.

Aber wie, wenn man ein so gut isolierendes Gefieder hat?

Einige Körperflächen, die Flossenflügel-Innenflächen, Füße und die Brutfleck-Bauchfalte, sind jedoch unbefiedert. Wenn einem Pinguin zu warm ist, dann hält er diese freien Stellen einfach in die Luft.

Und so kann jeder an der Körperhaltung eines Pinguins leicht feststellen, ob ihm zu warm ist.

AE 14 SYSTEMATISCHE GLIEDERUNG (VERWANDTSCHAFTEN)

UE 1 Systematik

Dies systematische Gliederung der Klasse Aves stellt gerade für ornithologisch interessierte Laien und Fachwissenschaftler ein Thema von Bedeutung dar. Für den „Durchschnittsbesucher“ eher ein Randthema, sollte es dennoch, wie auch in der Vogelwelt-Zwischenausstellung, vorgestellt werden.

Dem normalen Museumsbesucher fehlt jedoch in der Regel für die wissenschaftlichen Begriffe der Art, Gattung, Familie oder Ordnung die zum Verständnis notwendige Kenntnisse. Darüber hinaus kann er, so darf angenommen werden, beispielsweise Ordnungs- oder Familiennamen nicht bestimmten Vogelarten zuordnen.

So dürften nur die wenigsten wissen, dass zum Beispiel die Familie Phoenicopteridae mit dem **Flamingo** (*Phoenicopterus ruber*) einen sehr bekannten Vertreter hat. Selbst die Artnamen dürften nicht immer für mehr Verständnis sorgen.

Daher sollten exemplarisch zumindest einzelne Vogelarten nicht nur mit Artbezeichnung, sondern zumindest mit Fotografie oder besser mit Präparat in die Ordnungssystematik-Präsentation eingebunden werden.

Auf einer großen Wandfläche ist genügend Raum hierfür vorgesehen. Ein breit auf dieser Tafel gemalter Hauptast (Klasse) trägt die Bezeichnung „Vögel“ und „Aves“. Von diesem Hauptast verzweigen sich insgesamt 22 Nebenäste (Ordnungen), die die deutschen wie lateinischen Ordnungsamen tragen (siehe Abbildung IV.3.AE14b). Die Anzahl der Nebenäste kann je nach verwendeter Systematik (siehe Kapitel VIII, Band 2) jedoch auch anders sein.

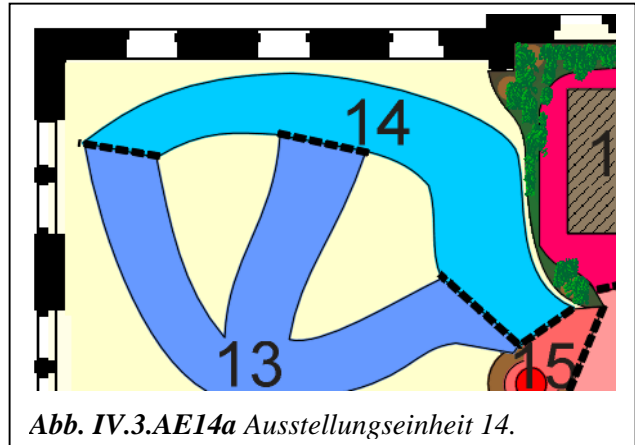
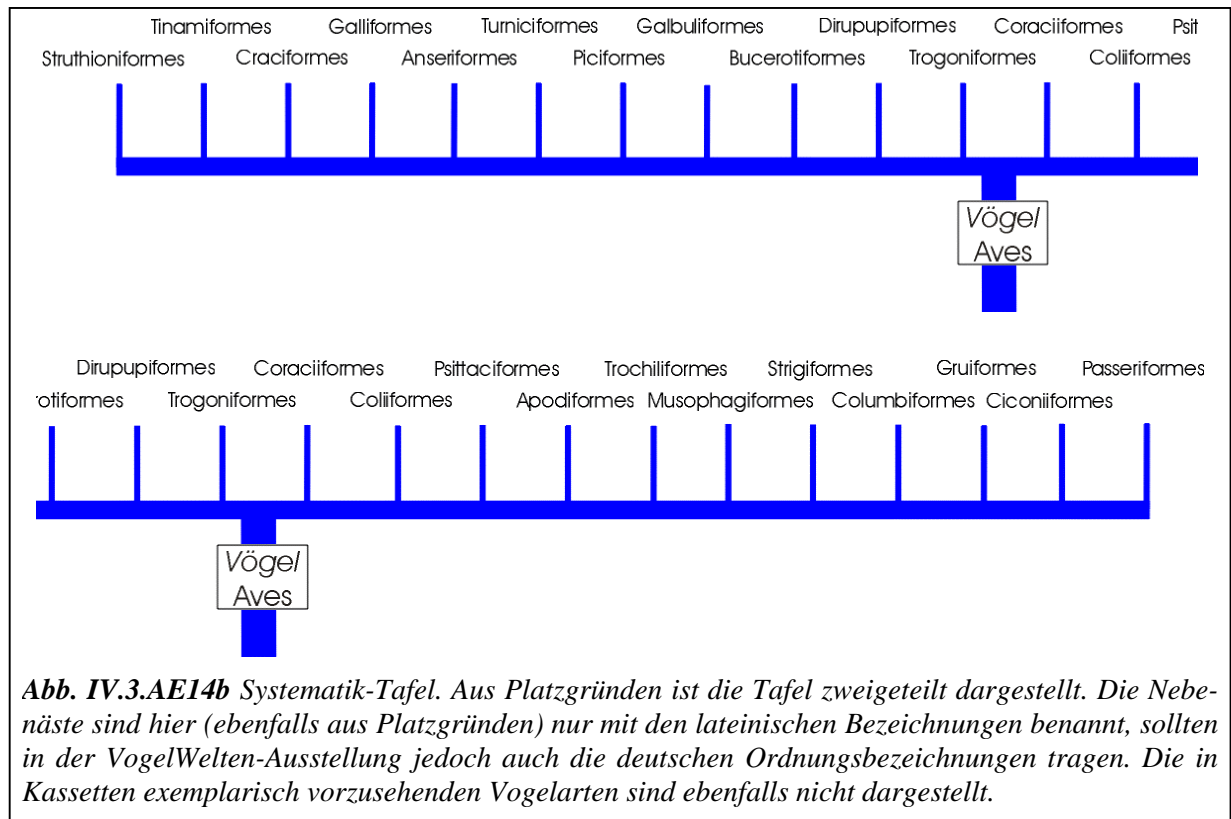


Abb. IV.3.AE14a Ausstellungseinheit 14.

