

Iris Ellsiepen

Methoden der effizienten
Informationsübermittlung
durch Bildschirmkarten

Technische Hinweise

Die im Textteil beschriebenen Beispiele der vorliegenden Arbeit sind im Internet unter http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/landw_fak/2005/ellsiepen_iris/bsp/index.html, verfügbar. Für die Betrachtung der Beispiele ist derzeit die Installation eines SVG-Plugins erforderlich. Das Abspielen ist in einem standardisierten Webbrowser möglich; die Bildschirmkarten wurden für die Darstellung im Internet-Explorer 5.0 bzw. 5.5 optimiert.

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert.

©2005 beim Autor - Alle Rechte vorbehalten

Satz und Gestaltung:
Institut für Kartographie und Geoinformation
der Universität Bonn

ISSN 1615-9101

D98

**Methoden der effizienten
Informationsübermittlung durch
Bildschirmkarten**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Grades

Doktor-Ingenieur

(Dr.-Ing.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

vorgelegt am 16. September 2004

von

Dipl.-Ing. Iris Ellsiepen

aus Trier

Referent: Professor Dr.-Ing. D. Morgenstern
Korreferent: Professor Dr. rer. nat. L. Plümer
Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juni 2005

Abriss

Methoden der effizienten Informationsübermittlung durch Bildschirmkarten

Vor dem Hintergrund zunehmender Verbreitung der Informationstechnologie in der Kartographie werden immer mehr Karten digital publiziert, wobei vielfach das Internet als Distributionsweg genutzt wird. Die hypermediale Aufbereitung kartographischer Information stärkt den Glauben in das Produkt. Selten werden die so gewonnenen Kartenprodukte hinterfragt. Die Qualität der kartographischen Darstellung, die bei gedruckten Karten immer eine große Rolle gespielt hat, wird dabei häufig vernachlässigt. Insofern vermitteln Bildschirmkarten selten den Eindruck, dass sie fachkompetent gestaltet werden.

Die Verfahren der Kartenherstellung haben sich im Laufe der letzten Jahrzehnte durch den Einsatz der Computertechnologie vollständig gewandelt. Inwiefern sich die Methodenlehre der kartographischen Gestaltung bezüglich der digitalen Visualisierungsschnittstelle ändert, wurde lange Zeit auf Grund der meist statischen Wiedergabe kaum beachtet. Seit der Einführung hypermedialer Karten liegt der Fokus auf der technischen Realisierung von Bildschirmkarten. Die graphischen Möglichkeiten der Bildschirmkarte zur Verbesserung der Informationsübermittlung blieben bisher weitgehend unbeachtet. Aber genau in diesem Bereich existiert ein großes Potenzial.

Einerseits muss die kartographische Darstellung an die Restriktionen des Bildschirms angepasst werden. Andererseits eröffnen sich aber auch Chancen in Bezug auf die Verbesserung des kartographischen Kommunikationsprozesses, unterstützt durch die Möglichkeiten der Interaktion und Animation. So kann beispielsweise eine temporär statische oder kinematische graphische Darstellungsänderung, ausgelöst durch Interaktion, die Visualisierung von Teilaspekten der Kartengraphik, wie einzelne Kartenzeichen oder alle Kartenzeichen einer Objektart, zwischenzeitlich ändern. Die Beziehungen zwischen den Kartenzeichen sowie der Bezug zur Legendeninformation können optisch hervorgehoben werden. Durch das Setzen visueller Reizmerkmale wird die Aufmerksamkeit des Betrachters erhöht und die Zeit, die er zur Erfassung der Information benötigt, verkürzt. Die Informationsübermittlung der kartographischen Nachricht kann so optimiert erfolgen.

Bei den in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Methoden zur effizienten Informationsübermittlung durch Bildschirmkarten geht es nicht um eine Verbesserung der Darstellung, sondern um eine Vereinfachung der pragmatischen Beziehung zwischen Expedient und Perzipient.

Um sich der Thematik wissenschaftlich zu nähern, wird zur syntaktischen Beschreibung kartographischer Darstellungen ein graphisches Variablensystem benötigt, das alle Aspekte des digitalen Ausgabemediums betrachtet. Bisher standen bereits einige wissenschaftliche Beiträge mit Erweiterungsvorschlägen des Variablensystems im Fokus der Diskussion. Da diese Ansätze weitgehend unabhängig voneinander sind (nicht aufeinander aufbauen) und einige auch nur Teilaspekte beleuchten, ist es notwendig, ein umfassendes System der graphischen Variablen mit der Untergliederung in primäre und sekundäre Variablen auszuarbeiten. Des Weiteren wurden neue Terminologien zur Beschreibung von digitalen Darstellungsformen, für die bisher in der Kartographie kein passendes Fachvokabular existierte, eingeführt. Im Zusammenhang mit der Bewertung von Darstellungsmethoden wurde untersucht, welche Erkenntnisse aus der Kognitionsforschung in der Kartographie für die vorliegende Arbeit relevant sind.

In Abhängigkeit von der Thematik zeichnen sich einige Gestaltungsmittel durch besondere Prägnanz aus. Anhand zahlreicher Beispiele wird gezeigt, wie die interaktiv geänderte Visualisierung oder Animation der Relation von Kartenzeichen und Legendeninformation die Dekodierung seitens des Perzipienten verbessert. So werden Kartenbeispiele zu den graphischen Grundprimitiven, zu komplex-thematischen Darstellungen sowie zu kartographischen Animationen vorgestellt. Ihre Gemeinsamkeit besteht in der Konstanz des Inhaltes. Dabei wird lediglich die graphische Darstellung geändert und nicht die zu Grunde liegende Geometrie, die unverändert bleibt. Auf diese Weise lassen sich bestimmte Informationen schneller transportieren. Interaktive Bildschirmkarten können Informationen über räumliche Sachverhalte effizienter übermitteln. Dieser Mehrwert von interaktiven Bildschirmkarten gegenüber den rein statischen Karten wird an zahlreichen Kartenbeispielen belegt.

Abstract

Methods of information transfer efficiency by digital display maps

Against the background of increasing propagation of information technology in cartography more and more maps are published digitally using internet as distribution channel. The hypermedial format of cartographic information strengthens the belief in these map products. That is why they are only infrequently questioned. The quality of cartographic depiction, that plays an important role on printed maps, is at the same time often neglected. Digital display maps rarely have a professional competence design.

The methods of map production have changed through the last decades with the increasing application of computer technology. To what extent method gauge of cartographic design have changed as to digital visualisation interfaces was long time barely considered, because most visualisations were still static. Since the launch of hypermedial maps technical aspects have been in focus. The graphic capabilities of digital maps to improve the transfer of information so far remained unnoticed to a large extend. But exactly this domain bears much potential.

On the one hand graphic depiction has to be adapted on the restrictions of the display. On the other hand prospects for an advancement in cartographic communication process are supported by the features of interaction and animation. Thus, a temporary static or kinematic change on the graphic visualisation of certain parts of graphic depiction like a single map feature or all features of the same object type, can be archived by interaction. The connection between the conventional signs and the reference to the legend information can be optically accentuated. By the use of visual stimulus dimensions the attention of the viewer can be enhanced and the time the user needs to receive the information can be reduced. That way transfer of the cartographic information can be optimised. The methods of information transfer efficiency introduced in this thesis do not deal with perfecting the graphic display but with simplifying the pragmatic dimension between expedient and percipient.

For a scientific approach to this topic a system of graphic variables that includes all aspects of the digital display media is needed for syntactical description of cartographic depiction. Some scientific papers suggesting an enhanced system of graphic variables have been in focus of discussion so far. Because these approaches are self-contained (do not refer to each other) and some of them only deal with certain facets of the topic the generation of a all-embracing

system of graphic variables that differentiates between primary and secondary graphic variables is necessary. Furthermore new terminology for the naming of forms of cartographic depiction that had no fitting technical terms as yet are established. Concerning evaluation of graphic depiction the relevance of cognition research to this thesis has been assessed.

Depending on the maps topic some means of map design are stronger than others. By means of examples the way in which interactiv change of depiction and animation of the relation between conventional sign and legend information improve the decryption by the percipient are shown. Several instances of maps to basic primitives, complex thematic depiction and cartographical animation are presented. Their common ground is the constance of content. The content will never change, but merely the graphic depiction on the basis of the geometric reference. By this means certain information can be communicated faster. Interactive digital maps inform about spatial facts more efficiently. This value added of display maps in constrast to pure static maps is demonstrated in several examples.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	13
2	Motivation	15
2.1	Stand der kartographischen Bildschirmvisualisierung	16
2.2	Ziel der vorliegenden Arbeit	19
3	Adaption kartographischer Grundlagen auf die Bildschirmkarte	21
3.1	Die Karte	22
3.2	Kartographische Kommunikation	23
3.3	Das kartographische Zeichensystem	26
3.3.1	Graphische Elemente	26
3.3.2	Zusammengesetzte Zeichen	27
3.3.3	Graphisches Gefüge	27
3.3.4	Variation der Zeichen nach Bertin	27
3.3.5	Erweiterung der Zeichenvariation bei Bildschirmkarten .	32
3.3.6	Vorschlag eines graphischen Variablensystems mit der Untergliederung in primäre und sekundäre Variablen . .	39
3.4	Aspekte der Farbtheorie	41
3.4.1	Physikalisch-physiologische Wahrnehmung	42
3.4.2	Bildschirmfarben	44
3.5	Fachtermini im Umfeld der digitalen Kartographie	48

3.6	Kartographische Wahrnehmung	52
3.6.1	Theoretische und empirische Forschungsansätze	53
3.6.2	Vermächtnis der Kognitionsforschung	57
3.6.3	Stagnation in der Praxis	58
3.6.4	Erkenntnisse der Kognitionsforschung für die Kartographie	60
4	Erweiterte Möglichkeiten der Bildschirmkarte	65
4.1	Vernetzte digitale Fachinformationen bei Bildschirmkarten im Internet	68
4.1.1	Kartenzusatzinformationen über HotSpots	68
4.1.2	Karteninhalt in unterschiedlichen Ebenen	69
4.1.3	Karteninhalt in Maßstabspyramiden	70
4.1.4	Thematische Karteninformationen nach Nutzer und Bedarf	73
4.2	Zugriff auf Bildschirmkarten über das Internet	75
4.3	Geoinformationssysteme und Servlet-Technologie	79
4.4	Visualisierung dreidimensionaler Sachverhalte	80
4.5	Interaktive Änderung der Kartendarstellung	83
5	Interaktive Kartenlegende	89
5.1	Lokale Kartenzeichen	92
5.1.1	Interaktiv-statische Darstellungsänderung lokaler Kartenzeichen	93
5.1.2	Interaktiv-animierte lokale Kartenzeichen	97
5.2	Lineare Kartenzeichen	108
5.2.1	Interaktiv-statische Darstellungsänderung linearer Kartenzeichen	108
5.2.2	Interaktiv-animierte lineare Kartenzeichen	114
5.3	Flächenkartenzeichen	118

5.3.1	Interaktiv-statische Darstellungsänderung von Flächenkartenzeichen	119
5.3.2	Interaktiv-animierte Flächenkartenzeichen	133
5.4	Visualisierung monothematischer Karteninformation aus Kom- plexkarten	137
5.5	Animation zur Darstellung von Sachverhalten ohne Zeitbezug .	142
5.5.1	Veränderung des dargestellten Inhalts	142
5.5.2	Änderung der graphischen Variation von Kartenzeichen	147
5.6	Animation zur Darstellung zeitbezogener Sachverhalte	147
5.6.1	Animation von lokalen Kartenzeichen	147
5.6.2	Animation von linearen Kartenzeichen	149
5.6.3	Animation von Flächenkartenzeichen	149
6	Interaktive Kartengraphik	157
6.1	Lokales Kartenzeichen	158
6.2	Lineares Kartenzeichen	164
6.3	Flächenkartenzeichen	166
6.4	Interaktiv-animiertes Kartenzeichen	171
7	Fazit	173
	Literaturverzeichnis	177

Kapitel 1

Einführung

Bereits seit Jahrtausenden dienen Karten zur Übermittlung von Informationen über georäumliche Sachverhalte. Heute stehen den konventionellen analogen Karten die modernen digitalen Bildschirmkarten gegenüber. Beispiele für Bildschirmkarten sind die von analogen Vorlagen digitalisierten Karten, Arbeitsgraphiken zur automationsgestützten Herstellung analoger Karten, Karten, die als Ergebnis einer Anfrage temporär aus den Daten eines GIS abgeleitet werden, oder speziell für die Bildschirmdarstellung erstellte multimediale, nicht druckbare Karten.

Ursprünglich orientierte sich die Darstellung von Bildschirmkarten an analogen Karten. Die spezifischen Restriktionen des Bildschirms wie Auflösung und Format erfordern eine Anpassung der kartographischen Darstellung. So muss eine kartographische Vergrößerung der Darstellung in Abhängigkeit von Betrachtungsabstand und der Auflösung der diskreten Bildpunkte erfolgen. Ebenso verlangt die zeitgemäße Gestaltung von Bildschirmkarten eine vereinfachte, weniger filigrane Darstellung der Kartenzeichen. Neben der statischen Visualisierung existieren moderne Anwendungen wie Karten mit bedarfsorientierten Zusatzinformationen, kartenverwandte 3D-Visualisierungen und kartographische Animationen zur Visualisierung kinematischer Prozesse. Interaktion und Animation spielen in diesem Zusammenhang eine bedeutende Rolle. Sie fördern den Aufbau von mentalen kartographischen Modellen und Beschleunigen somit die Erkenntnisgewinnung.

Die Computergraphik als Fachdisziplin der Informatik befasst sich mit den technischen Innovationen und Umsetzungen im Kontext der graphischen Datenverarbeitung. Die Ausschöpfung der Möglichkeiten von Interaktion und Ani-

mation für die graphische Präsentation von Geoinformation mit dem Ziel der effizienten Vermittlung räumlicher Informationen steht noch an.

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, wie Interaktivität die kartographische Kommunikation durch den wechselseitigen Austausch zwischen Mensch und Computer verbessert, indem sie dem Nutzer eine interaktionsbezogene Visualisierungsänderung der Kartendarstellung bietet. Diese neuen Darstellungsmöglichkeiten müssen systematisiert und nach formalen, syntaktischen Aspekten in das Variablensystem der kartographischen Zeichentheorie eingepasst werden.

Vor diesem Hintergrund wird die Strukturierung des Variablensystems in primäre und sekundäre graphische Variablen untersucht. Des Weiteren werden die Darstellungsformen systematisiert und ihre meist durch Interdisziplinarität gekennzeichneten Fachtermini kritisch mit dem Ziel präziser Begriffsdefinitionen betrachtet. Auf Grund des bislang unzureichenden Wissens um die Bedeutung der pragmatischen Aspekte einer Karte wird ein Einblick in den Stand der wahrnehmungstheoretischen Forschungsarbeiten in der Kartographie gewährt. Zur Abgrenzung zwischen graphischer Visualisierung und technischer Realisierung werden die aktuellen Techniken der graphischen Datenverarbeitung aufgezeigt. Darauf aufbauend werden die Möglichkeiten der kartographischen Darstellung durch den Einsatz von Interaktion und Animation nach ihren Grundprimitiven geordnet und als quasistatische oder kinematische Visualisierungstechniken an zahlreichen Kartenbeispielen klassifiziert. Als Ergebnis werden digitale kartographische Darstellungen vorgestellt, die eine verbesserte Perzeption gegenüber der rein statischen Karte belegen.

Kapitel 2

Motivation

In der thematischen Kartographie kann man zwei Arten der Informationsdarstellung unterscheiden. Karten, deren Inhalt man „sieht“, und Karten, deren Inhalt man „lesen“ muss (s. Abb. 2.1). Karten deren Inhalt man „sieht“, vermitteln dem Betrachter einen direkten Zugang zur Information. Der Betrachter erfasst die Information auf einen Blick. Karten zum Lesen hingegen verursachen immer einen hohen Zeitaufwand. Daher werden sie oft nicht gelesen und erfüllen ihren Zweck so nur eingeschränkt.

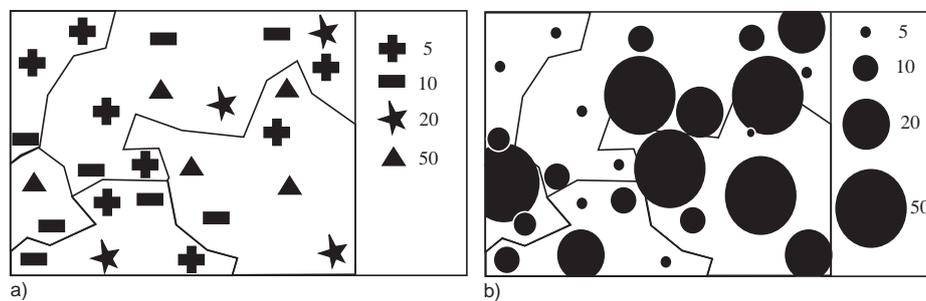


Abbildung 2.1: Karten a) zum Lesen oder b) zum Sehen? [nach BERTIN 1974]

Durch das neue Medium „Bildschirmkarte“ hat sich an der Notwendigkeit, gut lesbare und leicht interpretierbare Karten zu gestalten, grundsätzlich nichts geändert. Allerdings erlauben die erweiterten Möglichkeiten dieses Mediums eine effizientere Informationsübermittlung. Anders als die analoge Karte kann die Bildschirmkarte die visualisierte Information durch Nutzerinteraktion ändern. So können beispielsweise Informationen zum Zweck einer effizienten In-

formationsperzeption ausgeblendet, graphisch geändert oder durch zusätzliche Medien (Bild, Text, Animation, Video, Ton etc.) erweitert werden.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über den aktuellen Stand der Forschung im Bereich der kartographischen Bildschirmvisualisierung gegeben. Mit Bezug auf diese Beiträge sollen anschließend Ziele und Anliegen der vorliegenden Arbeit näher erläutert werden. Auf die Inhalte der Beiträge wird im weiteren Verlauf der Arbeit eingegangen. Hierzu stehen im Text entsprechende Kapitelreferenzen.

2.1 Stand der kartographischen Bildschirmvisualisierung

Der Kartograph ist von jeher darauf bedacht, seine Produkte so zu gestalten, dass sie zumindest für den angestrebten Nutzerkreis gut lesbar und leicht interpretierbar sind. Die thematische Karte stellt diesbezüglich besondere Anforderungen an den Kartographen. Aus den vielfältigen Möglichkeiten zur Darstellung der Thematik muss er eine Auswahl treffen, die zu einer möglichst prägnanten Kartengraphik führt. *Robinson (1952)* [in: *MONTELLO 2002*] macht in seinem Werk „*The Look of Maps*“ erstmalig auf den Zusammenhang von Kartengestaltung und kognitiver Aufnahme der Karteninhalte durch den Nutzer aufmerksam. Dabei schlägt er vor, sich diesem Problem mit wissenschaftlichen Methoden zu nähern.

Der französische Kartograph [*BERTIN 1974*] leistet in seinem Werk „*Graphische Semiologie*“ einen bedeutenden Beitrag zur kartographischen Zeichentheorie, die sich in ihren Grundfesten nachhaltig in analogen, analytisch thematischen Karten manifestiert hat. *Bertin* stellt dar, wie Gestaltungsfragen im Konsens zwischen der Datencharakteristik und dem Kartensymbol in Einklang gebracht werden können. Mit seinen Ausführungen hat *Bertin* ein konsistentes und leicht zugängliches Theoriegebäude für die Nutzung der visuellen Variablen in Karten und kartenverwandten Darstellungen geschaffen. *Bertins* allgemeine Zeichentheorie wird von [*FREITAG 1980*] um kommunikationstheoretische Aspekte zu einer allgemeinen Theorie der Kartographie erweitert.

Kognition von (Bildschirm-)karten

Die empirische Untersuchung einer Karte auf ihre Aussagekraft hat sich als äußerst schwierig erwiesen. Grund hierfür ist der Grad der Komplexität der

Darstellung, der einen wesentlichen Einfluss auf den Wahrnehmungsprozess der Kartengraphik ausübt. Neben der Informationsmenge spielt auch die graphische Dichte eine wesentliche Rolle. Dennoch gibt es seit den 50er Jahren immer wieder Forschungsarbeiten, die zumindest versuchen, Teilaspekte empirisch zu evaluieren: dem Nordamerikaner *Williams* (1954) folgen zahlreiche Veröffentlichungen, u.a. [CHANG 1977; e.g. CHANG et al. 1985; CASTNER 1983; e.g. CASTNER et EASTMAN 1984] und im deutsch-sprachigen Raum [FREITAG 1971; HAKE 1973; BOLLMANN 1981; e.g. VANECEK 1980; e.g., ARNBERGER 1982, 1983] (s. Abschn. 3.6).

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten stützen sich auf den jeweils darin untersuchten Teilaspekt. Dabei werden die Versuchsanordnungen der zu evaluierenden Darstellungen meist auf ein Minimum an Kartenobjekten reduziert, um die Konzentration des Betrachters auf die zu untersuchende Fragestellung zu fixieren und so Ablenkungen durch Kartenobjekte, die für die Untersuchung nicht relevant sind, zu vermeiden. Es zeigte sich, dass die Untersuchungsergebnisse bezüglich der Darstellung einer Objektart gegebenenfalls nicht übertragbar sind, sobald die Versuchsbedingungen durch Änderung einzelner Objektparameter oder eine Steigerung des Komplexitätsgrades der Kartengraphik geändert werden. Ein solches Beispiel beschreibt das folgende Zitat:

„So hat sich zeigen lassen, daß eckige Zeichen im allgemeinen ein rascheres Auffinden ermöglichen als runde. Die periphere Diskrimination findet in der Reihenfolge Quadrat, Rechteck, Dreieck, Kreis statt. Jede zusätzliche Hilfe, sei es Farbinformation oder Größeninformation, bringt ein Aufheben dieser Reihung mit sich.“ [VANECEK 1980]

Technische Aspekte der Bildschirmkarte

Durch die Einführung der EDV stand mit dem Bildschirm ein neues Ausgabemedium zur Verfügung, das zunächst als Hilfsmittel bei der automationsgestützten Herstellung analoger Karten diente, aber sehr bald als Präsentationsmedium für Bildschirmkarten erkannt wurde. Die physiologischen und technischen Aspekte der Bildschirmvisualisierung, insbesondere im Hinblick auf die graphischen Restriktionen und Möglichkeiten des Bildschirms, sind vielfach Gegenstand von Forschungsarbeiten. [MALIC 1998] legt hierbei den Fokus auf die Bestimmung der graphischen Minimaldimensionen und die daraus folgenden Einschränkungen auf die Qualität der Visualisierung, die sich aus der Hardware des Bildschirms ergeben. [LUTTERBACH 1997] geht im Kontext thematischer Planungskarten auf gestalterische Aspekte ein, die sich durch die technischen

Möglichkeiten der Bildschirmkarte eröffnen. Die Limitationen, die durch die relativ grobe Pixelstruktur der Bildschirmdarstellung gegeben sind, und ihre Berücksichtigung bei der Kartengestaltung beschreibt [BRUNNER 2000, 2001a, 2001b]. [NEUDECK 2001] befasst sich mit der Anpassung der amtlichen, topographischen Karte an die Einschränkungen der Bildschirmdarstellung.

Aus diesen Darstellungen wird deutlich, dass auf Bildschirmen meist nur ein kleinerer Kartenausschnitt visuell optimal präsentiert werden kann und somit der Überblick über große räumliche Zusammenhänge leidet. Diese Tatsache kann durch die Techniken des Scrollens und Zoomens nur teilweise kompensiert werden.

Erweitertes Zeichensystem der Bildschirmkarte

Das neue Medium der Bildschirmkarte ermöglicht auch die Erweiterung des kartographischen Zeichensystems. Ansätze zur Erweiterung der visuellen graphischen Variablen [nach BERTIN 1974] werden in den Beiträgen von [MCEACHREN 1995; ROBINSON et al. 1995; QUODVERTE 1997; BUZIEK 2001] diskutiert (s. Abschn. 3.3.5).

Im Bereich der kartographischen Animation findet man bereits eine Vielzahl an wissenschaftlichen Publikationen [DRANSCH 1995; PETERSON 1995; BUZIEK 1997, 1999, 2001; BUZIEK et al. 2000]. Neben der graphischen Ausgabe unterstützt das neue Medium der Computer-Kartographie weitere multimediale Einheiten zur Wissensakquisition, beispielsweise audio-visuelle Gestaltungsmittel oder kartographische Filme [MCEACHREN 1995; BUZIEK 1997, 1999, 2001; BUZIEK et al. 2000]. Weiter lassen sich am Bildschirm dreidimensionale virtuelle Modelle anzeigen, die meist als kartenverwandte Darstellungen einzustufen sind [MOORE 1999; PATTERSON 1999; SWANSON 1999; MUNDLE, HURNI 2000; DÖLLNER 2001; OLBRICH, PRALLE 2001; TERRIBILINI 2001; ZEDI 2001].

Bildschirmkarten im Internet

Durch die Möglichkeit, über das Internet digitale Informationen weltweit verfügbar zu machen, hat die Bildschirmkarte nocheinmal an Bedeutung gewonnen. Neben der weltweiten Verknüpfung von Information auch aus Karten heraus über sogenannte Hyperlinks, eröffnen technologische Entwicklungen wie Applets oder die Servlet-Technologie [THOENE 2001; KUDRASS 2002] die Möglichkeit, Karten auf Abruf aus Datenbeständen eines Geoinformationssystems (GIS) ad hoc zu visualisieren (s. Abschn. 4.2).

Es gibt viele aktuelle Anwendungen im Bereich der Kartographie, die von diesen technischen Möglichkeiten Gebrauch machen, z.B. die sogenannten Web-Maps. Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit diesem Themenkomplex, u.a. [GARTNER 1999a, 1999b; BROWN 2001; DICKMANN 2000a, 2000b; GREVE et al. 2000; RASE 2003; MACEACHREN 1994a, 1994b, 1994c; WINTER 2000, 2003]. Darüber hinaus gibt es einige Buchveröffentlichungen, die Beiträge aus oben genannten Bereichen enthalten [CARTWRIGHT et al. 1999; BUZIEK et al. 2000; HERRMANN et ASCHE 2001; KRAAK et BROWN 2001; PETERSON 2003].

2.2 Ziel der vorliegenden Arbeit

Die durch das Interesse an der technischen Realisierung weitgehend vernachlässigte Methodenlehre der kartographischen Gestaltung ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Technische Aspekte wie die Möglichkeit, Zusatzinformationen einzublenden, werden bewusst ausgeklammert. Es gilt, Methoden der effizienten Informationsgewinnung durch kartographische Bildschirmvisualisierung aufzuzeigen, zu klassifizieren und die Darstellungsmittel systematisch zu gliedern. Ausgehend von einzelnen Kartenobjekten oder dem Zeichenschlüssel der Legende wird durch den Einsatz interaktiver Techniken die Darstellung an den visuell-kognitiven Prozessen und Bedürfnissen des Kartennutzers ausgerichtet. Ausgelöst durch Nutzerinteraktion wird die Kartengraphik um zusätzliche redundante¹ Darstellungsmerkmale angereichert, die die Grundinformation des Kartenobjektes oder aller Kartenobjekte einer Objektart unterstützen. Die Funktionen der interaktiven Karte bewirken hierbei eine graphische Änderung der Darstellungsmerkmale von Kartenobjekten. Unter Beibehaltung von Inhalt und Geometrie der Bildschirmkarte wird durch Änderung der graphischen Variablen die Effizienz der Informationsübermittlung gesteigert. Die Visualisierung der Objektinformation erfolgt somit strukturierter. Die Bildschirmkarte wird durch Darstellungsänderung einzelner Objektmerkmale zur „sehenden - kommunizierenden“ Karte.

Von den technischen Möglichkeiten der Bildschirmkarte wie z.B. dem Aufblenden von Zusatzinformation (Tooltips), der interaktiven Änderung des Karteninhalts, der Verlinkung oder dem automatischen Generieren von Bildschirmkarten als Ergebnis einer Anfrage an ein GIS wird schon vielfach Gebrauch gemacht. Diese technischen Aspekte der Bildschirmkarte werden der Vollständigkeit halber und zur klaren Abgrenzung von den hier vorgestellten, rein kartogra-

¹Unter *Redundanz* versteht man das Vorhandensein von Elementen in einer Nachricht, die keine zusätzliche Information liefern, sondern lediglich die beabsichtigte Grundinformation stützen.

phischen Methoden in Abschn. 4.1 - 4.4 kurz beschrieben. Auch die zusätzlichen graphischen Möglichkeiten der Bildschirmkarte und ihr erweitertes Zeichensystem sind schon seit einigen Jahren Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Die Änderung der graphischen Darstellung durch Nutzerinteraktion unter Verwendung der erweiterten graphischen Variablen als redundantes Gestaltungsmittel zur besseren Übermittlung der Karteninformation ist bisher noch nicht in ausreichendem Maße als Chance wahrgenommen worden. Lediglich wenige Arbeiten gehen am Rande auf diese Möglichkeiten ein. [BUZIEK1999] zeigt ein Beispiel, in dem aufblinkende Punktsignaturen die Aufmerksamkeit des Nutzers fördern und dadurch den Kartenleseprozess beschleunigen. Eine Bildschirmkarte, in der über interaktive Kartengraphik die selektive Wahrnehmung verbessert wird, ist bei [KRAAK 2001] beschrieben. [PLÜMER et al. 2002] setzen im Rahmen des Portals „Ruhrtal á la Karte“ synchrones Highlighting ein. Hier wird neben der Kartengraphik ein Textfeld mit den Namen einzelner in der Karte angezeigter Sehenswürdigkeiten eingeblendet. Durch überfahren des Objektnamens im Textfeld oder des Kartenobjektes in der Graphik werden dabei, sowohl der Objektname als auch das zugeordnete Kartenobjekt optisch hervorgehoben, wodurch dem Nutzer die Zuordnung überhaupt erst ermöglicht wird. Die Zuordnung von Kartenobjekt und Information ist hier rein multimedial gelöst und entspricht nicht einer Kartenlegende im klassischen Sinn.

In der vorliegenden Arbeit sollen die Methoden der effizienten Informationsübermittlung durch Bildschirmkarten anhand zahlreicher Beispiele erläutert werden. Die Effizienzsteigerung wird deutlich gemacht, indem die analoge Darstellung thematischer Karten durch die Gestaltungsmöglichkeiten der Bildschirmkarte erweitert wird. Die Beispiele wurden so gewählt, dass eine effizientere Informationsübermittlung eindeutig nachvollziehbar ist.

Kapitel 3

Adaption kartographischer Grundlagen auf die Bildschirmkarte

Dieses Kapitel behandelt die kartographischen Grundlagen, die für das Verständnis der vorliegenden Arbeit von Belang sind. Einleitend mit der Begriffsdefinition der Karte wird der kartographische Kommunikationsvorgang beschrieben. Des Weiteren erfolgt ein Einblick in die kartographische Zeichentheorie und das darauf gründende, weitgehend anerkannte Variablensystem nach *Bertin* sowie dessen Erweiterung in Bezug auf das Trägermedium Bildschirm. Unter Beachtung dieser Aspekte wurde ein Vorschlag für das Variablensystem durch eine Differenzierung in primäre und sekundäre Variablen erstellt. Auf Grund ihrer vielfältigen Ausdrucksmöglichkeit nimmt die Farbtheorie eine besondere Stellung in der Kartographie ein. Nach den physikalischen und psychologischen Aspekten folgt die Beschreibung der additiven Farbmodelle, die von Graphikverarbeitungsprogrammen genutzt werden. Zudem müssen die durch ihre Interdisziplinarität gekennzeichneten Terminologien der digitalen Kartographie im Hinblick auf neuartige Darstellungsformen überdacht werden. Abschließend folgt ein Einblick in den Forschungsstand, die Entwicklung und die Verfahren sowie die bisher ermittelten Ergebnisse der Kognitionsforschung in der Kartographie.

Als Ausgabemedium digitaler Kartenpräsentationen dient der Bildschirm. Nach wie vor bildet er das schwächste Glied der Mensch-Computer-Interaktion. Wo Druckgraphiken Auflösungen jenseits der perzeptiven Wahrnehmung des menschlichen Auges bieten, visualisiert der Monitor Rastergraphiken, die vom Betrachter in ihre einzelnen Pixel differenziert werden können. Die technischen

Restriktionen wie Bildschirmauflösung, -format und die daraus resultierenden Anpassungen der Bildschirmkarten wie kartographische Vergrößerung, inhaltliche Anpassung, graphische Dichte und Signaturierung werden an dieser Stelle nicht diskutiert. Lösungsansätze finden sich in den Arbeiten [LUTTERBACH 1997; MARLIC 1998; BRUNNER 2000, 2001a, 2001b; NEUDECK 2001]. Es ist davon auszugehen, dass zukünftige Entwicklungen die technischen Einschränkungen wie die Bildpunktgröße langfristig und nachhaltig verbessern. Die vorliegende Arbeit nutzt die erweiterten Möglichkeiten, die das Medium Bildschirm bereitstellt.