Oberhalb wenigstens etwa der Hälfte aller Nebenäste sollte in der Tafel eine offene Kasette (quadratischer Freiraum) sein, in der eine exemplarisch für die Ordnung stehende Vogelart mit Präparat, deutschem und wissenschaftlichen Namen ausgestellt ist. Auch sollte die Anzahl der in jeder Ordnung zugehörigen Vogelarten genannt werden, damit einerseits ein Überblick über die Vielzahl der Vogelarten in den einzelnen Ordnungen gegeben ist, andererseits auch nicht der Eindruck entsteht, jede Ordnung würde nur eine einzige Vogelart haben.

Eine an einer freien Stelle auf der Wandfläche angebrachte Texttafel (siehe folgende Seite) erklärt kurz das Linne'sche taxonomische System und gibt einen Überblick über die Anzahl der Vogelarten, Gattungen, Familien und Ordnungen.



Ordnung muss sein

Ein einheitliches Namen-System erleichtert Wissenschaftlern die Verständigung

Die Vogelarten haben nicht nur deutsche Namen. Die in der Wissenschaft benutzten Namen sind weltweit einheitlich und erleichtern Vogel-Wissenschaftlern, die Ornithologen genannt werden, die Verständigung untereinander. Auch verraten die Namen etwas über die Zugehörigkeit des Vogels zu einer größeren Gruppe.

Das typische am wissenschaftlichen Artnamen ist, dass er aus zwei lateinischen Begriffen besteht. Zuerst steht der sogenannte Gattungsname, dann der Artname. Alle Vogelarten mit gleichem Gattungsnamen sind sehr nah miteinander verwandt.

Die Idee für dieses System hatte der schwedischen Naturforscher Carl von Linné. Erstmals in seinem Werk „Systema naturae“ im Jahr 1758 vorgestellt, wird es heute auf der ganzen Welt für alle Lebensformen verwendet.

Bis heute sind 9968 Vogelarten entdeckt worden. Eingeteilt werden sie in derzeit 2122 Gattungen, 144 Familien und 23 Ordnungen, die alle zur Klasse Aves (Vögel) im Stamm der Wirbeltiere gehören. (Stand: 26.06.2003)

IV.4 ABSCHLUSSPHASE AE 15 REKAPITULATION (VOGELWELTEN-QUIZ)

Motiv der Abschlussphase

Nach Besuch der Ausstellungseinheiten 1 bis 14 hat der Museumsbesucher alle wissensvermittelnden Inhalte gesehen und erfahren. Die folgenden drei Ausstellungseinheiten 15 bis 17 sind zur Abschlussphase (Kennfarbe rot) zusammengefasst und dienen allein der Rekapitulation (AE 15), der weiteren Vertiefung in spezielle oder allgemeine Themengebiete der Ornithologie, die in der VogelWelten-Ausstellung nicht oder nicht so detailliert präsentiert werden konnten (AE 16) und der Entspannung und emotionalen Erfahrung (AE 17). So wird der Besuch der VogelWelten thematisch abgeschlossen und der Museumsbesucher damit geistig für die folgende Ausstellung mit dem Thema Evolution befreit.

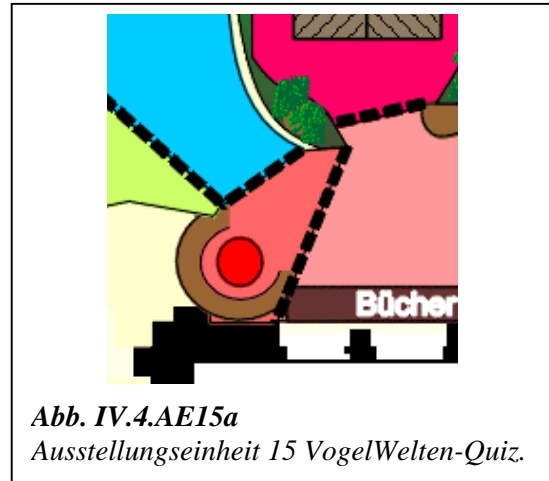
Thema und Aufbau

In der Ausstellungseinheit 15 soll der Besucher in kleinen Gruppen oder alleine die Gelegenheit bekommen, das bisher in der VogelWelten-Ausstellung Gesehene noch mal in Erinnerung zurückzurufen und sein Wissen in Form eines multimedialen Fragespiels zu testen.

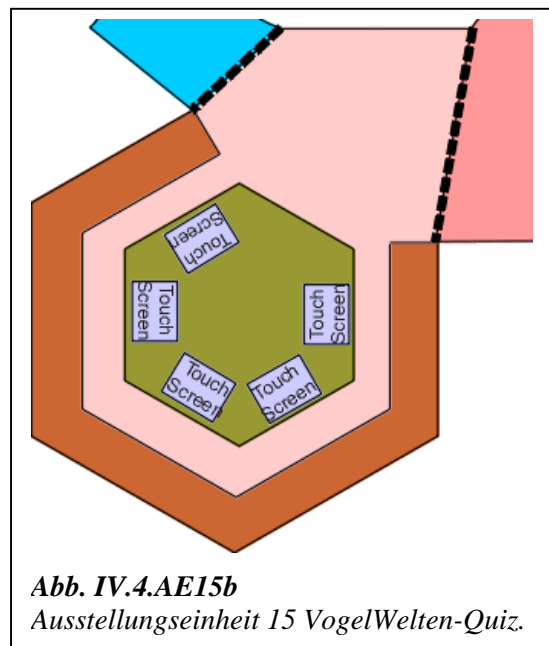
Den Eintritt markiert das Überschreiten des Farb-Textbalkens auf dem Besucherweg:

↑ **VogelWelten-Quiz** ↑

Ein sechseckiger Tisch ist mit fünf Touch-Screen-Monitoren bestückt, die mit Sichtblenden ausgestattet sind, so dass Nutzer der jeweils anderen vier Berührungsbildschirme das Bild nicht einsehen können. Dabei fehlt auf der dem Besucherweg zugewandten Seite eine Monitor-Installation, so dass sich keiner der Nutzer einem für viele Menschen „störenden Blick über die Schulter“ ausgesetzt fühlen muss, zumal so auch der durchführende Besucherweg ohne räumliche Einschränkungen frei bleiben kann.