3.1 Die Karte

Die prägnanteste Ausdrucksform kartographischer Darstellung ist die Karte. Die von der Internationalen Kartographischen Vereinigung 1995 verabschiedete Definition lautet:

„Eine Karte ist ein symbolhaftes Abbild der geographischen Realität, das charakteristische Objekte wiedergibt, als Ergebnis der kreativen Leistung des Kartenautors bezüglich der gewählten Darstellung, und das für Anwendungen entworfen wurde, bei denen die räumliche Beziehung (zwischen den Objekten) von grundlegender Bedeutung sind.“ [übersetzt aus dem Englischen: GRÜNREICH in DGfK¹ 1997, in: HAKE et al. 2002]

Heutzutage kann die Karte als immaterielles, virtuelles Modell digitaler Daten dauerhaft oder temporär gespeichert und mittels einer Visualisierungsschnittstelle auf einem Bildschirm als digitale Karte präsentiert oder durch einen Drucker als Papierkarte ausgegeben werden. Dieser Sachverhalt wird in der folgenden Definition berücksichtigt:

„Die Karte ist ein maßstabsgebundenes und strukturiertes Modell räumlicher Bezüge. Sie ist im weiteren Sinne ein digitales, graphikbezogenes Modell, im engeren Sinne ein graphisches (analoges) Modell.“ [HAKE 1988, in: HAKE et al. 2002]

¹DGfK - Deutsche Gesellschaft für Kartographie

3.2 Kartographische Kommunikation

Der aus dem lateinischen stammende Begriff *Kommunikation* (lat. *communicatio*²; *communicare*³) bedeutet „Verbindung“, „Zusammenhang“ sowie „Verständigung untereinander“, „Umgang“ und „Verkehr“. Der Kommunikationsvorgang beschreibt die Übermittlung von Nachrichten zwischen Menschen auf der Basis eines gemeinsamen Zeichenvorrats und bildet die notwendige Voraussetzung für die Koexistenz in einer sozialen Gemeinschaft.

Kommunikation ist ein im allgemeinen Sprachgebrauch vielfach verwendeter Begriff, dessen Bedeutung oft in unterschiedlichem Kontext mit variierender Bedeutung verwendet wird. Dabei spielen auch Begriffe wie Information, Austausch oder Prozess eine elementare Rolle. Die Kommunikationstheorie beinhaltet die Informationstheorie und die Zeichentheorie als zwei wesentliche Aspekte [HAKE et al. 2002]. Die Informationstheorie befasst sich mit der Syntax, der Struktur der Zeichen. Die Nachricht wird durch Notation der reinen Syntax aufgebaut. Die semantische Bedeutung der Nachricht bleibt dabei unberücksichtigt. Die Zeichentheorie, Semiotik, befasst sich in erkenntnistheoretischer Weise mit den Zeichen und mit der Repräsentation von Information.

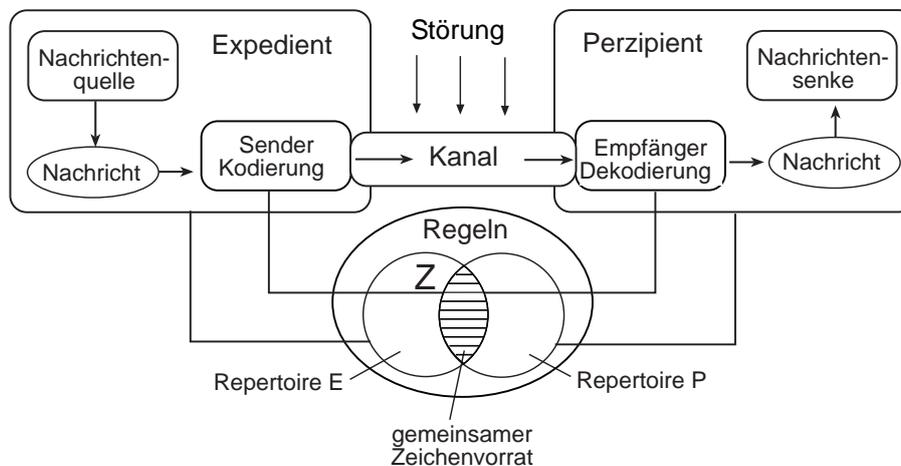


Abbildung 3.1: Kommunikationsvorgang [Vorlesung: MORGENSTERN 2001].

²communicatio - Mitteilung, Unterredung

³communicare - gemeinschaftliches tun, mitteilen

Der Kommunikationsprozess wird durch ein Schema beschrieben, dessen Begriffe ursprünglich aus der Nachrichtentechnik stammen (s. Abb. 3.1). Der Expedient sendet die Information und der Perzipient empfängt die Nachricht. Die Nachricht besteht aus einzelnen Elementen, die zusammengesetzt einen Kode ergeben. Der Inhalt der Nachricht wird seitens des Expedienten mit einer spezifischen Notation versehen und über den Kanal als physikalisches Signal zum Perzipienten übertragen. Dort werden die einzelnen Zeichen auf dem Wege der Dekodierung wieder zusammengefügt. Im Informationskanal können Störungen auftreten, die den Inhalt der Nachricht und das Verhalten des Perzipienten nachhaltig beeinflussen. Dabei können Probleme der Signalübertragung in technischer Art (keine akkurate Übertragung), semantischer Art (verwendete Notationen treffen nicht auf das gleiche Verständnis seitens des Perzipienten) und im Hinblick auf die Effektivität der Nachricht (der Perzipient verwendet die Nachricht anders, als vom Expedienten beabsichtigt) auftreten. Expedient und Perzipient verfügen jeweils über ein Repertoire an Zeichen und ein System von Regeln zur Anordnung der Zeichen. Je größer der gemeinsame Zeichenvorrat, desto gesicherter ist die Informationsübermittlung.

Die *kartographische Kommunikation* ist ihrem Wesen nach eine spezielle Form der menschlichen Kommunikation. Sie ermöglicht die Informationsübermittlung georäumlicher Strukturen der realen Umwelt. Diese können verbalsprachlich nur unzureichend übermittelt werden. Die kartographische Kommunikation besteht aus ein- oder mehrseitigen Informationsübermittlungsprozessen, die, basierend auf der Grundlage eines gemeinsamen Zeichenvorrats der Aufnahme, der Verarbeitung und dem Austausch von raumbezogenen kartographischen Informationen dienen. Oft entspricht die Kartenlegende diesem Zeichenvorrat, da sie Kartenzeichen und Schrift dekodiert. Der kartographische Kommunikationsprozess dient der georäumlichen Erkenntnisgewinnung bzw. -erweiterung, der raumbezogenen Bewusstseinsbildung sowie der Steuerung von Verhalten und Handeln im Raum [TAINZ, in: BOLLMANN et KOCH, 2001/02].

Die Abbildung 3.2 veranschaulicht den *kartographischen Kommunikationsprozess durch Bildschirmkarten*. Der Kartenprovider stellt Kartenprodukte bereit, die vom Kartennutzer über verschiedene Distributionswege, z.B. das Internet, angefordert werden können. Dabei dient die Bildschirmkarte als Medium und Schnittstelle der Mensch-Computer-Interaktion. Sie kann aus einer Menge aller verfügbaren kartographischen Zeichen konstruiert werden. Diese Menge wird jedoch durch den Zeichenschlüssel, den der Provider bei der Erstellung der Karte verwendet, eingeschränkt. Ebenso verfügt der Kartennutzer über ein Repertoire ihm aus Erfahrung und der Legende bekannter kartographischer Zeichen. Die Schnittmenge beziehungsweise die in der Karte genutzten Zeichen können in der jeweiligen Kartenlegende erläutert werden. Je mehr sich der

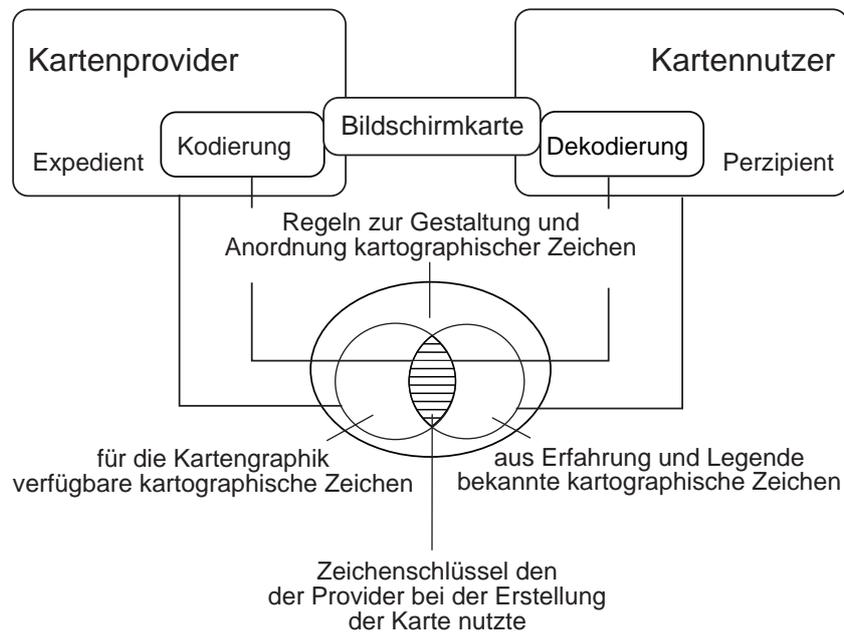


Abbildung 3.2: Kommunikationsvorgang bei Bildschirmkarten.

Kartenprovider auf das Repertoire des Kartennutzers stützt, umso einfacher und schneller erfasst der Nutzer die georäumliche Information. Das Eigenrepertoire des Kartennutzers sollte dem Informationsangebot angemessen sein. Das bedeutet, der Kartengestalter muss seitens des Nutzers ein bestimmtes Mindestmaß an allgemeiner Bildung voraussetzen können.

Beispiel der providerseitigen Bereitstellung von Kartenprodukten

Neben den statischen (view-only) Kartenprodukten existieren im Internet auch eine Reihe von Karten, die durch interaktive Funktionen das gesamte Kartenbild oder beliebig viele Teile mit weiteren Internetdokumenten verlinken können. Die Internetkarten sind auf einem Kartenserver gespeichert oder werden in Echtzeit aus den Datenbeständen einer Datenbank generiert. In beiden Fällen wird durch eine Anfrage auf Grundlage bestimmter Spezifikationen ein Angebot aus einem Datenbestand oder Kartenpool als spezifische georäumliche Information für den Kartennutzer durch Visualisierung auf dem Bildschirm bereitgestellt.

3.3 Das kartographische Zeichensystem

Unter dem Begriff *Kartengraphik* versteht man die Gesamtheit der für Karten aller Art typischen Darstellungsweisen [HAKE et al. 2002]. Die Semiotik⁴ beschreibt die Merkmale und Regeln aller graphischen Darstellungen in einem Zeichensystem. Sie untersucht die verbalsprachlichen und nicht-verbalsprachlichen Zeichen hinsichtlich ihres Kommunikationsaspektes im Rahmen der Kommunikationstheorie. Bei kartographischen Darstellungen verkörpert jedes Kartenzeichen eine kodierte Information sowie Informationen aus den Beziehungen zwischen den Zeichen, die sich durch Aussagen über Raumbezüge und Objekteigenschaften ergeben. Die Struktur des Kartenzeichens wird durch die Syntaktik, ein Teilgebiet der Semiotik, beschrieben. Ihr Ziel ist die einwandfreie und formal richtige Bildung der Zeichen mit Hilfe eines Zeichenvorrats (Repertoire) und Regeln.

Das klassische kartographische Zeichensystem besteht aus den graphischen Elementen Punkt, Linie und Fläche sowie den zusammengesetzten Zeichen Signatur, Diagramm, Halbton und Schrift. Von der Auswahl der entsprechenden Gestaltungsmittel hängt die Aussagekraft der Kartengraphik entscheidend ab. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, müssen die in der Karte dargestellten Signaturen durch die Festlegung ihrer Objektgestaltung und mit Hilfe von Zeichenschlüsseln in der Legende beschrieben werden [IMHOF 1972].

3.3.1 Graphische Elemente

Die graphischen Elemente werden auf Grund ihrer geometrischen Ausbreitung als Punkt, Linie oder Fläche unterschieden. Sie bilden die elementaren Einheiten einer graphischen Darstellung und werden daher auch als Grundelemente der kartographischen Gestaltungsmittel bezeichnet.



Abbildung 3.3: Elementare graphische Einheiten: Punkt, Linie, Fläche.

⁴Die Semiotik ist die Lehre der Zeichentheorie, Zeichenbedeutung.

3.3.2 Zusammengesetzte Zeichen

Die Kombination von graphischen Elementen führt zu höheren Gebilden, den zusammengesetzten Zeichen. In der Kartographie stellt die Signatur das typische, originale und bedeutendste zusammengesetzte Zeichen dar [HAKE et al. 2002]. Weitere Zeichen dieser Art, aber aus anderen Bereichen der graphischen Darstellung stammend, sind Diagramm, Halbton und Schrift. Die graphischen Elemente und die zusammengesetzten Zeichen bilden die kartographischen Gestaltungsmittel.

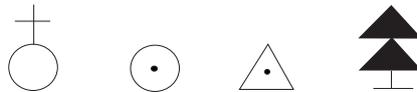


Abbildung 3.4: Zusammengesetzte Zeichen.

3.3.3 Graphisches Gefüge

Ein graphisches Gefüge entspricht der Kombination aus graphischen Elementen und zusammengesetzten Zeichen, die bei jeweils bestimmten Objektarten typische graphische Strukturen bilden und somit den Gesamteindruck der Karte nachhaltig bestimmen [HAKE et al. 2002]. Beispiele für lineare graphische Gefüge können netzartige Strukturen (Flüsse, Straßen, Eisenbahngleise, Grenzen, Leitungen), gitterartige Strukturen (Kartennetz), Isolinien u.a. sein.

3.3.4 Variation der Zeichen nach Bertin

Der dreistufige Aufbau des kartographischen Zeichensystems (graphische Elemente, zusammengesetzte Zeichen, graphisches Gefüge) beschreibt die Vielfalt des graphischen Ausdrucks nicht hinreichend. Die Kartenzeichen können in ihrer Gestalt durch den Einsatz graphischer Variablen in bestimmter und typischer Weise variieren, um so Sachinhalte effizienter und auch prägnanter zu präsentieren. Einen anerkannten Ansatz bietet die graphische Semiologie nach [BERTIN 1974].

Bertin beschreibt das graphische Zeichensystem als ein in sich geschlossenes und unabhängiges System der visuellen Wahrnehmung. Es verfügt über eine eigene Syntax, um Beobachtungen festzuhalten, zu begreifen und mitzuteilen.

Im Sinne der Kommunikationstheorie verfügt es über besondere Mittel und Möglichkeiten, durch graphische Zeichen komplexe Informationen zu übertragen. Sein Werk richtet sich nicht speziell an Autoren, die sich traditionell mit der Erstellung von Karten, Netzen und Diagrammen beschäftigen, sondern an alle Personen, die Informationen erfassen, verarbeiten, weitergeben oder nutzen.

Viele Kartographen sehen in *Bertin* den Gründer der kartographischen Zeichentheorie. Die Systematisierung der kartographischen Zeichen und deren graphische Variationen sind für die vielfältigen Möglichkeiten kartographischer Ausdrucksformen von großer Bedeutung. Neben den objektiv geometrischen Gestaltungsanforderungen spielen auch die Gesetze der subjektiven Wahrnehmung eine Rolle. [BERTIN 1974] beschreibt diese Art der kognitiven Perzeption mit dem Begriff *Prägnanzprinzip*:

„Wenn eine Konstruktion zur richtigen und vollständigen Beantwortung einer gestellten Frage unter sonst gleichen Voraussetzungen eine kürzere Betrachtungszeit erfordert als eine andere Konstruktion, so bezeichne man diese als prägnanter in bezug auf die gestellte Frage.“

Bertin untergliedert die visuellen graphischen Variablen neben den zwei *Ortsvariablen*⁵ in sechs weitere wahrnehmbare graphische Variablen. Diese graphischen Variablen lauten *Größe*, *Tonwert*, *Muster*, *Farbe*, *Richtung* und *Form*. Durch ihre spezifischen Ausdrucksformen und die Variation der Variablen untereinander können den Kartenobjekten unterschiedliche Aussagen zugeordnet werden. Diese Aussagen beschränken sich vorwiegend auf den Bereich der thematischen Kartographie, insbesondere in Bezug auf analytische Karten. Eine Ableitung dieser Aussagen im Bereich der topographischen Kartographie ist wegen der teilweise anderen Zeicheneinteilung und Strukturierung in der im Folgenden vorgestellten Form nur sehr eingeschränkt möglich. Solche Aussagen können qualitativer, selektiver, assoziativer, geordneter und quantitativer Natur sein. Die Gliederungsstufen der Wahrnehmung bilden allgemeine Bedeutungen und grundsätzliche Analogien, die durch die graphische Umsetzung ausgedrückt werden können. Die Gliederungsstufen einer Variablen werden durch ihre *Eigenschaften der Wahrnehmung* gekennzeichnet:

- Qualitative (kombinatorische) Stufe: Ein Kartenobjekt verfügt über *qualitative* Eigenschaften, wenn es durch einfache Unterscheidungsmerkmale wie Selektivität oder Assoziativität gekennzeichnet ist.

⁵Die Ortsvariablen (z.B. kartesische Koordinaten) beschreiben die Lage eines Objektes in einer Ebene.

- Eine Variable ist *selektiv* ($\#$), wenn Kartenzeichen, die einer Kategorie angehören, spontan aus den Beziehungen des graphischen Gefüges isoliert werden können.
- Eine Variable ist *assoziativ* (\equiv), wenn spontan alle Beziehungen, die durch die gleiche Variable dargestellt sind, zusammengefasst werden können.
- Ordnungsstufe: Kartenzeichen lassen sich *ordnen* (O), wenn sie nach allgemeingültigen Grundsätzen sortiert werden können. Dieser Sachverhalt ist prüfbar durch Aussagen wie: „Dies ist mehr als jenes.“
- Quantitative (metrische) Stufe: *Quantitative* (Q) Kartenzeichen werden genutzt, wenn das Objekt über eine Maßeinheit verfügt.

Die *Ortsvariablen* sind stets selektiv, assoziativ, geordnet und quantitativ wahrnehmbar, wohingegen die graphischen Variablen nur einen Teil dieser Eigenschaften besitzen (s. Abb. 3.5).

Größe: Die Variable Größe kann Informationen in selektiver, geordneter und quantitativer Form präsentieren. Die Größen-Variation ist disassoziativ und visuell nicht abstrahierbar. Objekte gleicher Kategorie in unterschiedlichen Größen können spontan sortiert werden. Durch die Anordnung in einer Reihe lassen sie den direkten Vergleich der einzelnen Objektinformationen innerhalb der Kartengraphik zu. Die selektive Wahrnehmung ist in Bezug auf ihre Größen-Variation kurz. Im Allgemeinen sind nicht mehr als vier bis fünf selektive Objektarten aus einer Kartengraphik isolierbar. Eine Variable ist quantitativ wahrnehmbar, wenn der Betrachter die zahlenmäßigen Informationen des Objektes interpretieren, beziehungsweise dekodieren kann. Ein quantifizierbarer Vergleich zwischen den Kartenobjekten sollte auch ohne Legende möglich sein.

Tonwert: Graphische Darstellungen mit Tonwertvariationen sind disassoziativ. Unabhängig von der Anzahl der gebildeten Klassen lassen sich Tonwertvariationen ordinal gut erfassen. *Bertin* empfiehlt zur Unterstützung der selektiven Wahrnehmung, nicht mehr als sechs bis sieben Objektarten, einschließlich der Farbtöne Schwarz und Weiß, zu bilden. Diese Zahl verringert sich, wenn Weiß als Farbe entfällt. [SCHOPPMAYER 1978] kommt zu dem gleichen Ergebnis. In einem praktischen Versuch bei dem die Betrachter Tonwerte von Kartenfeldern einer gleichabständigen Skala zuordnen sollten, zeigte sich, dass die Zuordnung bei einer fünfstufigen Skala nahezu fehlerfrei erfolgte. Auch bei

Die Variablen des Bildes	Wahrnehmung						
	Quantität	Ordnung	Selektivität	Assoziativität			
Punkt							
Größe							
Tonwert							
Die Variablen der Trennung							
Muster							
Farbe							
Richtung							
Form							
Implantationen							
Fläche							
Die Variablen des Bildes							
Wahrnehmung	Quantität	Ordnung	Selektivität	Assoziativität			

Abbildung 3.5: Graphische Variablen [nach BERTIN 1974].

Eigenschaften der Wahrnehmung: Q - quantitativ, O - ordinal, # - selektiv,
≡ - assoziativ, ≠ - disassoziativ.

sieben Stufen traten nur wenige Fehler auf. Bei zehn Stufen ergab sich, dass nur noch 65% der Zuordnungen korrekt erfolgten. Tonwerte eignen sich zur graphischen Transkription von selektiven und geordneten Eigenschaften.

Muster: Ebenso wie Form, Richtung und Farbe ist die Darstellung von Mustervariationen assoziativ wahrnehmbar. Die Gestaltung mit Mustern eignet sich nur für Objekte von flächenhafter Ausprägung. Muster können sehr vielfältig differenzierbare Objektarten erzeugen. In Bezug auf die Ordnung flächenhafter Kartenobjekte sind zahlreiche Stufen denkbar. Allerdings beschränkt sich die selektive Wahrnehmung bei Flächenkartenzeichen meist auf vier bis fünf Objektarten. Bei linienhafter Darstellung ist die Anzahl der Muster Objektarten durch die Strichbreite beschränkt. Bei einer Strichbreite von 1 mm können höchstens drei bis vier selektive Objektarten dargestellt werden. Die punkthafte Darstellung setzt die Verwendung von ausreichender flächenhafter Ausprägung des Punktobjektes voraus. Daher ist hier nur die Bildung von zwei bis drei Objektarten möglich.

Farbe: Der Begriff Farb-Variation ist so zu verstehen, dass der jeweilige Farbton isoliert von seinem Helligkeitswert betrachtet werden muss. Eine Differenzierung ist an dieser Stelle schwierig, aber dennoch unabdingbar, da diese beiden von Natur aus unterschiedlichen Sachverhalte beim Betrachter zusammen genau eine Empfindung auslösen. [BERTIN 1974] definiert die Farbe als eine visuell wahrnehmbare Differenzierung, die durch unterschiedliche Farbreize bei gleichem Helligkeitswert erfolgt. Die Farb-Variation ist selektiv und assoziativ bei punkt-, linien- und flächenhaften Kartenobjekten wahrnehmbar. Die farbigen Kartenzeichen einer Kategorie können vom Betrachter isoliert differenziert betrachtet werden. Die Selektivität richtet sich nach dem Helligkeitswert. Sie erreicht in der direkten Umgebung einer gesättigten Farbe ihr Maximum und nimmt bei zunehmender Entfernung vom Sättigungspunkt ab. Des Weiteren ist die Farbe assoziativ wahrnehmbar, da diese graphische Variable die Sichtbarkeit der Kartenzeichen nicht beeinflusst. Die Farben gleicher Helligkeit lassen sich in keine eindeutige Reihenfolge sortieren, sie können nicht zur Transkription geordneter Komponenten genutzt werden. Allerdings kann eine Ordnung durch Farbe transkribiert werden, wenn diese eine monochrome Variation darstellt, das heißt, durch eine einzige Helligkeits-Skala gebildet wird. Weitere Ausführungen zur Farbtheorie erfolgen in Abschnitt 3.4.

Richtung: Lokale Kartenzeichen können unbegrenzt viele richtungsabhängige Darstellungen erzeugen [BERTIN 1974]. Damit der Betrachter die einzelnen

Klassen differenzieren kann, muss sich ihr Darstellungsmerkmal, die Richtung, entsprechend signifikant von den anderen Objekten unterscheiden. Die Variation der Richtung ist assoziativ. Die selektive Wahrnehmung ist bei dieser graphischen Variablen allerdings nur eingeschränkt möglich, da lediglich lokale und lineare Kartenobjekte selektierbar sind. Bei der lokalen Anordnung ist die Variation der Form nicht selektiv, daher bleibt zur Trennung von einfarbigen Zeichen gleicher Sichtbarkeit nur die Variation der Richtung. Die Einteilung in Klassen sollte wegen der eindeutigen Zuordnung in höchstens vier Richtungen unterteilt werden. [BERTIN 1974] beurteilt die Winkel 30° und 60° , neben 0° und 90° , als günstiger gegenüber 45° .

Form: Die Variation der Form besitzt unendliche viele Ausprägungsmöglichkeiten. Die Form ist nur zum elementaren Erfassen von Sachverhalten sinnvoll einsetzbar. Sie dient zum einen, um Gleichartiges gleich und Ungleichartiges ungleich darzustellen oder um die externe Identifizierung durch eine symbolhafte Form zu erleichtern. Die graphische Variation der Form ist sowohl bei lokalen, linearen, als auch bei arealen Kartenobjekten assoziativ wahrnehmbar. Sie lässt weder selektive noch geordnete Aussagen über spezifische Sachverhalte zu.

3.3.5 Erweiterung der Zeichenvariation bei Bildschirmkarten

Die Computer-Kartographie bietet bei der Visualisierung im Vergleich zu analogen Karten erweiterte Darstellungsmöglichkeiten. Hier wird der Computer zur Verwaltung und Speicherung multimedialer⁶ Daten eingesetzt. Der Bildschirm eröffnet, als digitales Visualisierungsmedium, vielfältige Möglichkeiten im Bereich von Interaktivität, Animation, Video, Graphiken, Bildern, Text und Ton zur Vermittlung räumlicher Bezüge.

Das Zeichensystem nach [BERTIN 1974] bildet die weitläufig anerkannte Grundlage des analogen kartographischen Kommunikationsprozesses. Der Kommunikationsprozess ist bei der Bildschirmkarte nicht mehr allein von statischen Kartenzeichen geprägt, sondern kann auf multimediale, visuelle und auditive Anwendungen ausgedehnt werden. Zur Systematisierung dieser „neuen“ kartographischen Möglichkeiten ist eine Erweiterung des Variablensystems erforderlich. So lassen sich temporäre Änderungen, wie die Darstellung kinematischer Phänomene, die bisher in statischen thematischen Karten dargestellt werden,

⁶ *Multimedia* bedeutet die gleichzeitige Nutzung unterschiedlicher audiovisueller Medien sowie deren Integration auf einen Datenträger mit der Möglichkeit der Bildschirmvisualisierung.

nun auch als Animation von einzelnen Kartenobjekten, allen Kartenobjekten einer Objektart oder der gesamten Kartengraphik präsentieren. Die Vielfältigkeit des kartographischen Ausdrucks wird nicht mehr allein von der Thematik, dem Platzangebot und dem Maßstab, sondern auch durch die Techniken, wie beispielsweise der Interaktion und der Animation, beeinflusst. Während die erstgenannten Faktoren - neben einer Reihe von zeichentechnischen Konventionen - die Gestaltung der analogen Karte bestimmen, lassen Bildschirmkarten eine freiere Gestaltung der dargestellten Inhalte zu. So können beispielsweise durch das Vorhalten mehrerer Datensätze unterschiedliche Thematiken auf der Darstellungsgeometrie abgebildet werden. Ebenso sind nutzerorientierte Eingriffe in die graphische Gestaltung durch Änderung der Signaturierung und Wahl unterschiedlicher thematischer Ebenen möglich. Zusätzlich erfordern Techniken wie das *adaptive Zoomen*⁷ eine inhaltliche Änderung der Kartendarstellung. Animierte Signaturen bieten die Chance, die Informationsübermittlung in Bezug auf Kognition und Assoziation positiv zu beeinflussen. Dies ist insbesondere wichtig in Zusammenhang mit dem World Wide Web, da sich dort eine Vielzahl von Kartenprodukten vor einem interdisziplinären Publikum bewähren muss.

Bei *Bertin* wird der adäquate Einsatz der unterschiedlichen graphischen Konstruktionen als Faktum präsentiert. Er schlägt ein einfaches Schema für die Zuordnung der graphischen Darstellungsmöglichkeiten zu bestimmten Informationstypen vor. Von Kartographen und Kartengestaltern wird dieses Modell als brauchbar, aber nicht fehlerfrei erachtet. So ist es nicht für jede thematische kartographische Darstellungsform anwendbar. Während *Bertins* Modell bei einfachen analytischen thematischen Karten einen sinnvollen Einsatz erfährt, stößt es beispielsweise bei der Erstellung von komplexen thematischen Karten an seine Grenzen [MACEACHREN 1995]. Im Folgenden werden aktuelle Ansätze zur Erweiterung des kartographischen Zeichensystems vorgestellt.

Aktuelle Ansätze

Morrison (1974) komplettiert *Bertins* Zeichensystem um die visuellen Variablen Anordnung (arrangement) und Sättigung (saturation) (s. Abb. 3.6). Mit dem Beginn der computerspezifischen Farbsteuerung gewinnt die Anwendung von Sättigung als eigenständige Variable zunehmend an Bedeutung, da die Graphikprogramme teilweise eine gezielte Ansteuerung der einzelnen Farbparameter Helligkeit, Farbton und Sättigung ermöglichen [MACEACHREN 1995].

⁷Das *adaptive Zoomen* umfasst eine dem Kartenmaßstab beziehungsweise dem Zoomfaktor entsprechende Anpassung der Karteninhalte in Bezug auf den Informationsgehalt, die graphische Dichte und die Ausgestaltung der Signaturen.

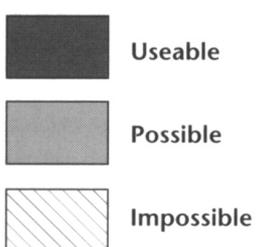
	ordinal	nominal	
size	Useable	Impossible	Morrison's variable syntactics 
shape	Impossible	Useable	
color: hue	Possible	Useable	
color: value	Useable	Impossible	
color: saturation	Useable	Impossible	
pattern: texture	Useable	Possible	
pattern: arrangement	Possible	Useable	
pattern: orientation	Possible	Useable	

Abbildung 3.6: Die acht graphischen Variablen nach Morrison [in: MACEachREN 1995].

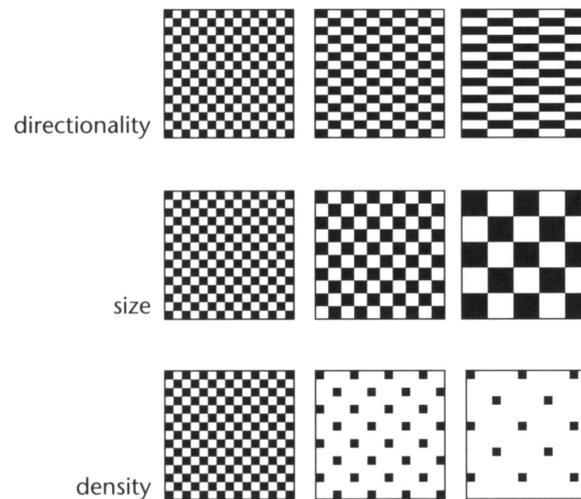


Abbildung 3.7: Die Rasterdifferenzierung nach Caivano [in: MACEachREN 1995].

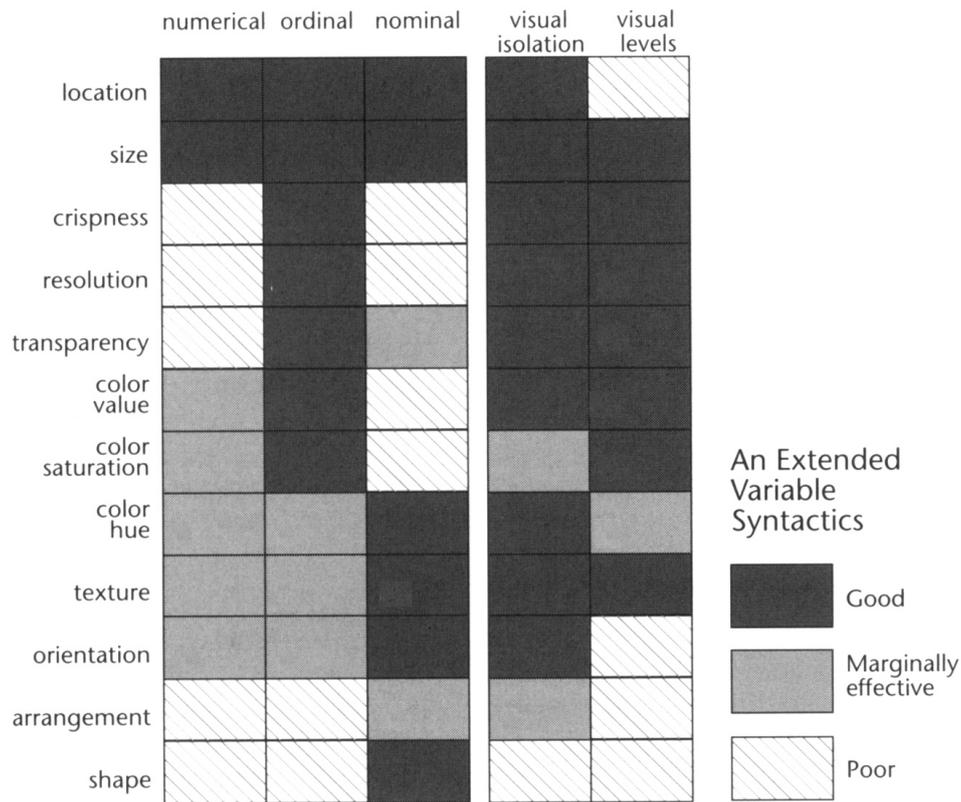


Abbildung 3.8: Die erweiterten visuellen Variablen nach [MACEachREN 1995].