*Abb. IV.4.AE15a
Ausstellungseinheit 15 VogelWelten-Quiz.*



*Abb. IV.4.AE15b
Ausstellungseinheit 15 VogelWelten-Quiz.*

Ein handelsüblicher PC steuert über eine Software das Fragespiel am PC. Um akustische Störungen anderer Besucher zu vermeiden, sind jeweils drei Kopfhörer pro Monitor vorhanden, so dass maximal 15 Personen gleichzeitig am VogelWelten-Quiz teilnehmen können. So ist das System auch für Gruppen nutzbar.

Daher sind anstelle von Einzelsitzplätzen Sitzbänke in fünfeckiger Form um den „Spiel-tisch“ angeordnet, die auch mehreren Nutzern an einem Monitor Teilnahmemöglichkeit bieten.

Das Fragespiel ist so ausgelegt, dass entweder jeder für sich oder mehrere Teilnehmer gegeneinander antreten können. Neue Inhalte werden nicht vermittelt, vielmehr sollen Inhalte der Ausstellung aufgegriffen werden. Dies geschieht immer durch als Text dargestellte und akustisch über Kopfhörer vermittelte Fragen, die über Auswahlantworten beantwortet werden können. Die gestellten Quizfragen werden durch kurze Einspieltrailer (Video-clips) oder rein akustische Medien vorbereitet. Eine stets sichtbare Statistik zeigt den Punktestand jedes Teilnehmers an. Auch kann das

Fragespiel jederzeit neu gestartet und Auswahloptionen gewählt werden.

Das VogelWelten-Quiz wird über das 1 aus 4-Verfahren gespielt. Dies bedeutet: 1 von 4 möglichen präsentierten Lösungen ist die richtige. Tastatureingaben oder komplizierte Bedienschritte entfallen somit. Neben richtiger Beantwortung wird die für die Antwort benötigte Zeit gewertet. Die bei richtiger Beantwortung einer Frage zu erzielende Punktzahl verhält sich umgekehrt proportional zur Zeit (Je länger zur Beantwortung gebraucht wird, desto geringer die Punktzahl).

Nachdem alle Teilnehmer bzw. teilnehmenden Gruppen ihre Auswahl getroffen haben, wird über ein Video die Auflösung gezeigt, und es erfolgt die Punktvergabe.

AE 16 VERTIEFUNG (SCHMÖKERECKE)

Motiv und Gestaltung

Diese vorletzte Ausstellungseinheit soll dem besonders interessierten Ausstellungsbesucher nach Betreten über den Farb-Textbalken

↑ Schmökerecke ↑

die Gelegenheit geben, sich noch vertiefter mit Vögeln zu beschäftigen. Hier sollen über den Rahmen des „Normalbesuches“ hinausgehende Informationen dargeboten werden. Eine Sitzecke bietet Gelegenheit zur kurzen Entspannung. An der gegenüberliegenden Wandseite könnte ein großes Regal mit populärwissenschaftlichen Büchern und Kinderbüchern zu Vögeln stehen. Davon muss in der musealen Praxis wahrscheinlich jedoch leider abgeraten werden, da zu befürchten ist, dass nach nicht allzu langer Zeit keines der Bücher mehr vorhanden wäre.

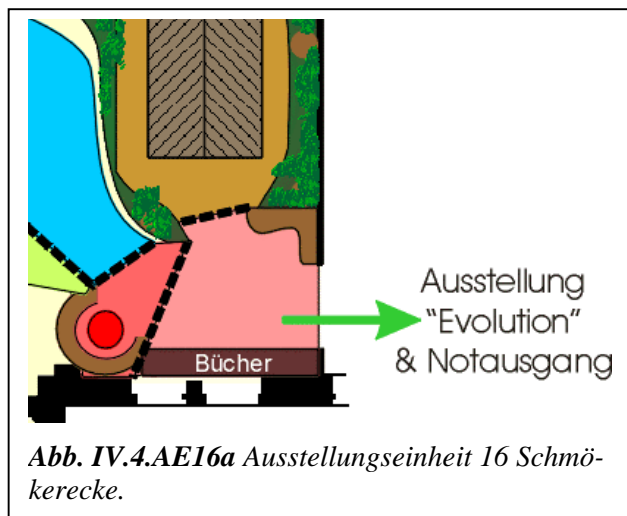


Abb. IV.4.AE16a Ausstellungseinheit 16 Schmökerecke.

Eine Alternative wären sogenannte großformatige Klappbücher, die an der Wand befestigt sind und dank Laminierung jeder einzelnen Seite eine hohe Haltbarkeit aufweisen (siehe Abbildungen IV.5p und q im Band 1).

AE 17 ENTSPANNUNG (WALDLICHTUNG)

Motiv

Die letzte Einheit der Ausstellung liefert im Gegensatz zu den übrigen Ausstellungselementen der Kennfarben gelb, grün und blau keine neuen kognitiven Informationen mehr. Vielmehr dient der hier gegebene Raum der emotionalen Komponente des Ausstellungsbesuchs. Hier soll der Besucher entspannen und das vorher Erlebte verarbeiten können.

Solche Ruhezeiten und -phasen während eines Museumsbesuchs sind sehr wichtig, um eine sich negativ überlagernde Informationsrezipierung zu vermeiden, zumal diese Einheit auch die letzte vor dem Eintritt in die nächste Teilausstellung „Evolution“ ist.

Würden jetzt nochmals neue Fachinformationen dargeboten, wäre eine Überfrachtung wahrscheinlich. Dem Besucher wird verdeutlicht, dass er eine zunächst thematisch abgeschlossene Teilausstellung besucht hat. Dieser gedankliche Abschluss erleichtert die Aufnahme des Erlebten ins Langzeitgedächtnis, ohne dass es zu störenden Interferenzen mit etwaig unmittelbar danach Aufgenommenem in der folgenden Ausstellung kommt.