Der Ansatz von *Caivano* beschreibt die Einführung einer Variablen Textur (texture) zu Differenzierung von Rastern (s. Abb. 3.7). Diese ist ihrem Ansatz nach mit den von *Morrison* eingeführten Variablen Anordnung (arrangement) und Textur (texture) beziehungsweise der Variable Muster (grain) von *Bertin* vergleichbar. Dabei klassifiziert er die Textur als komplexe Variable, die, wie auch die Variable Farbe, in dreigeteilter Form auftritt: Rasterwinkel, Rasterwert und Rasterfeinheit. Diese Unterscheidung ist aber nur möglich bei entsprechend guter Struktur. *Bertins* Variable Muster (grain) beinhaltet bereits zwei dieser Merkmale: Größe (Rasterwert) und Dichte (Rasterfeinheit) [MACEachREN 1995].

Der Ansatz von *MacEachren* (1992) umfasst die Erweiterung um die Variablen Detailschärfe (sharpness of detail: edge and fill crispness), Auflösung (resolution) der Information und Transparenz (transparency) einer eingefügten Ebene,

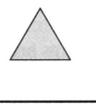
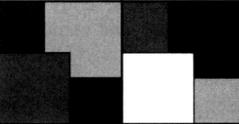
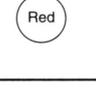
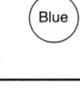
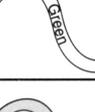
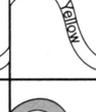
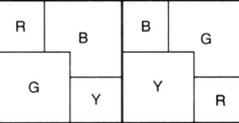
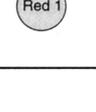
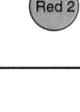
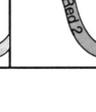
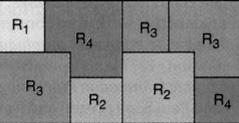
	Point		Line		Area	
Orientation						
Size						
Shape						
Value						
Hue						
Chroma						

Abbildung 3.9: Primäre Variablen nach [ROBINSON et al. 1995].

die er mit dem Begriff „fog“ kennzeichnet [MACEACHREN 1995]. Nach weiteren Studien führt er die Variable Klarheit als dreigeteilte komplexe Variable (in Analogie zu den drei Aspekten der Farbe und *Caivanos* Variable Textur) mit den untergeordneten Merkmalen Schärfe (*crispness*), Auflösung (*resolution*) und Transparenz (*transparency*) ein (s. Abb. 3.8). Die Auflösung spiegelt dabei die räumliche Genauigkeit wieder. In digitalen Umgebungen wird sie durch die Pixelgröße des Ausgabemediums begrenzt. Die Auflösung ist in Analogie zu *Bertins* Variable *Muster* (*grain*) zu sehen. [MACEACHREN 1995] hält die Variable Transparenz bei der Darstellung von Informationsunsicherheiten für geeignet - insbesondere bei interaktiven Karten, bei denen der Nutzer die „fog“-Ebene ein- und ausblenden kann.

Das Variablensystem nach [ROBINSON et al. 1995] umfasst die von *Morrison* (1974) vorgestellten Erweiterungen um die Variablen Sättigung (*chroma*) und Anordnung (*arrangement*). Zudem sieht diese modifizierte Klassifizierung des

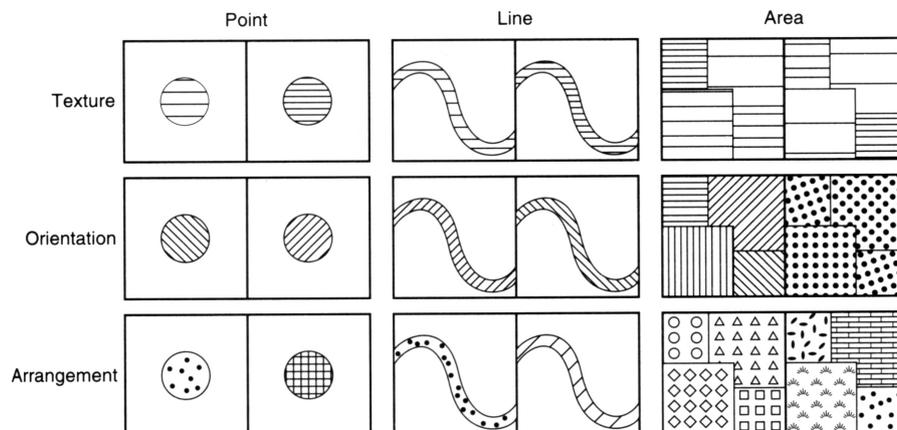


Abbildung 3.10: Sekundäre Variablen nach [ROBINSON et al. 1995].

kartographischen Variablensystem eine Untergliederung in primäre und sekundäre visuelle Variablen vor. Die Gestalt von lokalen Kartenzeichen, linearen Kartenzeichen und Flächenkartenzeichen kann mehr oder weniger bedeutungstragend durch die primären graphischen Variablen Form (shape), Größe (size), Richtung⁸ (orientation), Farbton (hue), Tonwert (value) und Sättigung (chroma) differenziert werden (s. Abb. 3.9). Durch die Kombination einzelner graphischer Elemente, die die primären Variablen in unterschiedlicher Weise nutzen, ergeben sich flächige Darstellungen, die als Muster (pattern) bezeichnet werden. Die sekundären Variablen der Muster lassen sich in Anordnung (arrangement), Textur (texture) und Orientierung (orientation) differenzieren (s. Abb. 3.10). [ROBINSON et al. 1995] distanzieren sich bei der Klassifizierung des Variablensystems von *Bertins* Ansatz, insbesondere bei der Betrachtung der Variablen Richtung und Muster (pattern). Die Variable Richtung ist nach [ROBINSON et al. 1995] im kartographischen Kontext nur auf lokale Kartenzeichen anwendbar. Eine weitere Diskrepanz bildet *Robinsons* Ansatz bezüglich der Variablen Muster (pattern), die nach *Bertin* als (grain) durch die Merkmale Größe und Dichte unterschieden wird.

In den bisher erfolgten Untersuchungen zur Erweiterung des Variablensystems in Bezug auf die moderne Computertechnologie stützen sich die Ansätze von *Caivano* (1990), *Morrison* (1974), [MACÉACHREN 1995] und [ROBINSON et al. 1995] vorwiegend auf statische Visualisierungsformen.

⁸Dieses Merkmal spielt nur bei Linien oder gestreckten Formen eine Rolle. Zur Festlegung der Orientierung ist eine Referenz, z.B. Kartenrahmen oder Gitterkreuz, erforderlich.

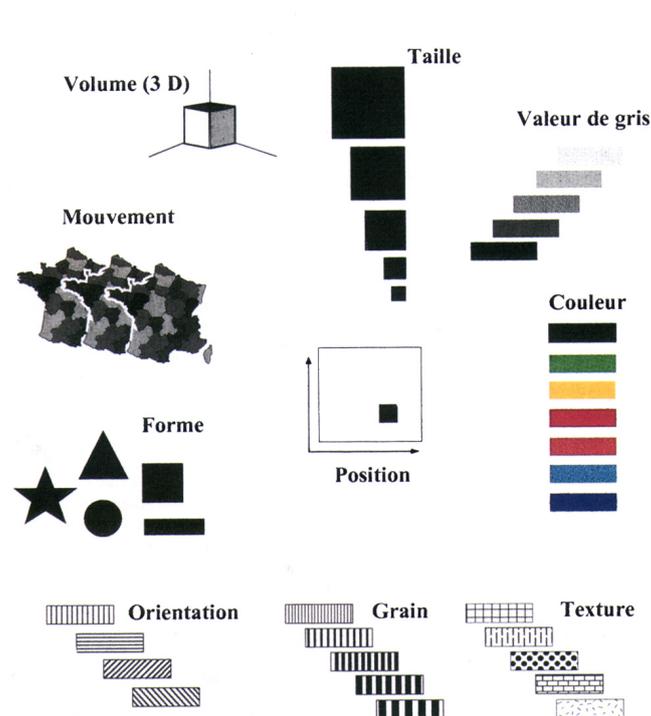


Abbildung 3.11: Die visuellen Variablen nach [QUODVERTE 1997].

[QUODVERTE 1997] ermittelt nach der Anpassung des kartographischen Zeichensystems an heutige Visualisierungsmöglichkeiten der Computertechnik insgesamt zehn visuelle graphische Variablen. Er komplementiert *Bertins* Ansatz um die Variablen Anordnung (texture), Bewegung (mouvement) und Volumen (volume) (s. Abb. 3.11).

[BUZIEK 2001] führt die bereits mehrfach vorgeschlagene Variable *Anordnung* (arrangement) [MORRISON 1974, MACEACHREN 1995, ROBINSON et al. 1995], die aus der Kombination von elementaren graphischen Zeichen entstehenden Darstellungsformen, auf die von [HAKE et al. 2002] beschriebenen zusammengesetzten Zeichen (Superzeichen) oder auf das graphische Gefüge der Zeichentheorie zurück. Eine konkrete Festlegung nimmt er nicht vor. Zur Differenzierung von *Bertins* Variablensystem schlägt [BUZIEK 2001] die Einführung von Sekundärvariablen zur Beschreibung spezifischer Objektmerkmale vor.

Zur zeitlichen und akustischen Gestaltung moderner kartographischer Ausdrucksformen muss das graphische Variablensystem erweitert werden. Im Hinblick auf die multimediale Visualisierungsschnittstelle erscheint eine Erweiterung des Variablensystems um die Variable Bewegung beziehungsweise Veränderung durchaus sinnvoll [BUZIEK 2001]. Des Weiteren empfiehlt *Buziek* die Erweiterung des kartographischen Zeichensystems auf den dreidimensionalen Raum durch Einführung der Variablen Raumdimension und des Zeichenelements Volumen. Die Variable Veränderung klassifiziert *Buziek* nach zwei Gesichtspunkten:

- Veränderung zur Darstellung von Bewegung und Prozessen [DRANSCH 1995]
- Veränderung als Hilfsmittel der Aufmerksamkeitssteuerung

Dabei kann die Variable Veränderung durch die sechs Parameter Zeitpunkt (display date), Dauer (duration), Reihenfolge (order), Intensität (rate of change), Veränderungsfrequenz (frequency) und Synchronisation (synchronization) gekennzeichnet werden [DRANSCH 1995, MACEACHREN 1995].

Neben der visuellen Darstellung von Informationen können auch auditive Elemente in Bildschirmkarten integriert werden. In Anlehnung an *Bertins* graphisches Variablensystem stellt *Krygier* (1994) ein abstraktes auditives Variablensystem auf [in: MACEACHREN 1995]. [BUZIEK 2001] modifiziert *Krygiers* Ansatz in Teilbereichen.

3.3.6 Vorschlag eines graphischen Variablensystems mit der Untergliederung in primäre und sekundäre Variablen

Die folgenden Ausführungen beziehen sich in weiten Zügen auf das von [ROBINSON et al. 1995] vorgestellte Variablensystem. Eine Einteilung in primäre und sekundäre Variablen erscheint durchaus sinnvoll, da sich die sekundären Variablen aus den elementaren Eigenschaften der primären Variablen direkt ableiten lassen. Die Abbildung 3.12 zeigt die Klassifizierung der primären und sekundären graphischen Variablen sowie ihre Anwendbarkeit in Bezug auf die graphischen Grundelemente. Das gesamte Variablensystem umfasst elf Variablen. Sie ermöglichen die vollständige, syntaktisch einwandfreie Beschreibung von statisch- wie auch kinematisch-kartographischen Darstellungen auf einem

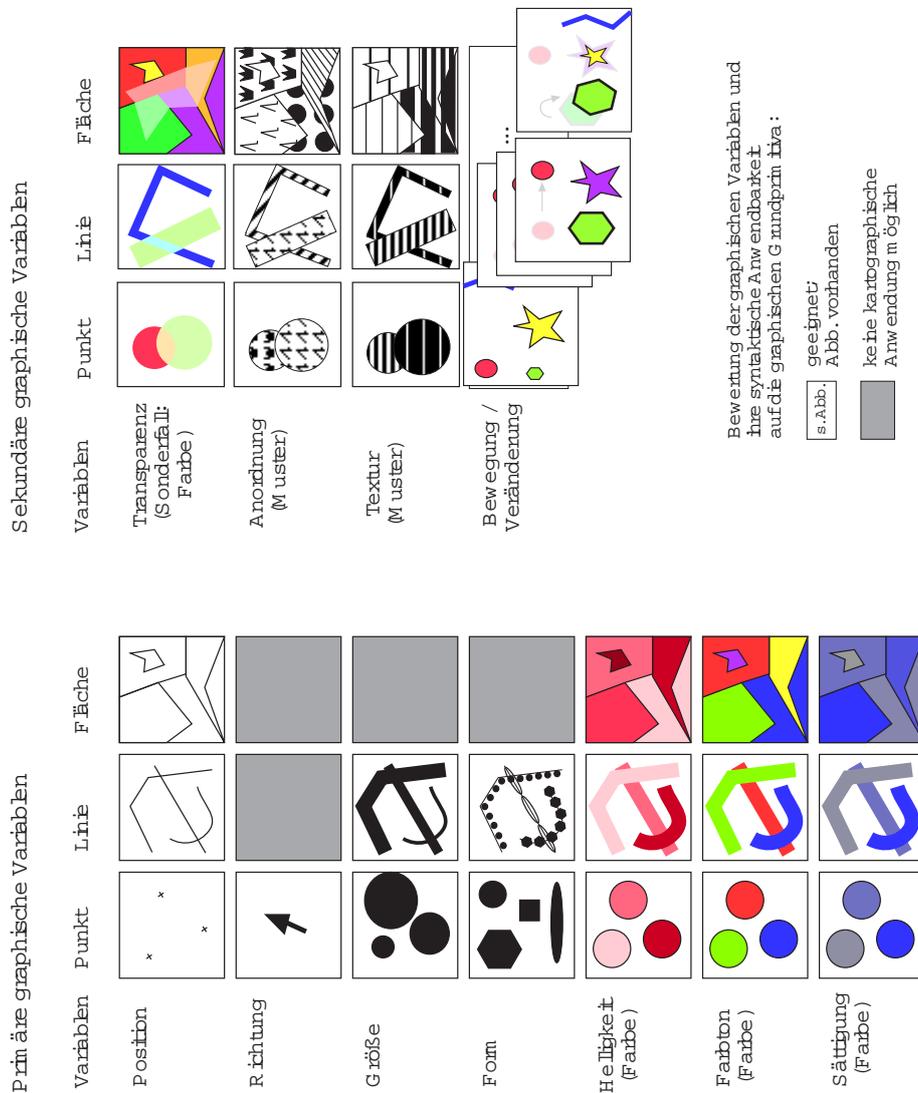


Abbildung 3.12: Vorschlag für ein graphisches Variablensystem, klassifiziert nach primären und sekundären Variablen, sowie ihre Anwendbarkeit auf die graphischen Grundprimitiva der kartographischen Darstellung.

digitalen Trägermedium. Die primären Variablen umfassen *Robinsons* Ansatz, ergänzt durch *Bertins* Variable Position.

Die sekundären Variablen werden durch die vier Variablen Transparenz, Anordnung, Textur und Veränderung beschrieben. Die Variable Transparenz wird als Sonderfall der dreigeteilten Variablen Farbe betrachtet. Transparenzeffekte bewirken ein Durchscheinen. Ihre Darstellung entsteht durch die Wechselwirkung von Kartenzeichen und Kartengrund, da sie unterhalb des transparenten Bereichs liegen können. Transparenz resultiert aus der Änderung der Farbparameter Helligkeit, Sättigung und Farbton (Bunnton). Die von *MacEachren* vorgestellte Anwendungsmöglichkeit einer nutzerorientierten Interaktion zur Darstellung von Informationsunsicherheiten wird als sinnvoll erachtet. Die zweigeteilte Variable Muster setzt sich aus den Variablen Anordnung und Textur zusammen. Die Variable Anordnung beschreibt Formen und Konfigurationen von Kartenzeichen, die zusammengesetzt ein Muster kennzeichnen [ROBINSON et al. 1995]. Diese Verteilungsmuster unterliegen Gesetzmäßigkeiten, die als graphisches Gefüge nach [HAKE et al. 2002] interpretiert werden können. Die Variable Textur umfasst, ebenso wie bei *Bertin*, die korrelierten Eigenschaften von Größe und Dichte. *Caivanos* Ansatz (1990) hingegen beruht auf deren Unabhängigkeit. Die Variable Veränderung wird in Anlehnung an [BUZIEK 2001] zur Darstellung von Bewegungen und Prozessen sowie als Hilfsmittel zur Aufmerksamkeitssteuerung betrachtet.

Die von [QUODVERTE 1997] und [BUZIEK 2001] aufgestellte Variable Volumen beziehungsweise Raumdimension tritt bei der senkrechten Grundrissprojektion nicht auf. Bildschirmkarten sind zweidimensionale Darstellungen, die durch eine attributiv dargestellte dritte Dimension (z.B. Höhenlinien, Höhenangaben) ergänzt werden. Bei kartenverwandten Darstellungen wird die perspektivische Raumwahrnehmung durch die Variation der primären Variablen Größe, Helligkeit, Farbton und Sättigung simuliert. Alle dreidimensionalen Modelle wie beispielsweise Höhenmodelle, Geländemodelle, 3D-Stadtmodelle, 3D-Thematische Karten und 3D-Topographische Karten nutzen diese Effekte.