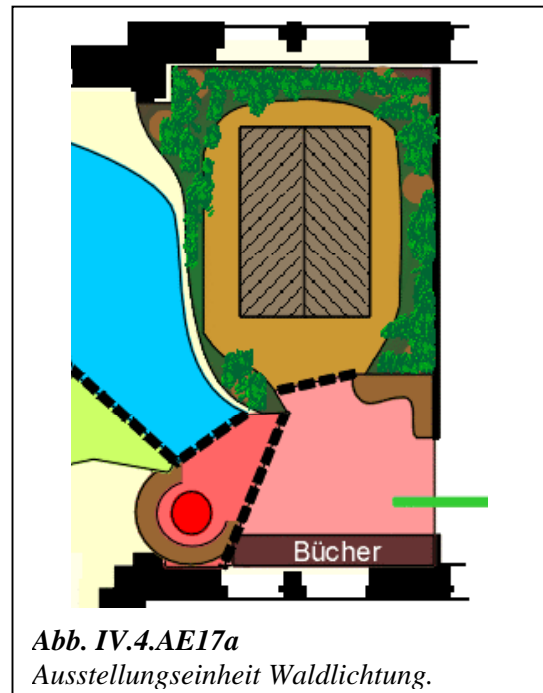
Darüber hinaus soll durch die Art der Gestaltung eine positive Emotionalität erzeugt werden, die beim Museumsbesucher unmittelbar ein Wohlbefinden auslöst und den Museumsbesuch angenehm erleben lässt. Gleichzeitig soll dies aber auch dazu führen, dass er den Besuch der Natur als angenehm, entspannend und erholsam empfindet und so zu einem realen Ausflug in die Natur motiviert wird.

Gestaltung

Dies soll unter anderem dadurch erreicht werden, dass diese Ausstellungseinheit als Lagune (siehe Band 1, Kapitel IV.4) installiert wird (siehe Abbildung IV.4.AE17a), die nach Überschreiten der üblichen Bodenmarkierung

↑ **Waldlichtung** ↑

betreten werden kann.



So ist sie gewissermaßen etwas entfernt vom „Durchgangsbetrieb“, von den durchgehenden Besucherströmen. Schallisolierende Wände umschließen auf zwei, wenn die Fensterfront frei bleiben soll, oder drei Seiten den vorgegebenen Raum. So können Fremdgeräusche in dieser Ausstellungseinheit auf ein Minimum reduziert werden.

Um nicht das beklemmende Gefühl eines isolierten Raumes zu erzeugen, sind diese Wände von umstehenden Laubbäumen (Stiel-eichen-Hainbuchenwald mit eingestreuten Rotbuchen) und locker wirkendem Buschwerk, darunter auch der unter Schutz stehende Ilex, getarnt.

Eine niedrigere Krautschicht grenzt den Wald von der Besuchertrittfläche ab und schafft zusammen mit einem durch die Baumblätter scheinenden Kunstsonnenlicht den Eindruck einer offenen Waldlichtung. Die Decke ist himmelblau mit Wolken. In der Mitte dieser Lichtung ist eine kleine rustikale Holzhütte mit Bänken und Tisch aufgestellt. Wichtig ist die Verwendung von echtem Holz und echten Dachschildeln, soll eine authentischer Eindruck erzeugt werden.

In der Mitte der Tischplatte ist ein großer roter Buzzer-Knopf eingelassen. Die am Tisch sitzenden Besucher werden allein durch Neugier getrieben, diesen Knopf zu drücken, zumal jeglicher Hinweis auf die ausgelöste Funktion fehlt.

Erfahrungsgemäß wird kaum ein Besucher vorher unter das Dach in den Giebel geschaut haben. Doch der Knopfdruck löst ein Geräusch aus, das aus einem unter dem Dach installierten Lautsprecher tönt.

Wer nun den Ursprung dieses Geräusches sucht, wird unter dem Giebel ein kleines verstecktes Vogelnest mit Jungen, die gerade gefüttert werden, entdecken. Aus dem im Nest untergebrachten Lautsprechern tönt das typische Jungengeschrei. Anschließend spricht eine Stimme: „Die Natur hat viele Geheimnisse. Du musst nur die Augen öffnen und ihre phantastische Welt entdecken.“

Im umgebenden Wald aufgestellte standortgerechte Tierpräparate, dies müssen nicht nur Tiere der Avifauna sein, denn es soll ja der

Eindruck eines realen Waldes entstehen, und hierzu passendes nicht zu lautes Vogelgezwitscher, andere Tiergeräusche und das Geräusch von Blätterscheln (aus versteckt installierten Lautsprechern) lassen im Besucher das Gefühl eines realen Naturbesuchs entstehen.

Wichtig ist für die Schaffung einer solchen Atmosphäre auch die farbliche und strukturelle Bodengestaltung der Besuchertrittflächen. Sie sollten möglichst nah tatsächlichem Waldboden nachgestaltet und dennoch leicht zu reinigen, trittfest und robust sein. Besonders geeignet scheint hier ein flüssig gegossener Gummiboden, der wie realer Waldboden etwas beim Betreten nachfedert. Der Boden wird in zwei Lagen gegossen. In die flüssige Gummimasse der ersten Lage wird echter gesiebter Waldboden mit Tannennadeln eingerührt. So entsteht die charakteristische Waldbodenfarbe und -struktur. Eine zweite relativ dünne transparente Gummischicht versiegelt und schützt die erste Gummischicht.

V ERGÄNZENDES LITERATURVERZEICHNIS

Inhalte der VogelWelten-Ausstellung basieren auf den in den Bänden 1 und 2 angegebenen Quellen und Literatur. Hier ist daher nur zusätzlich verwendete oder besonders hervorgehobene Literatur angegeben.

- **H.-H. Bergmann:** Die Biologie des Vogels, Aula-Verlag, Wiesbaden (1987)
- **S. Conein:** Der Hirschkäfer (*Lucanus cervus*), Biologie, Gefährdung, Schutz und die museumspädagogische Umsetzung, Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für die Sekundarstufe II, Staatliches Prüfungsamt Köln, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Berichterstatter Prof. Dr. Naumann zu Königsbrück, Bonn (1995)
- **R. Flindt:** Biologie in Zahlen, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York (1986, 1995)
- **T. Jahn, E. Braun, A. Calatin-Krauß, P. Götz, O. Hoffrichter, H. Lange, M. Neub:** Brehms Neue Tierenzyklopädie Band 5 bis 8: Vögel 1 bis 4, Bertelsmann Lexikon Verlag, Gütersloh (1992)
- **L.-C. Lo, P. Müller:** *Corvus corax*, Populationsökologische Wirkungen von Territorialität und Dichtestress bei intelligenten Corviden, Forst Research Institute, Tapei, Taiwan, Institut für Biogeographie der Universität des Saarlandes, Mitteilungen 22, Saarbrücken (1999)
- **Lufthansa Report:** Cranes – The heralds of joy, Press and Public Relations Department Deutsche Lufthansa AG, Dinner Druck, Schwanau (1999)
- **M. Miersch:** Das bizarre Sexualeben der Tiere, Ein populäres Lexikon von Aal bis Zebra, Eichborn Verlag, Frankfurt am Main (1999)

- **Projektgruppe NBS Köln:** Umweltverträglichkeitsstudie (UVS), Abstimmung mit den Belangen der Landesplanung, Streckenbereich Rhein-Sieg-Kreis der NBS Köln-Rhein/Main, Ergebnisse der faunistischen Untersuchung, Band 2 und Band 3, daber-Landschaftsplanung, Rosdorf, Büro Daber / Heitkamp (GLS), Rosdorf, Projektleitung W. Wette, Bundesbahndirektion Köln, Projektgruppe NBS Köln, Konrad-Adenauer-Ufer 3-5, 5000 Köln 1 (1991)
- **G. Rheinwald, S. Kneitz:** Die Vögel zwischen Sieg, Ahr und Erft, Ginster-Verlag, St. Katharinen (2002)
- **J. Rohmeder:** Methoden und Medien der Museumsarbeit, Pädagogische Betreuung der Einzelbesucher im Museum, Du Mont, Köln (1977)
- **L. Svensson, P. Grant, K. Mullarney, D. Zetterström:** Der Kosmos Vogelführer, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. Stuttgart (1999), **Originalausgabe:** Fågelguiden, Europas och Medelhavsområdets fåglar i fält, Albert Bonniers, Stockholm (1999)
- **M. S. Wimmer:** Postglazialer Landschaftswandel in Mitteleuropa und seine Auswirkungen auf die Fauna, mit einem museumsdidaktischen Konzept (Schriftliche Examensarbeit), Berichterstatter Prof. Dr. W. Böhme, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (2000)
- **Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig (ZFMK):** Gebäudepläne des Museums, verlagsfrei, Bonn (2003)

VogelWelten – Entwicklung einer ökologisch, nachhaltig orientierten Ausstellung zum Sympathieträger Vogel

Zusammenfassung zur Dissertation

Thomas Lingen, April 2004

Prof. Dr. Clas M. Naumann zu Königsbrück (†), Prof. Dr. W. Böhme
Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Universität Bonn

Dissertationsmotiv

Die globale Umweltproblematik ist - wenigstens in den Industrieländern - in aller Munde. Dennoch steigt der Ressourcenverbrauch in vielen Bereichen weiter an, obwohl bereits seit langem bekannt ist, dass nur eine umweltverträgliche, d.h. die Regenerationsfähigkeit der Ressourcen nicht übersteigende Umweltnutzung dazu beitragen kann, dauerhaft auf dem Globus Lebensbedingungen für die kommenden Generationen zu sichern. In anderen Worten: Die intellektuelle Einsicht in die Probleme ist - auch bei uns - bei weitem nicht so weit gediehen, dass sie zu entsprechenden Handlungsveränderungen geführt hätte.

Erst verbesserte Einsicht in die beobachteten Phänomene und die ihnen zugrunde liegenden Prozesse kann dazu beitragen, dass diese Einsicht auch in konkretes Handeln umgesetzt wird. Zu deren Erreichung sind verschiedene Wege denkbar: Einer davon führt über eine frühzeitige Bewusstseinswerdung in der sensiti-

ven Phase der Sozialisierung während der menschlichen Ontogenese. Dies ist ein Weg, für den es nur in begrenztem Umfang erprobte didaktische Modelle gibt und auf dem zweifellos erheblicher Nachholbedarf besteht.

Im Rahmen der nachfolgend skizzierten Dissertation wurden am Beispiel einer besonders beliebten Organismengruppe, der Vögel, Mittel und Wege erarbeitet, mit denen Umweltbildung und Umweltverhalten über eine museale Ausstellung nachhaltig verbessert werden können. Die Vögel wurden gewählt, weil sie von vielen Menschen und Institutionen, beispielsweise der Naturschutzverbände (Zahlreiche dieser Verbände sind aus Vogelschutz-Gruppierungen entstanden.) allgemein als Sympathieträger verstanden werden und ein allgemeines - wenn auch nicht sehr detailliertes, positiv belegtes - Grundwissen zu dieser Tiergruppe oft vorausgesetzt wird.

Logische Gliederung

Wie bereits geschildert, sollen Umweltbildung und Umweltverhalten mithilfe einer Ausstellung verbessert werden.

Unter Beachtung der Besucherstruktur des Museums wurde eine konkrete Zielgruppe der VogelWelten-Ausstellung definiert, jene Gruppe, die Ansprechpartner und Adressaten sind.

Eine Ausstellung wird jedoch nur dann erfolgreich sein, wenn genauere Daten über Kenntnisse, Erwartungen, Vorstellungen, Wünsche und Interessen ihrer (potentiellen) Besucher vorliegen und mit in die Präsentationskonzeption einfließen konnten. Diese Datenerhebung wurde über eine Präformative Evaluation erreicht, bei geplanten Projekten dieser Art die erprobte und geeignete Methodik der Evaluationsforschung.

Zusammen mit den gegebenen räumlichen Voraussetzungen und Prinzipien der Museumspädagogik stellten die erhobenen Daten die Basis für die geeignete Wahl der Ausstellungsinhalte und der didaktischen Methodik dar und bildeten so die Grundlage für die eigentliche Ausstellungskonzeption.

Die Erstellung der Ausstellungskonzeption erforderte zunächst eine Erarbeitung museumspädagogischer und -didaktischer Grundlagen sowie die Erstellung einer Fach-Sammlung zu Vögeln, die keine wissenschaftliche Diskussion zur Ornithologie, sondern eine Aufstellung möglicher Themen für die Ausstellung darstellt.

Zielgruppe

Die Festlegung der Zielgruppe begründet sich in drei Motivationen:

1. Die klassische Besuchergruppe des Museum Koenig ist die Familie mit Kindern oder Gruppen, besonders Schulklassen

(vergleiche Leis (1993)).

2. Eine Kongruenz zwischen Zielgruppe, Publikumpotential in der Bevölkerung und realer Besuchergruppe ist anzustreben, um eine Ausstellung zu konzipieren,

die von möglichst vielen Menschen der Zielgruppe besucht wird und für eben diese Gruppe adäquate didaktische Methoden und Mittel nutzt.

3. Untersuchungen zeigen, dass die (Natur-)Erfahrungen, die Menschen gerade während ihrer Kinder- und Jugendzeit machen, entscheidend für späteres (umweltbewusstes) Verhalten sind (vergleiche Langeheine, Lehmann (1986), Todt, zitiert in Reuther, Janßen (1993), Weyer, Naumann (1994)).