3.4 Aspekte der Farbtheorie

Die kartographischen Gestaltungsmittel ermöglichen es durch Variation der graphischen Variablen die Kartenzeichen entsprechend dem Darstellungsziel

zu verändern. Auf Grund ihrer vielfältigen Ausdrucksmöglichkeiten nimmt die graphische Variable *Farbe* eine besondere Stellung ein. Dabei unterstützt das Gestaltungsmittel Farbe im Wesentlichen drei Aufgaben bei der Informationsübermittlung in Karten [SCHOPPMAYER 1991]:

1. Farbe dient zur Strukturierung und leichteren Differenzierung des Karteninhalts; z.B. Fluss in blauer und Wald in grüner Farbdarstellung.
2. Eine geeignete Farbwahl unterstützt und beschleunigt die Informationsübermittlung, indem Wesentliches hervorgehoben wird, Unwesentliches jedoch zurücktritt, z.B. Hauptstraße in roter und Nebenstraße in gelber Farbdarstellung.
3. Bei thematischen Karten dient Farbe auch direkt als Träger der Objekt- oder Sachinformation.

Die Übermittlung der richtigen Information wird in der Kartographie durch eine Zeichenvereinbarung sichergestellt und in Form einer Kartenlegende realisiert. Assoziationswirkung vereinfacht die Interpretation. Das Gestaltungsmittel Farbe kann die Klarheit der Kartenaussage steigern und somit zu einer ästhetisch schönen, klar strukturierten Kartengraphik beitragen.

3.4.1 Physikalisch-physiologische Wahrnehmung

Aus physikalischer Sicht beschreibt die Farbe eine elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm. Sie entsteht, wenn entweder von einem beleuchteten Gegenstand reflektiertes Licht oder das von einem Selbstleuchter ausgesandte Licht auf das menschliche Auge trifft. Die Farbwahrnehmung ist ein sehr komplexer sinnesphysiologischer Vorgang. Der Farbeindruck entsteht im menschlichen Gehirn, das die vom Auge umgesetzten Farbreize verarbeitet und mit früheren Farbreizen vergleicht. Farbe bildet eine schwer zu beschreibende Erscheinung, die unter verschiedenen Betrachtungsbedingungen (Lichtquelle, Farbflächengröße, Kontrast sowie individuellem Sehvermögen, Stimmungslage, Erfahrung etc.) jeweils anders wahrgenommen wird. Die Farbempfindung ist stets subjektiv und variiert von Mensch zu Mensch. Aus diesem Grunde ist die Farbbeschreibung äußerst schwierig und nur im Bereich der Farbreizmetrik physikalisch meßbar und beschreibbar.

Bei langem Fixieren von Farben - abgesehen von den Urfarben (Rot, Gelb, Grün, Blau) - erscheinen die Farben ungesättigter und ändern ihre Farbtöne geringfügig [SCHOPPMAYER 1991]. In heller Umgebung erscheinen größere Flächen gesättigter als kleine. Dabei wirken Farben auf kleinen Flächen anders als auf großen. Ebenso wirkt sich der Betrachtungswinkel auf das Farbempfinden aus. Des Weiteren beeinflussen Farbkontraste die Perzeption nachhaltig. Das menschliche Auge kann Farben, deren Wellenlängen weit auseinander liegen besser trennen, da sie nicht zeitgleich scharf wahrnehmbar sind. Kleine gelbe Flächen auf hellem Grund heben sich nicht ausreichend vom Kartengrund ab. Darüber hinaus hat das Gehirn die Eigenschaft, die gesehenen Farben auf der Basis von Erfahrungswerten zu korrigieren. Solche selbsttätigen Korrekturen basieren auf Erinnerung an Objekteigenschaften und der Kenntnis von Sachverhalten; z.B. kennt das Gehirn die Farbinformation von weißem Papier und korrigiert meist abweichende Erscheinungen.

Kommunikationstheoretischer Aspekt: Farbe ist aus kommunikationstheoretischer Sicht entweder Träger der Information oder dient zur Vereinfachung und Beschleunigung der Informationsübertragung. Farbe stützt die Vorstellung des Kartenlesers. Sie vereinfacht die Darstellung durch Strukturierung und Differenzierung. Ihre Zuordnung ist weitgehend frei wählbar, unterliegt aber bei spezifischen Karten festgelegten Konventionen. Unabhängig davon müssen Farbinformationen im Zeichenschlüssel der Legende transkribiert werden. Die Beschleunigung der Informationsübermittlung kann man durch adäquate Farbwahl unterstützen, um Wesentliches hervorzuheben und Unwesentliches zurücktreten zu lassen.

Farbanwendung in der thematischen Kartographie: In thematischen Karten wird Farbe als Träger der Information genutzt. Dabei werden Qualitäten durch Variation des Farbtons und Quantitäten durch Variation des Helligkeitswertes einer Farbe wiedergegeben. In Darstellungen von Kontinua werden meistens Farbton und/oder Helligkeit differenziert, um die erforderliche Anzahl von Farbstufen für die Darstellung der Objektarten zu bilden. Zur Darstellung von Erscheinungen und Sachverhalten mit positiven und negativen Wertebereichen in bipolaren Skalen werden Komplementärfarben genutzt. Die in heutigen Kartenwerken verwendete Farbgebung ist entweder historisch gewachsen oder beruht auf verlagsspezifischen Konventionen.

3.4.2 Bildschirmfarben

Bildschirme sind Selbstleuchter. Die einzelnen Bildpunkte⁹ (Pixel) des Displays bestehen jeweils aus drei Zellen, je einer für die Grundfarben Rot, Grün und Blau. Durch unterschiedliche Änderung der Intensitäten dieser drei Zellen können nach dem Prinzip der additiven Farbmischung die Farben des RGB-Farbspektrums erzeugt werden.

Im **RGB-Farbmodell** entsteht eine Farbe durch Addition der Intensitäten der additiven Grundfarben Rot, Grün und Blau. Jede Farbe verfügt über einen Rot-, einen Grün- und einen Blauwert, der bei aktuellen Graphikkarten jeweils auf einem Wertebereich von 0 bis 255 abgebildet wird. Die Farbtiefe beschreibt die Anzahl der Werte, die Rot, Grün und Blau annehmen können. Ein einzelnes Bit kann zwei Werte (zwei Farben) kodieren, ein Byte (8 Bit) hingegen kann 256 (2^8) Werte abbilden. Bei 256 Abstufungen pro Grundfarbe ($3 \cdot 8 \text{ Bit} = 24 \text{ Bit}$) werden die einzelnen Farbabstufungen vom menschlichen Auge als harmonisch wahrgenommen. Hierbei können ca. 16 Mio. Farben wiedergegeben werden.

Das Prinzip der subtraktiven Farbmischung, CMYK-Farbmodell, dass beim Plot und Kartendruck zum Einsatz kommt, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet. Die hier besprochenen Bildschirmkarten sind ausschließlich für digitale Ausgabeschnittstellen konzipiert. Interaktive Bildschirmkarten können nicht gedruckt werden, ohne dass bestimmte Aspekte der Karte verloren gehen. Somit spielt auch die für den Druck notwendige Farbseparation an dieser Stelle keine Rolle. Der folgende Überblick beschränkt sich auf Farbmodelle, die für die Erstellung von Bildschirmpräsentationen relevant sind. Bildverarbeitungsprogramme stellen, neben dem RGB-Farbmodell, auch das HSB-Farbmodell, das CIELab-Farbmodell und das CIELuv-Farbmodell zur Farbauswahl beziehungsweise geräteunabhängigen Speicherung bereit.

HSB-Farbmodell: Dieses Farbmodell basiert auf der menschlichen Farbwahrnehmung und gliedert die Farbe in die drei Grundmerkmale Farbton (Buntton), Sättigung und Helligkeit. Der Farbton (hue) entspricht dem Bunteindruck. Seine Position wird als Farbwinkel im Standard-Farbkreis zwischen 0° und 360° angegeben. Die Sättigung (saturation) gibt die Stärke oder Reinheit der Farbe wieder. Sie bestimmt das Verhältnis des Graunteils zum Farb-

⁹Der Bildpunkt ist die kleinste elementare Informationseinheit eines Bildes.

ton in Prozent. Die Sättigung nimmt auf dem Farbkreis vom Koordinatenursprung zum Rand hin zu. Die Helligkeit (brightness) drückt den relativen hellen oder dunklen Wertebereich einer Farbe aus. Abbildung 3.13 zeigt das HSB-Farbmodell, das im Kontext der vorliegenden Arbeit zur Farbgestaltung von Bildschirmkarten in Kapitel 5 und Kapitel 6 angewendet wird.

In der Computergraphik wird das HSB-Modell durch einfache Umrechnung aus den RGB-Werten berechnet. Im Rechner sind die Farben in der Regel als RGB-Werte gespeichert. Der HSB-Farbraum dient nur zur Farbauswahl.

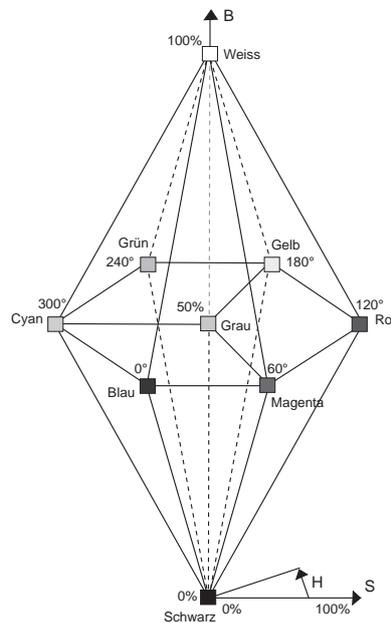


Abbildung 3.13: HSB-Farbmodell.

Der CIE-Farbraum: Dieser Farbraum wurde bereits 1931 von der *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) als internationaler Standard vereinbart. Als ein farbmeterischer Farbraum erfasst er im Gegensatz zu technischen Farbräumen den gesamten vom Menschen wahrnehmbaren Farbumfang. Die Bewertung des Farbreiz es entspricht der Normvalenzkurve des Standardbeobachters, wodurch der Farbraum in dreidimensionaler Darstellung einem längs abgeschnittenen Zuckerhut ähnelt.

Ein zweidimensionaler Anschnitt dieses Zuckerhuts umfasst alle wahrnehmbaren Farben eines Helligkeitswertes, wobei die gesättigten Farben auf dem Flächenumring liegen und der Weißpunkt (w) bei 0,3333 liegt (s. Abb. 3.14). Jeder Farbe ist ein bestimmter Farbwert im Koordinatensystem zugeordnet. Die z-Achse, die im Weißpunkt senkrecht nach oben zeigt, beschreibt die unterschiedlichen Helligkeitsstufen. Farben gleicher Helligkeit liegen auf einer Ebene.

Die Bewertung der Farben im CIE-Farbraum gestaltet sich auf Grund der geometrischen Abstände zwischen den Farben, die nicht den empfundenen Farbunterschieden entsprechen sowie der Einbeziehung der dritten Dimension (Helligkeit) sehr schwierig. Man versucht, das Problem durch eine Transformation der Werte zu lösen. Durch mathematische Umformung kann man den CIE-Farbraum in die empfindungsgemäß gleichabständigen Farbräume des CIELab-Farbmodells (Drucktechnik) und CIELuv-Farbmodells (Bildschirmvisualisierung) überführen.

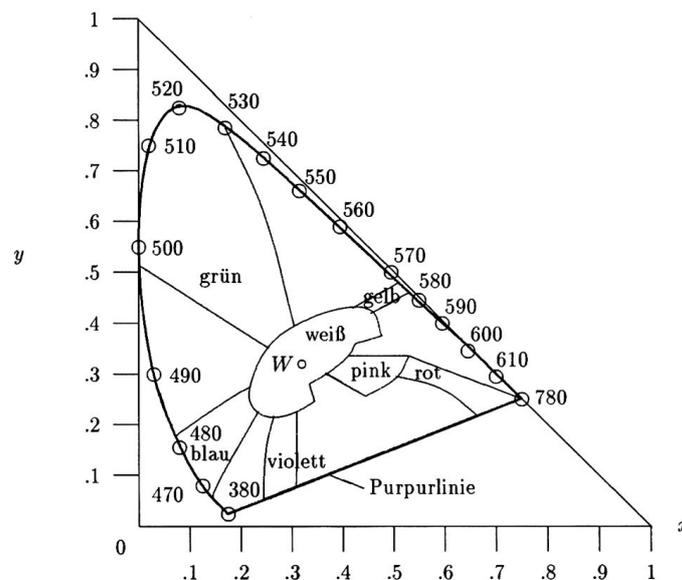


Abbildung 3.14: CIE-Farbdiaagramm des sichtbaren Spektrums von 1931. Werte auf der Kurve entsprechen der Wellenlänge (nm) [FELLNER 1992].

Das CIELab-Farbmodell: Im Jahre Jahre 1976 entstand das CIELab-Farbmodell durch eine Transformation der Normvalenzwerte (x, y, z). Ebenso

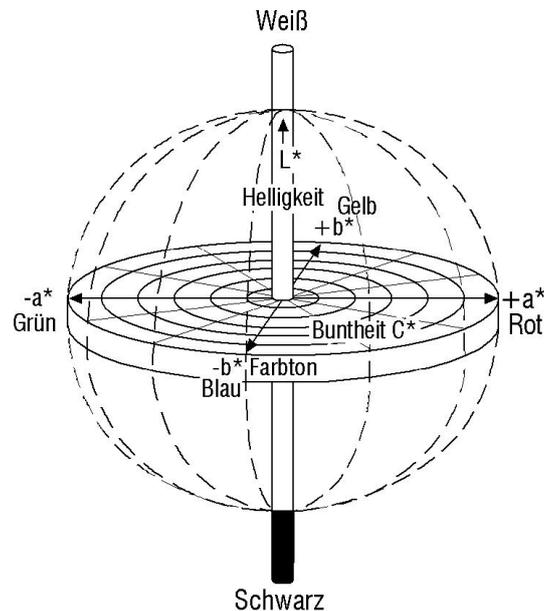


Abbildung 3.15: Das CIELab-Farbmodell. [SCHOPPEYER, in: BOLLMANN et KOCH 2001/02]

wie sein Vorgänger kann es zur geräteunabhängigen Farbbeschreibung eingesetzt werden. Zur Veranschaulichung werden alle Farben innerhalb einer Kugel dargestellt (s. Abb. 3.15). Das dreidimensionale, rechtwinklige Koordinatensystem setzt sich aus der vertikal aufgespannten L-Achse sowie den dazu senkrecht aufgespannten horizontalen Achsen a und b zusammen. Die L-Achse (Luminanz) beschreibt die Helligkeit und die Achsen a und b die Farbwerte von Rot nach Grün, beziehungsweise Blau nach Gelb. Die Farben gleicher Helligkeit befinden sich auf einer Ebene. Ihre Chromawerte liegen innerhalb dieser Ebene auf den Kreisen um den Koordinatenursprung.

Das CIELuv-Farbmodell: Ebenfalls aus dem Jahre 1976 stammt das CIE-Luv-Farbmodell. Es ist überall dort von Bedeutung, wo die additive Farbmischung eine wesentliche Rolle spielt, also auch bei der Bildschirmdarstellung. Dieses Modell beschreibt einen empfindungsgemäß gleichabständigen Farbraum, dessen Koordinaten u, v für rot-grün, beziehungsweise gelb-blau durch eine lineare Transformation der Normfarbwertanteile x, y der Normfarbtafel berechnet werden. Die Geradlinigkeit von Farbartlinien bleibt erhalten und

auch die Farbarten von additiven Mischungen zweier Farben liegen auf ihrer geraden Verbindungslinie. Ebenso, wie beim CIELab-Farbmodell beschreibt die L-Achse die Helligkeit.

3.5 Fachtermini im Umfeld der digitalen Kartographie

In den letzten dreißig Jahren unterlag die Kartographie im Umgang mit der Präsentation von georäumlichen Sachverhalten einem immer schneller voranschreitenden Wandel. Mit der Umstellung der Kartenherstellung von analog auf digital erfolgt die Wiedergabe georäumlicher Informationen heutzutage vermehrt auf digitalen Ausgabemedien.

Das Spektrum der Bildschirmkarten reicht neben der Abbildung von statischen traditionellen Karten, die ihre Inhalte in senkrechter Parallelprojektion im Grundriss darstellen, bishin zur Erzeugung von Modellen dreidimensionaler Sachverhalte, innerhalb derer sich der Nutzer eigenaktiv bewegen kann. Derzeit sorgen diese 3D-Modelle für kontroverse Grundsatzdiskussionen im Kreis der Kartographen und interdisziplinären Kartengestalter. Dabei steht die Frage nach deren kartographischer Klassifizierung als Karten oder kartenverwandte Darstellungen im Vordergrund. Ursprünglich als kartenverwandte Darstellung erachtet, weil grundsätzliche Eigenschaften von Karten wie Messbarkeit und Maßstäblichkeit fehlen, setzt sich heutzutage immer stärker der Begriff der „Karte“, auch im Zusammenhang mit 3D-Darstellungen, durch. Dieser Trend zeichnet sich auch deutlich durch die sich ändernden Begriffsdefinitionen der „klassischen Karte“ ab (s. Abschn. 3.1).