Die der VogelWelten-Ausstellung-Konzeption zugrundeliegende Zielgruppe soll daher Familien mit Kindern, dazu zählen auch Großeltern mit Enkeln, und Gruppen, insbesondere Jugend- und Kindergruppen, beispielsweise Schulklassen, sein.

In der Konsequenz muss die Ausstellung deshalb gerade für Kinder und Jugendliche verständlich sein, darf aber Erwachsene (unter anderem als Eltern) nicht unberücksichtigt lassen. Auch für sie muss der Besuch der Ausstellung anregend, interessant und erlebnisreich sein.

Methode der Präformativen Evaluation

Soll geklärt werden, ob und wie eine Thematik in einer Ausstellung vermittelt werden kann, bevor überhaupt eine Ausstellung oder sogar eine detaillierte Planung für eine solche existiert, ist die sogenannte präformative Evaluation ein probates Mittel.

Sie ist das Instrument, um Kenntnisse, Vorstel-

lungen, Erwartungen, Interessen und Gefühle eines potentiellen Publikums, der Zielgruppe, bezogen auf eine geplante Ausstellung zu evaluieren (vergleiche Borun (1993)). Die Präformative Evaluation ist daher geeignet, die für die geplante VogelWelten-Ausstellung benötigten Kenntnisse über die Zielgruppe zu gewinnen.

Fragestellung und Zielsetzung

Durch die Präformative Evaluation der festgelegten Zielgruppe zur VogelWelten-Ausstellungskonzeption sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Welches Interesse besteht an einer VogelWelten-Ausstellung generell?
- Welche Themenschwerpunkte finden besonderes Interesse, welche nicht?
- Welche Wünsche bestehen hinsichtlich der Präsentation?
- Welche Kenntnisse beziehungsweise Fehlvorstellungen bestehen über Vögel?
- Unterscheiden sich die angesprochenen Personen (aus der Zielgruppe) hinsichtlich der Beantwortung der oben genannten drei

Fragestellungen? Inwieweit lassen sich Korrelationen zwischen Schulformen, Geschlecht, Alter usw. und Antwortverhalten feststellen?

Die Klärung all jener Fragestellungen sollte schließlich zu beantworten helfen, ob sich Vögel für eine Ausstellung zur Umweltbildung eignen und besonders auch, welches Anspruchsniveau angesetzt und welche Themenschwerpunkte in einer Vogel-Ausstellung vorgesehen werden sollten, um das Interesse der Besucher anzusprechen und so zur Verbesserung der Umweltbildung beitragen zu können.

Kurzzusammenfassung der Ergebnisse der Präformativen Evaluation

Die Präformative Evaluation zur VogelWelten-Ausstellung offenbarte, dass Wissen über Vögel innerhalb der Ausstellungszielgruppe kaum vorhanden ist. Selbst grundlegende Basiskenntnisse können nicht vorausgesetzt werden. Fehlvorstellungen und Falschwissen sind dagegen weit verbreitet. Die oft geäußerte Behauptung, dass zu Vögeln ein allgemeines Grundwissen

angenommen werden dürfe, bewahrheitete sich in der Untersuchung daher nicht.

Dennoch besteht in der Regel zumindest (über)durchschnittliches generelles Interesse an Vögeln, so dass diese Tiergruppe geeignet ist, über das vorhandene Grundinteresse die Zielgruppe mit den gesetzten Zielsetzungen der VogelWelten-Ausstellung zu erreichen.

Dabei zeigte sich, dass die Befragten weiblichen Geschlechts im Durchschnitt interessierter waren als die männlichen Geschlechts. Während weibliche Studienteilnehmer in der Regel ein eher durchschnittliches Interesse angeben, ist das Antwortverhalten der männlichen hingegen deutlicher in Interessierte und Nicht-Interessierte polarisiert.

Auch verdeutlichen die Evaluationsergebnisse, dass das Interesse der Schüler an einer Vogel-Welten-Ausstellung nicht von der besuchten Schulform, wohl aber stark vom Alter abhängt.

Ist das Interesse der 9-10-jährigen Schüler vergleichsweise hoch, so sinkt es bis zum 13./14. Lebensjahr deutlich ab. Auf niedrigem Niveau verbleibt es auf nahezu konstantem Wert bis zum 17.-19. Lebensjahr, um bei 20- bis 24-jährigen Schülern nochmals stark abzufallen. Erst danach steigt das Interesse wieder an. Fazit dieses Ergebnisses muss sein, dass die geplante VogelWelten-Ausstellung besonders für jüngere Schüler verständlich sein muss, um ihr wesentlich höheres Interesse nicht zu enttäuschen und somit die Chance zur frühzeitigen Verbesserung ihrer Umweltbildung ungenutzt

verstreichen zu lassen.

Die museale Präsentation wünschen sich die Befragten anschaulich und leicht verständlich. Daneben wird besonders dem Unterhaltungsfaktor (Spaß und Erleben) ein hoher Wert beigegeben.

Es besteht des weiteren ein Wunsch nach möglichst konkreten lebensnahen Darstellungen sowohl mit lebenden Vögeln als auch mit Präparaten.

Entscheidend für das Gelingen der Ausstellung intentionen sind daher

- ein Anspruchsniveau, das keine Kenntnisse voraussetzt und möglichst auf Fremdwörter verzichtet, außer eben diese sind thematisierter Inhalt,
- das gezielte Ansprechen und Aufdecken gängiger Fehlvorstellungen,
- ein Beachten der geäußerten themenspezifischen Interessensschwerpunkte und
- eine Orientierung an den Erwartungen der befragten Personen an die Präsentation.

Ausstellung

Auswahl

In Gesprächen mit verschiedenen Gruppen, wie Ornithologen, Museumslehrern, Museumspädagogen oder Probanden der Zielgruppe, wurden unterschiedliche Vorstellungen darüber geäußert, welche Vogelarten, Verhaltensweisen oder weiteren Merkmale und Besonderheiten auf jeden Fall in einer Ausstellung zu Vögeln thematisiert werden müssten.

Hier galt es nun aus dieser in weiten Teilen vorherrschenden Heterogenität eine geeignete thematische Auswahl zu treffen, so dass einerseits die Erwartungen der künftigen Besucher erfüllt werden, gleichzeitig aber auch die erwünschten Lern- und Bildungsintentionen vermittelt werden können. Das zu setzende Anspruchsniveau resultiert dabei aus den Ergebnissen der Evaluation.

Die mit der Auswahl einhergehende Umfangsbeschränkung ist auch im Kontext der meist nur kurzen Museumsbesuchsdauer der typischen Museumsbesucher zu sehen.

Eine besondere Schwierigkeit ergibt sich auch aus der Tatsache, dass die ursprüngliche Vogel-Ausstellung mit drei Seitenflügeln räumlich üppig bemessen war, sich die Zwischenausstellung mit zwei Seitenflügeln, die endgültige und hier

skizzierte VogelWelten-Ausstellung jedoch im Wesentlichen mit nur noch einem einzigen Seitenflügel begnügen muss. Dies erzwingt eine starke inhaltliche Reduktion im Vergleich zur alten Ausstellung.

Gerade der systematische Überblick über die verschiedenen Vogelgruppen muss daher auf ein Minimum reduziert werden, wohingegen übergeordneten Wirkprinzipien und Grundlagen der Ökologie und Evolution verhältnismäßig breiter Raum eingeräumt wird. Dennoch muss jede Ausstellungseinheit aus räumlichen Gründen auf das absolut Notwendige komprimiert werden, was manches Mal zu scheinbar schmerzlichen Beschneidungen jeder einzelnen für sich betrachtet inhaltsstarker Thematik führt. Eine Übersichtsausstellung über alle wesentlichen Merkmale und Phänomene der Vogelwelt darf sich jedoch nicht zu stark in Details verlieren, möchte sie ihrem eigentlichen Anspruch, einen Überblick zu vermitteln, gerecht werden.

Um den beiden Hauptbesucherguppen, dies sind Familien mit Kindern und Schulklassen, gerecht zu werden, musste ein geeigneter Kompromiss im Schwierigkeitsniveau und der Themenauswahl gefunden werden.

Doch gerade für den außerschulischen Unterricht ist das Aufgreifen bestimmter Themen der Ökologie und Evolution unabdingbar, sollen auch weiterhin Schülergruppen, speziell der Sekundarstufe II, das Museum Koenig besuchen. Für diese Schüler ist nach der Neugestaltung des Hauses derzeit, so die Fachlehrer der Museumsschule, kein dem Lehrplan adäquates Angebot mehr möglich. Diese Lücke schließt die VogelWelten-Konzeption, indem sie Begriffe wie Ökologische Nische, Anpassungen an Lebensräume, Verhaltensweisen usw. aufgreift und thematisiert.

Leitmotiv der Ausstellung

Die Ausstellungsplanung muss sich meist grundlegenden Prinzipien der musealen Themenpräsentation unterordnen. Entweder orientiert sich eine Ausstellung an systematischen Gesichtspunkten, bei der bei zumindest einige Arten mit mehreren Aspekten ihrer Lebensweise näher vorgestellt werden, oder aber sie wählt übergeordnete Strukturen, Gesetze und Modelle als Leitmotiv der Ausstellung. Bei letzterer Methodik, der auch die VogelWelten-Ausstellung folgt, werden aus der Vielfalt der Arten diejenigen Beispiele herausgegriffen, die besonders extreme oder typische Merkmalsausprägungen aufweisen. Bei allen Vorteilen, die diese Art der Museumspräsentation auch hat, besteht jedoch immer die latente und nicht abzustreitende Gefahr, dass bei den angeführten Vogelarten stets nur ein einzelner Aspekt spotlight-artig erläutert wird und im Besucher der Eindruck manifestiert wird, der einzelne Vogel sei auf dieses eine eben dargebotene Merkmal reduzierbar und einzelne Grundprinzipien und Themen ließen sich ohne Wechselwirkungen zu anderen isoliert betrachten. Ein Gefühl der Ganzheitlichkeit, Wertigkeit und Komplexität, aber auch Individualität jedes einzelnen Lebewesens kann so nur schwerlich vermittelt werden. Daher wird zumindest in einigen Fällen der Ganzheitsgedanke durch breitere Präsentation einzelner Arten, wie dem Buntspecht, Kolkraben und weiteren Arten, realisiert. Dabei liegt ein besonderer Schwerpunkt der Ausstellung nicht nur in der angesprochenen ganzheitlichen Betrachtung einzelner Arten, sondern vielmehr in der wechselseitigen Vernetzung vieler (Vogel-)arten durch eine Lebensraumdarstellung.

Auch die VogelWelten-Konzeption soll als eine Einheit verstanden werden können. Besucher können daher möglichst bruchlos von Hauptthe-

matik zu Hauptthematik wechseln, indem verknüpfende Gedanken von einer Ausstellungseinheit zur nächstfolgenden überleiten.

Nur beim Übergang von der menschlichen Erlebenswelt als Teil der VogelWelten-Ausstellung zur tatsächlichen Lebenswelt der Vögel ist ein solcher Übergang nicht umgesetzt und der Bruch als Strukturmittel bewusst umgesetzt und durch trennende Elemente verstärkt.

Themen

Die VogelWelten-Ausstellung strukturiert sich in zunächst vier aufeinanderfolgende implizite Kernthemengruppen, die gleichzeitig die jeweiligen Grobziele dieser repräsentieren. In Klammern ist jeweils der in der Ausstellung verwendete Titel angegeben. Kernthemengruppentitel und Ausstellungsgruppenthementitel unterscheiden sich aus praktischen Gründen. Die in der Ausstellung benutzten Titel müssen leicht verständlich und prägnant sein. Zwar treffende, aber der Fachsprache entnommene Termini sind an dieser Stelle der Museumspraxis daher fehl am Platze.

Jeder dieser Abschnitte ist eine Kennfarbe zugeordnet, die sich auch in der eigentlichen Ausstellung wiederfindet und die Orientierung der Besucher erleichtert.

- Vögel in der menschlichen Erlebenswelt (*Begegnungen – Mensch und Vogel*)
- Übergeordnete Wirkprinzipien und Grundlagen (*Welt der Vögel und die Spielregeln des Lebens*)
- Vielfalt und Systematik (*Überblick über die Vielfalt*)
- Abschlussphase (*Quiz – Schmökerecke – Pause*)

In 17 Themenbereichen (Ausstellungseinheiten, im Folgenden mit AE abgekürzt), die ihrerseits wieder in Untereinheiten (UE) gegliedert sind, werden diese Kernthemen transportiert.