Zunehmend verstärkt sich der Einfluss von Geoinformatikern und Informatikern auf die Gestaltung georäumlicher Darstellungen. Diese Einflussnahme wird durch Begriffe wie Geovisualisierung, Geoinformationssysteme, Multimediale Kartographie, Telekartographie und Webmapping etc. geprägt. Dies ist angesichts der Tatsache, dass Wissenschaftszweige der Informatik wie beispielsweise die Computergraphik maßgeblich Einfluss auf die technischen Neuerungen der kartographischen Darstellung ausüben, nicht verwunderlich. Des Weiteren haben sich viele neue Wissenschaftsdisziplinen wie die Geomatik im unmittelbaren Umfeld der traditionellen Geowissenschaften wie der Geodäsie und der Kartographie etablieren können. Wo Kartographen und Kartengestalter die

technischen Errungenschaften adaptierten und in der Kartographie nun zunehmend Programmierkenntnisse erforderlich werden, wandeln sich Karten zu interdisziplinären Produkten. Damit einhergehend folgt eine Anpassungen des Sprachniveaus an die technische Terminologie. Die kartographischen Fachtermini werden hingegen in Analogie zur klassischen Kartographie auf die digitalen Darstellungen übertragen. Viele Darstellungsmöglichkeiten beziehen ihre Begrifflichkeiten aus dem sachlogischen Zusammenhang zwischen technischer Realisierung und kartographischer Darstellung wie beispielsweise die „kartographische Animation“. Doch wurden einige der technischen Visualisierungsmöglichkeiten, die das Medium Bildschirm bereitstellt, bisher in ihrer Wirkung nicht beachtet und ihre Brisanz für die Kartographie nicht erkannt. Diese Visualisierungsformen sind gekennzeichnet durch die erweiterten graphischen Variationen der kartographischen Zeichentheorie; sie sind auf einem analogen Zeichenträger nicht abbildbar. So reicht das Fachvokabular der klassischen Kartographie, das der Differenzierung analoger räumlicher Sachverhalte dient, zur Beschreibung von Darstellungsformen, welche durch ein digitales Ausgabemedium visualisiert werden können, hier nicht mehr aus. Die im Kontext der vorliegenden Arbeit vorgestellten digitalen Kartenbeispiele der Kapitel 5 und 6 zeigen Darstellungsformen, für deren Beschreibung das herkömmliche Repertoire kartographischer Fachtermini nicht ausreicht. Daher werden im folgenden die Begriffe der „interaktiv-statischen Darstellungsänderung“ und der „interaktiv-animierten Darstellungsänderung“ definiert. Das kartographische Fachverständnis fordert ein einheitliches Sprachniveau und präzise Begriffsdefinitionen. Um diesem Anspruch zu genügen, sollten auch einige in der Kartographie altbekannten Darstellungsformen bezüglich ihrer Semantik präzisiert werden. So auch der in der Fachliteratur geführte Begriff der „dynamischen Karte“.

Begriffspräzisierung der „kinematischen Karte“

Das Internet bietet für eine Vielzahl arbiträr genutzter Begriffe, die nicht zwangsläufig auf die Interdisziplinarität der Verfasser zurückzuführen sind, einen geeigneten Nährboden. So geraten durch die zunehmende Technisierung der Kartographie Begriffe in Mode, die bereits der kartographischen Fachwelt bekannt waren. Im Zusammenhang mit der digitalen Wiedergabe von raumzeitlichen Veränderungen wird immer häufiger der Begriff der „dynamischen Karte“ gebraucht, dessen Verständnis zunehmend an kartographische Animatio-

nen gekoppelt ist. Der aus der theoretischen Kartographie altbekannte Begriff „dynamische Karte“ diente bereits zur Beschreibung analoger raumzeitlicher Darstellungen.

Der aus dem griechischen stammende Begriff *dynamisch* bezeichnet per Definition eine aus physikalischen Ursachen und nach dem Kausalitätsprinzip ablaufende „von Kräften erzeugten Bewegung“. Kartographische Darstellungen „dynamischer Prozesse“ beschreiben „dynamische Phänomene“ im Sinne von Bewegungen. Dabei werden häufig Thematiken wie Migrationsbewegungen, klimatische Veränderungen etc. dargestellt. Die Semantik dieser „dynamischen Veränderungen“ umfasst aber Bewegungsabläufe, die kausal, in Anlehnung der physikalischen Analogie, durch die „Kinematik“, die „Bewegungslehre“, beschrieben werden. Demnach beschreibt die kartographische Darstellung einer Migrationsbewegung eine Darstellungsform, die die räumliche Bewegung reflektiert. Zwar beruht die räumliche Bewegung stets auch auf einer Ursache, die aber selten abbildbar ist. Der Begriff der kartographischen „dynamischen“ Karte ist hier semantisch nicht einwandfrei, auch wenn dieser Begriff die Kartenprodukte über die Jahrzehnte prägte. Formal korrekt sollte man besser von *kinematischen Karten* in der Kartographie sprechen [MORGENSTERN 2003]. Kinematische Karten können raumzeitliche Aspekte beziehungsweise *raumzeitliche kinematische Phänomene* in analog statischen, digital statischen und animierten kartographischen Darstellungen visualisieren.

Interaktiv-statische Darstellungsänderung

Der Begriff *interaktiv-statische Darstellungsänderung* erscheint auf den ersten Blick als Paradoxon. Bei genauerer Betrachtung hingegen erweist sich diese scheinbar falsche Aussage als eine semantisch folgerichtige Bezeichnung einer neuen Darstellungsform, die erst durch das Medium Bildschirm ermöglicht wird. Der Widerspruch in dem Begriff „interaktiv-statische Darstellungsform“ liegt darin begründet, dass kartographische *statische Darstellungsformen* sowohl analoge wie auch digitale Karten umfassen, die aber lediglich der Betrachtung dienen: Die Integration von Interaktion ist hierbei ausgeschlossen. Das Wort „statisch“ kennzeichnet dabei eindeutig, dass diese statischen Karten keine Bewegung beziehungsweise Entwicklung aufweisen. Digitale interaktive Karten sind in der Lage *Darstellungsänderungen* technisch zu realisieren und entsprechend auf dem Ausgabemedium zu visualisieren. So können aber auch

bestimmte georäumliche Sachverhalte temporär „statisch“ geändert dargestellt werden. Solche Bildschirmkarten können zwischenzeitliche „statische“ graphische Darstellungsänderungen, ausgelöst durch Interaktion, aufrufen. Die temporären Darstellungsänderungen bleiben beispielsweise solange aktiviert, wie der Mauszeiger auf einem maussensitiven Bereich ruht. Insofern kann man von einer *interaktiv-statischen Darstellungsänderung* einzelner Kartenobjekte sprechen. Dabei ist es wichtig, dass der Zeitraum der Interaktion nutzerorientiert realisiert wird, d.h. keinerlei temporalen Restriktionen unterliegt.

Die *interaktiv-statische Darstellungsänderung* wird als eine temporäre graphische Änderung von Teilaspekten einer graphischen Darstellung, unter dem Einfluss von Interaktion, definiert. Diese Visualisierungsform ist zeitunabhängig; d.h. ist sie durch Nutzerinteraktion erst einmal aktiviert kann sie beliebig lang aufrecht erhalten werden.

Die interaktiv-statische Darstellungsänderung wird durch eine *quasistatische Visualisierungstechnik* realisiert. Der aus dem Lateinischen stammende Terminus „quasi“ bedeutet „gewissermaßen“, „sozusagen“ und „so gut wie“. Als wortbildendes Element ermöglicht „quasi“ Aussagen mit der Bedeutung „mit der bezeichneten Sache fast gleichzusetzen“, im „strengen Sinne aber doch etwas anderes“, oder auch „nur annähernd, aber nicht in vollem Maße“. Nutzt man nun die Semantik des Terminus „quasi“ im Zusammenhang mit interaktiv erzeugten statischen graphischen Darstellungsänderungen, so kann man folgerichtig von „quasistatischen“ Visualisierungstechniken sprechen. Diese *quasistatische Visualisierungstechnik* unterstützt die individuelle visuelle Exploration der georäumlichen Information durch (temporäre) *interaktiv-statische Darstellungsänderungen*.

Interaktiv-animierte Darstellungsänderung

Der aus dem lateinischen stammende Begriff *animare* bedeutet „beleben“. Eine *Animation* ist die Visualisierung einer Folge von Bildern, die im Rahmen von zeitlich festgelegten Prozessen abläuft.

Animierte Objekte zeigen Darstellungsänderungen unter Einfluss der graphische Variablen Veränderung. Nach *Bertins* Terminologie dienen die graphischen Variablen der konsequenten Systematisierung syntaktischer Merkmale

von Kartenzeichen zur semantischen Beschreibung graphischer Darstellungen und Bilder. Diese sekundäre graphische Variable Veränderung beschreibt die graphische Änderung einer Darstellung im Sinne einer Animation (s. Abschn. 3.3.6). Bei der *interaktiv-animierten Darstellungsänderung* erfolgt der Aufruf der Variablen Veränderung durch Nutzerinteraktion. Animationen thematisieren Darstellungen temporaler oder nontemporaler Inhalte. Die Dauer der Animation ist dabei immer zeitlich vordefiniert, das bedeutet temporal begrenzt.

Die *interaktiv-animierte Darstellungsänderung* wird als eine temporale graphische Änderung von Teilaspekten einer graphischen Darstellung, ausgelöst durch Interaktion, definiert. Diese Visualisierungsform ist zeitabhängig; d.h. sie ist temporal terminiert.

3.6 Kartographische Wahrnehmung

Karten vermitteln Informationen über georäumliche Verteilungen verschiedener Erscheinung auf der Erdoberfläche. Seit Jahrtausenden werden sie genutzt und gestaltet. Die frühesten Funde dokumentieren ihre Mitteilungen in Ton geritzt, später auf Pergament gezeichnet und heute auf Papier gedruckt sowie zunehmend auf dem Bildschirm visualisiert. Neben der Änderung der Produktionsformen wurden auch die Inhalte der Karten vielfältiger. Die theoretischen Begründungen bestimmter Darstellungsmethoden existieren seit etwa 200 Jahren.

Die ersten wahrnehmungstheoretischen Untersuchungen begannen Mitte des 19ten Jahrhunderts in Nordamerika, inspiriert durch das Werk „*The Look of Maps*“ von *Robinson* (1952). *The Look of Maps* wurde beeinflusst durch die Erfahrungen, die *Robinson* während des zweiten Weltkriegs machte. Er erkannte die Lücke die zwischen Kartengestaltung und Analyseaufgaben klaffte, das Fehlen von Richtlinien zur Gestaltung optimaler Karten für militärische Zwecke sowie die Bedrohung, die von Propagandakarten ausging [KRYGIER 1996]. Sein Einfluss beschränkte sich jedoch weitgehend auf den angloamerikanischen Raum.

In den frühen 70er Jahren tragen [FREITAG 1971] und [HAKE 1973] zur internationalen Diskussion der Kommunikationstheorie bei.

„Voraussetzung jeder Wirkung einer Karte ist die Wahrnehmung der Karte. (...) In der Regel weiß der Kartenhersteller kaum, welche Gruppe von Kartennutzern welche Signaturen so wahrnimmt und auffaßt, wie sie gemeint sind. (...) In der Kartographie bestimmen Traditionen stärker als wissenschaftliche Theorien und Experimente Aufbau und Struktur einer kindgemäßen Sprache, obwohl gerade die Redundanz- und Transformationstheorie des Lernens Möglichkeiten zur kritischen Prüfung der Tradition bietet.“ [FREITAG 1971]

„Selbstkritisch kann festgestellt werden, das es in der Kartographie Fälle gibt, in denen die zu vermittelnde geographische Information durch einen zu komplizierten Zeichenschlüssel oder durch eine Art selbstgefälliger Kartenlyrik mehr verdeckt als offengelegt wird.“ [HAKE 1973]

Asche (1996) zeigt auf, dass bis heute keine hinreichenden Lösungen geschaffen wurden.

„Für die Weiterentwicklung kartographischen Wissens zur Gestaltung des Kartenbildes gibt es bis heute kaum Richtlinien, weil das kartographische Gestaltungs- und Nutzungspotential weder ausgeschöpft noch hinreichend evaluiert ist.“ [*Asche* (1996), zitiert nach: LUTTERBACH 1997]

3.6.1 Theoretische und empirische Forschungsansätze

Die Kartographie verfügt über zwei Methoden der Informationsdekodierung: Karten, deren Inhalt man lesen muss, und Karten, deren Inhalt man sehen kann (s. Abb. 2.1).

[DOBSON 1983] systematisiert die Tätigkeit des Kartenlesens in zwei Kategorien der Suche. Der erste Aspekt entspricht der Mustererkennung, die Integration der Kartenzeichen in die Kartographie, um so eine umfassende bildhafte Betrachtung der Darstellung zu ermöglichen. Der zweite Aspekt betrifft die Anwendung der Karte als georäumlicher Datenspeicher, der bestimmte geographische Informationen in einer Darstellung abbildet.

Aus wahrnehmungstheoretischer Sicht erfolgt die Kartenperzeption durch eine Reihe von kurzen Fixationen, während die Karte betrachtet und die visuelle Information erfasst wird. Obwohl diese Informationsentnahme sehr spezifisch ist, scheinen die Augen durch die graphische Information gesteuert zu werden. Dieser Vorgang regt die Selektion bestimmter Fixationspunkte an. Neue Fixationspunkte werden scheinbar auf Grund des vorangegangenen Betrachtungsprozesses ausgewählt [DOBSON 1983]. Diese Aussage gilt sowohl für den Fall, dass der Betrachter eine bestimmte Information in der Kartengraphik sucht, als auch für den Fall, dass er die Karte ohne konkrete Aufgabe als Gesamtwerk betrachtet. In beiden Fällen wird er durch die Kartengraphik beeinflusst. Tritt der Betrachter ohne konkrete Aufgabe an die Kartengraphik heran, so wird er durch diese geführt. Auch auf der Suche nach einer bestimmten Information wird der Betrachter durch die Darstellung beeinflusst, indem die Kartengraphik entweder unterstützend oder im ungünstigen Fall irritierend auf ihn wirkt.

Entwicklung

Seit 50 Jahren spielt die wahrnehmungstheoretische Untersuchung von Karten eine besondere Rolle in der Kartographie. Der Höhepunkt dieser Entwicklung lag in den 70er Jahren. [GILMARTIN 1992] belegt dies anhand der zahlreichen nordamerikanischen Publikationen (weit über 900) der letzten fünfundzwanzig Jahre. Eingeleitet von *Williams* (1954) und *Flannery* (1956) [CASTNER 1983; PETCHENIK 1983; TAYLOR 1983; MONTELLO 2002] beginnen anfänglich elementare Untersuchungen, gefolgt von wissenschaftlichen Studien zu einzelnen Kartensymbolen (low-level tasks) [e.g., CHANG 1977; VANECEK 1980], die später zu komplexeren Evaluationsverfahren für Kartengraphiken (high-level tasks) [BOLLMANN 1981; e.g., CASTNER et EASTMAN 1984; e.g., CHANG et al. 1985; BRODERSEN et al. 2002] erweitert werden.

Große Probleme bereitet die Aufstellung der richtigen Hypothese und damit verbunden die äquivalente Auswertung der gewonnenen Daten [PETCHENIK 1983]. So müssen objektive Untersuchungsmethoden entwickelt werden, die feststellen ob der Kartenbetrachter etwas aus der Darstellung lernen konnte.

Entwicklung im deutsch-sprachigen Raum

Eingeleitet durch [FREITAG 1971] und [HAKE 1973] flammte vor 30 Jahren auch im deutsch-sprachigen Raum das Interesse an Beiträgen zur internationalen Diskussion um die Kommunikationstheorie auf (s. Zitat in Abschn. 3.6). [BOLLMANN 1981] untersucht Wahrnehmungsverhalten in Bezug auf die Komplexität von Zeichenstrukturen. Zur Erzeugung eines realitätsnahen Interpretationsprozesses werden neben Kartenzeichen auch Kartenvorlagen evaluiert. Koch (1993) verfasst einen Überblick zur experimentellen Kartographie mit einer Zusammenstellung der bisherigen Ergebnisse und eröffnet darin zukunftsweisende Perspektiven der Kartographie [in: MONTELLO 2002]. Des Weiteren entstehen mehrere österreichische Forschungsarbeiten von [e.g., VANECEK 1980] und [e.g., ARNBERGER 1982, 1983]. Die erste kartographierelevante Studie [Grohmann (1973), in: ARNBERGER 1982] erscheint im Zusammenhang mit schulkartographischen Fragestellungen.