Vögel in der menschlichen Erlebenswelt (*Begegnungen – Mensch und Vogel*)

- AE 1 Vögel in Obhut des Menschen (*Wa(h)re Vögel?*)
- AE 2 VogelWelten-Eintritt (*Ergreifend – VogelWelten*)

Übergeordnete Wirkprinzipien und Grundlagen (Welt der Vögel und die Spielregeln des Lebens)

- AE 3 Biodiversität und Vielfalt
(*Versteckte Vielfalt*)
- AE 4 Ökologische Nischen am Baum
(*Viel los im Baum*)
- AE 5 Vogelzug (*Auf in den Süden*)
- AE 6 Werkzeuggebrauch
(*Werkzeuge machen´s leichter!*)
- AE 7 Fortpflanzung & Entwicklung
(*Brautschau und Kinderstube*)
- AE 8 Federn & Gefieder (*Federleicht*)
- AE 9 Knochenleichtbau & Flugmuskeln
(*Hochleistungsorganismus Vogel*)
- AE 10 Vogelflug (*Geflügelt in die Lüfte*)
- AE 11 Artbildung
(*Wie Arten entstehen*)
- AE 12 Herkunft der modernen Vögel
(*Vögel vor unserer Zeit*)

Vielfalt und Systematik (Überblick über die Vielfalt)

- AE 13 Exempel der Vogelwelt
(*Alles Vögel*)
- AE 14 Systematische Gliederung
(*Verwandtschaften*)

Abschlussphase (Quiz – Schmökerecke – Pause)

- AE 15 Rekapitulation
(*Vogel-Quiz*)
- AE 16 Vertiefung
(*Schmökerecke*)
- AE 17 Entspannung
(*Pause*)

Implikationskettung

Im Rahmen dieser Kurzzusammenfassung können einzelne Ausstellungseinheiten in ihrer didaktischen Methodik und in ihrem geplanten Aufbau nicht vorgestellt werden. So kann lediglich eine Implikationskettung der aufeinanderfolgenden Ausstellungselemente kurz vorgestellt werden.

Anknüpfend an die Lebens- und Erfahrungswelt des Menschen (Zielgruppe, Besucher) (AE 1 und 2) entfernt sich die Ausstellung im Verlauf des

Ausstellungsbesuches zunehmend von dieser und führt ihn in immer abstraktere, übergeordnere oder fachwissenschaftliche Teilbereiche der Ornithologie ein (AE 3 bis 12), um schließlich nach der Vorstellung einiger besonders unterschiedlicher Vögel und des Vogels des Jahres (AE 13) und der taxonomischen Gliederung der Vögel (AE 14) in einer Rekapitulations- und Entspannungsphase (AE 15 bis 17) zu münden. Dies entspricht dem Grundprinzip der Pädagogik, dem Prinzip der optimalen Passung („Den Besucher da abholen, wo er fachlich und erfahrungsgemäß steht, um darauf aufzubauen“).

So steht die erste Ausstellungseinheit ganz im Zeichen der ersten Begegnung mit Vögeln und der Welt des Menschen, in der Vögel „auch“ vorkommen (AE 1) - als Produktlieferanten, als Haustier, als Kuschtier aus Stoff oder auch nur als Symbol in Märchen oder im Aberglauben. Erst mit Durchschreiten des VogelWelten-Tores (AE 2) taucht der Mensch zunehmend in die Welt der Vögel ein, auch wenn zunächst noch in eine, die zahlreiche Menschen auch als Erholungs- und Entspannungsraum kennen (AE 3).

Diese Welt wird den Besuchern also in seiner Grundstruktur noch bekannt erscheinen. Dies ist wichtig, um auf diesen Wiedererkennungseffekt aufbauend den Blick zu schärfen für die vielen verschiedenen Nischen und Details, die Vögel mit Leben erfüllen. Der Besucher entfernt sich so sukzessive von seiner eigenen Welt und erkundet in Einzelschritten immer unbekanntere und verborgene Elemente der VogelWelten. Dabei ist es höchst wichtig, den Besucher nicht von Anfang an mit für ihn völlig Fremdem zu konfrontieren, Überforderung und Resignation wären die unweigerliche Folge. Vielmehr beruht die Ausstellungskonzeption wie ein Kriminalroman in der Intention, stückweise seine Geheimnisse preiszugeben und so Freude, Neugier und Interesse bis zum Ende der Ausstellung aufrechtzuerhalten.

Zusammen mit der Präsentation einiger extrem unterschiedlicher Vögel (AE 13) und der Übersicht über die Ordnung und Systematik der Vögel in die zahlreichen Familien (AE 14) als letzter Fachwissenschaftseinheit sollte der interessierte Besucher über die Rezipierung der dargebotenen Inhalte die Bedeutsamkeit und Komplexität der Vogelwelt nun erkannt haben.

Nur, wer diese Erkenntnis erlangt hat, kann die bestehenden Bedrohungssituationen auch nur annähernd in ihrer Tragweite für das ganze Leben auf der Erde, auch für den Menschen, erkennen und darüber hinaus Achtung und intrinsische Wertschätzung für Vögel aufbringen.

Die letzten Ausstellungseinheiten wiederholen und vertiefen Themeninhalte der VogelWelten und sprechen besonders die emotionale Komponente an.

Dies alles sind notwendige Voraussetzungen, um überhaupt die im Verlauf des Ausstellungsbesuches vorgestellten Möglichkeiten und Chancen der Verbesserung über den Arten- und Naturschutz nicht nur inhaltlich aufzunehmen, sondern auch den Willen zu verstärken, diese auch umzusetzen.

Thomas Lingen, Bonn, April 2004

In der Zusammenfassung angegebene Literatur

- **E. Leis:** Besucherbefragung im Museum Koenig, Ergebnisbericht 1993, Auftraggeber: Museum Koenig, Projekt „Neukonzeption“, Bonn (1993)
- **R. Langenheine, J. Lehmann:** Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewusstsein, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Universität Kiel, Band 101, Kiel (1986)
- **C. Reuther, W. Janßen:** Das Otter-Zentrum Hankensbüttel, Konzeption und Evaluation einer Naturschutz-Bildungseinrichtung, Habitat Nr. 3, Hankensbüttel (1993)
- **M. Weyer, C. M. Naumann:** Möglichkeiten zur Integration ökologischer Ursache-Wirkungsbeziehungen in ein naturwissenschaftliches Museum zur Verbesserung von Umweltaufklärung und -erziehung, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 101 07 109, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn (1994)
- **M. Borun:** Vorab-Evaluation: Ein Instrument für die Ausstellungs- und Programmplanung, in: (Hrsg.) H. J. Klein: Front-End Evaluation, ein nichtssagender Name für eine vielsagende Methode, Karlsruher Schriften zur Besucherforschung, Heft 4, Universität Karlsruhe, Karlsruhe (1993)
- **ZFMK (Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig):** Gebäudepläne, Bonn (2003)