Erneuter Aufschwung in der Kognitionsforschung

Der Einzug von GIS schwächte das Interesse an wahrnehmungstheoretischer Forschung, sogar an der Kartographie im Allgemeinen. Einen großen Überblick über den Bereich der kognitiven und semiotischen Forschung bietet das Buch „*How Maps Work*“, verfasst von [MAC EACHREN 1995]. Ein weiterer Beweis der Wiederaufnahme der Thematik ist das Buch von [WOOD et KELLER (eds.) 1996]. Eine Reihe von Publikationen aus dem Jahre 1990 zeigt, dass die kartographische Kognitionsforschung wieder an Bedeutung gewinnt. Dabei sind methodische Fortschritte klar erkennbar. Der Trend geht weg von simplen psychologischen Techniken hin zu interdisziplinären Untersuchungen. Der Computer vereinfacht die Kartengestaltungsforschung (Vorbereitung, Erzeugen von Versuchskarten, Verwaltung von Daten, sowie die Sondierung von Zufallsergebnissen und automatisierte Auswertung). Die teuren und schwierigen Augenbewegungsmessungen sind nun leichter zu handhaben (schnelle Auswertung, gestützt von einer Fülle verfügbarer Methoden der Datenanalyse). Aktuell versucht man in weiteren Forschungsarbeiten, die Methoden der Augenbewegungsmessungen besser zu verstehen und die Kartendarstellung entsprechend zu modifizieren [BRODERSEN et al. 2002]. Die neuen Darstellungsformen (Animation, Ton, Video, Hypermedia, Virtuelle Realität etc.) erfordern

neue Techniken und wecken das Interesse an der Forschung [in: MONTELLO 2002].

Untersuchungsmethoden

Die optimale und zweckmäßige Gestaltung von Karten kann anhand der drei grundlegenden Kriterien: *Wahrheitsgehalt* der Information, *Sicherheit* und *Schnelligkeit* der Informationsperzeption erfasst werden [BRODERSON et al. 2002]. Diese Parameter versucht man durch empirische Versuchsreihen zu eruieren. Das methodische Vorgehen beinhaltet das Lösen bestimmter Aufgaben mit Hilfe von Karten. Augenbewegungsmessungen lassen Rückschlüsse auf das kognitive Prozessgeschehen bei der Wahrnehmung und Verarbeitung graphisch präsentierter, georäumlicher Informationen zu. Daneben kommen Methoden wie das „Laute Denken“ und verschiedene Formen der Personenbefragung zum Einsatz. Dadurch kann auf das aktive Wissen und dessen Veränderung im Laufe des Lernverfahrens geschlossen werden. Durch das Lösen von Aufgaben kann untersucht werden, ob die richtige Information gefunden wurde. So können Aussagen zum Wahrheitsgehalt der Karte und über die Schnelligkeit, mit der die Information aufgenommen wurde, getroffen werden. Die Auswertung der Augenbewegungsmessung gibt Aufschluss darüber, wie zielgerichtet der Proband die Aufgabe lösen kann. Auf diese Weise kann die Sicherheit der Informationsperzeption bewertet werden. Das „Laute-Denk-Protokoll“ legt die Bemühungen, Erfolge wie auch Misserfolge offen. Die Ergebnisse werden in einem Interview zusammengetragen [eg.: CASTNER 1983, CASTNER et EASTMAN 1984, CHANG et al. 1985, HEIDMANN 1996, BRODERSON et al. 2002].

Augenbewegungsmessungen

Es existieren mehrere Verfahren der Blickrichtungsregistrierung. [VANECEK 1980] nutzt für seine Untersuchungen das Elektrookulogramm (EOG). Die Elektrookulographie nutzt die physikalische Beschaffenheit des menschlichen Auges als „elektrischen Dipol“. Zwischen Retina und Cornea liegt ein Spannungspol; bedingt durch Blickrichtungsänderung kommt es zu Potenzialschwankungen, die als Folge von Augenbewegungen auftreten. [BRODERSON et al. 2002] wendet ein anderes Messprinzip an. Ein Infrarotstrahl wird auf das Auge des Probanden projiziert. Die Position des Lichtstrahls gegenüber

der Pupille wird in kurzen Intervallen (20 msec) von einer Minikamera dokumentiert. Gleichzeitig ist die absolute Position des Kopfes im Koordinatensystem bekannt. Translatorische und rotatorische Bewegungen werden durch ein Magnetfeld bestimmt. Die Koordinaten des betrachteten Bildpunktes auf der Karte lassen sich mit einer Genauigkeit von 2 mm ermitteln.

Die Augenbewegungsmessungen liefern Parameter über Fixationsdauer, Fixationsanzahl, Scanpfaddauer, Scanpfadlänge, sakkadische Augenbewegungen, Sakkadenamplitude, Schnittstellenabdeckung, Zielrückverfolgung und Blinzel­frequenz, die Rückschlüsse in Bezug auf die Hypothese zulassen [eg.: VANECEK 1980, CASTNER et EASTMAN 1984, CHANG et al. 1985, BRODERSON et al. 2002].

Augenbewegungsmessungen werden seit den 70er Jahren immer wieder in der Kartographie eingesetzt. Ihre Messung allein führt zu keinen verwertbaren Ergebnissen, sie müssen stets im Kontext mit anderen Verfahren betrachtet werden. Ein zukunftsweisender Durchbruch gelang bisher nicht.

3.6.2 Vermächtnis der Kognitionsforschung

Wie diffizil und kontextabhängig die Interpretation der wahrnehmungstheoretischen Untersuchungen von den jeweils vorliegenden Rahmenbedingungen sind, berichtet [CASTNER 1983]:

„Wenn aber (...) die Lösungen bisher nicht völlig zufriedenstellend waren, dann vielleicht deshalb, weil wir all die komplexen und gegenseitig abhängigen Faktoren in einem Prozess, der nicht nur die Karte, sondern auch den Kartenautor, den Kartennutzer und das Umfeld, in dem sich eine konkrete Aufgabe stellt, umfaßt, nicht vollständig berücksichtigt, definiert und formalisiert haben. (...) wir wissen immer noch nicht warum unter bestimmten Versuchsbedingungen ein bestimmtes Reizmerkmal vom Auge fixiert wird und welche Eigenschaften dieses Reizmerkmals im Vorfeld erkannt wurden und zu einer genaueren Betrachtung führten.“ [übersetzt aus dem Englischen: CASTNER 1983]

[EASTMAN et CASTNER 1983] weisen auch darauf hin, wie aufwendig die Bemühung nach Objektivierbarkeit der gewonnen Ergebnisse ist:

„Insgesamt scheint es eine Reihe von Ansätzen innerhalb der Erforschung der kartographischen Kommunikation zu geben, die erfolgsversprechend sind. Die Gedankengänge und Handlungsmuster beim Kartenlesen sind aber von solcher Komplexität, dass seine Formalisierung einen erheblichen Aufwand erfordern wird.“ [übersetzt aus dem Englischen: EASTMAN et CASTNER 1983]

[PETCHENIK 1983] kommt zu dem Schluß, dass die wissenschaftlichen Untersuchungen nicht mehr als wahrscheinlichkeitstheoretische Angaben sind, die auf das Verhalten einer bestimmten Benutzergruppe zutreffen. In ihrem Beitrag zeigt sie auf, dass die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen inkonsistent und stets kontextabhängig sind. Eine Änderung der Kartenaufgabe oder der Kartengestaltung des Testmaterials führt oft zu variablen Ergebnissen. Als weiteres Problem benennt sie die individuellen Unterschiede der Probanden (angeborene und experimentelle Faktoren). Psychologen betonen, dass der aktive Denkprozess, als Teil der Verhaltenspsychologie, mehr Beachtung finden muss.

Die meisten empirischen Untersuchungen mit quantifizierbarem Ergebnis beziehen sich auf einfache Problemstellungen (Figurenerkennung oder Größenperzeption). [OLSON 1983] ist im Gegensatz zu [PETCHENIK 1983] überzeugt, dass auch komplexe Probleme durch empirische Untersuchungen zugänglich sind, wenn man sie in analysierbare Einzelprobleme zerlegt. Ein weiteres Problem besteht darin, dass viele der traditionell verhafteten Kartographen abgeneigt sind, wissenschaftlich fundierte Ergebnisse anzuerkennen und in ihre Arbeiten einzubringen [PETCHENIK 1983; KRYGIER 1996].

3.6.3 Stagnation in der Praxis

Die topographische Karte

Die Gestaltungsrichtlinien der topographischen Karte basieren auf nationalen Standards. Diese Standards beruhen auf den Traditionen, die sich über einige Jahrhunderte entwickelt und gefestigt haben, woraus eine Festschreibung der allgemeinen Darstellungsmethoden in Musterblättern folgte. Die Musterblätter sind Konventionen, die die Signaturierung der topographischen Karten reglementieren. Der Inhalt und die Darstellung der topographischen Karte sind

nicht objektiv, sondern durch das Militär interessen­geleitet. Die Herstellung der topographischen Karten erfolgt im staatlichen Auftrag. Sie diente ursprünglich der umfassenden Dokumentation des Territoriums, wobei man weniger die zivile oder private Nutzung im Blick hatte. Die Gestaltung der topographischen Karte wurde, soweit bekannt, in Deutschland nie auf ihre Wirksamkeit hin untersucht. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die praktische Kartographie bereits mehrere Jahrhunderte zurück reicht, wohingegen die akademische Kartographie noch recht jung ist.

Trotzdem hat sich die Funktion der Karte im Laufe der Zeit gewandelt. Die DTK¹⁰, das jüngste Kartenprodukt der Landesvermessung, präsentiert sich mit einer neuartigen Kartengraphik. Als räumliche Dokumentation stellt sie nicht mehr alle Ergebnisse der Landesvermessung dar (diese werden im ATKIS¹¹ Basis-DLM vorgehalten), sondern gibt in Abhängigkeit vom Maßstab der Darstellung die jeweiligen Inhalte des Landschaftsmodells wieder. Ihre Kartengraphik ist insbesondere durch mehr Signaturen an Stelle von Schriftzusätzen und mehr Flächenfarben gekennzeichnet. So wird hier Farbe gezielt zur Differenzierung von Vegetationsflächen und Siedlungsflächen, zur Darstellung der Straßenklassifizierung sowie der Gestaltung von administrativen und natürlichen Grenzen angewendet. Der neue Zeichenschlüssel erscheint nicht mehr so differenziert wie der in alten Musterblättern, unter anderem deshalb, weil das Basis-DLM aktuell noch nicht vollständig erfaßt ist. Die Kartengraphik der DTK verbessert die Lesbarkeit durch inhaltliche Reduzierung gegenüber den alten topographischen Kartenwerken. Auch diese neuen Gestaltungsrichtlinien wurden mehr oder weniger subjektiv festgesetzt. Eine detaillierte Untersuchung in Bezug auf die kartographische Wahrnehmung erfolgte nicht.

Die thematische Karte

Thematische Karten bilden ein großes Spektrum an kartographischen Darstellungsmethoden. In manchen Ländern existieren Redaktionsanweisungen für thematische Karten, die das Äquivalent zur den Musterblättern der topographischen Karten widerspiegeln; z.B. ehemalige DDR (VEB Tourist-Verlag). Alle Festschreibungen (Farbe, Signatur, Schrift, Generalisierung etc.) werden extrem detailliert dokumentiert. Im Gegensatz zu diesen restriktiven Redak-

¹⁰DTK - Digitale Topographische Karte

¹¹ATKIS - Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem

tionsanweisungen verfügen weitaus mehr Länder über verlagsspezifische Konventionen. Diese werden von den jeweiligen Verlagen, die kartographische Produkte publizieren, herausgegeben. Diese Dokumentation ist meist sehr kurz gehalten und gewährt dem Kartenautor weitgehend freie Hand.

Aus kommerzieller Sicht besteht für die Verlage, wenn überhaupt, nur ein eingeschränktes Interesse ihre Produkte zu evaluieren. Dieser Umstand ist dadurch bedingt dass Karten erst erstellt werden müssen, bevor sie der wissenschaftlichen Analyse unterzogen werden können. Zeitliche und finanzielle Faktoren stehen der Neuerstellung auch bei der Ermittlung von Gestaltungsschwächen entgegen. Der Kunde schätzt die Kartenqualität nicht in dem Maße, dass er bereit ist, Versuchskarten einer publizierten Ausgabe zu kaufen, um sie bereits einige Monate später durch eine verbesserte überarbeitete Auflage zu ersetzen [PETCHENIK, 1983].

3.6.4 Erkenntnisse der Kognitionsforschung für die Kartographie

Alle bisher erfolgten Bestrebungen verfolgten das Ziel, Formen der prägnanten Darstellung, wenn bisher auch nur in elementarem, rudimentärem Versuchsaufbau, zu erfassen und daraus Erkenntnisse für die kartographische Darstellung abzuleiten.

Das Ergebnis der Interpretation von Karten hängt von der Art und dem Umfang verfügbaren Vorwissens und der individuellen Fähigkeit des Menschen ab, visuelle Informationen zu verknüpfen und zu verarbeiten. Dazu kommt das Problem der weitgehenden graphischen Gestaltungsfreiheit thematischer Karten durch den Kartenautor. Beispielsweise kann eine vorgegebene Objektart durch eine der sieben graphischen Variablen transkribiert werden. [BERTIN 1974] belegt diesen Sachverhalt durch folgende Worte:

„Um 100 Abbildungen ein und derselben Information zu konstruieren, braucht man nichts als Geduld. Aber bestimmte Abbildungen empfehlen sich durch ihre größere Prägnanz.“

Die intuitive kognitive Verarbeitung der Information spielt dabei eine bedeutende Rolle. Die Schwierigkeit des Verständnisses eines komplexen graphischen Gefüges liegt, neben der formalen Bildung der Kartenzeichen (Syntaktik) und

deren Bedeutung (Semantik), insbesondere im Problem der Wirkung (Pragmatik) der kartographischen Information auf den Betrachter und inwiefern die Karte Einfluss auf dessen Verhaltensweisen ausübt. Die Pragmatik umfasst das externe Problem der „allgemeinen Bildung“, der sogenannten Wissensbasis. Sie wird durch psychologische, soziologische und ökonomische Bedingungen sowie durch die individuelle und gesellschaftliche Situationen des Menschen beeinflusst.

„Karten haben etwas mit Bildung und Sozialisation zu tun.“
[SPERLING 1982]

Sollen Arbeitsvorgänge mit raumbezogenen Informationen durch Bildschirmkarten besser als bisher unterstützt werden, so müssen diese auf die kommunikativen Bedingungen des Darstellungsmediums ausgerichtet werden. Eine Karte, die gut gestaltet ist und zusätzlich verschiedene Medien zur Wissensvermittlung nutzt, bleibt länger im Gedächtnis des Betrachters erhalten. An dieser Stelle setzt das sprichwörtliche „Begreifen“ ein. Bisher gleichen leider viele Bildschirmkarten den traditionellen, herkömmlichen Lösungen und nutzen daher das Potential des neuen Mediums in Bezug auf prägnante Darstellung nicht aus. Bildschirmkarten sollten die kommunikativen Eigenschaften, die ihnen die Visualisierungsschnittstelle bietet, gezielt nutzen, denn nur klar gestaltete Karten vermitteln Informationen effizient und wecken Interesse sowie Vertrauen in ihren Wahrheitsgehalt. Die Gestaltung von Karten ist ein schwieriges Unterfangen, da ein Großteil der Karten auf Grund ihrer Thematik nur eine bestimmte Nutzergemeinschaft anspricht. Oft sind die dargestellten Informationen unzulänglich kodiert, somit schlecht oder kaum lesbar. Neuartige, auffällige Kartengestaltungen steigern die Aufmerksamkeit, fördern aber auch die Erwartungshaltung an das Produkt Bildschirmkarte. Eine Reglementierung ist schwer möglich, weil die Effizienz des graphischen Ausdrucks und die Nachhaltigkeit der Informationsübermittlung immer in Abhängigkeit zum Kartenthema stehen.

Schon in der Vergangenheit konnten sich wissenschaftliche Beiträge etablieren, deren praktische Anwendung nicht in Frage gestellt wurde. Als Beispiele dafür, führt [OLSON 1983] die für die Kartographie sehr bedeutenden Werke von *Bertin* (1973) und *Imhof* (1962) auf, obwohl die Erkenntnisse nie objektiv durch empirische Studien belegt wurden. Es gab aber auch Studien bei denen die Sachverhalte bereits bekannt waren, bevor die Wissenschaft sich um ihre

evidente Erforschung bemühte [OLSON 1983]. So war bereits bekannt, dass die Differenzierung der unterschiedlich großen Kreissignaturen von den Kartenbetrachtern immer unterschätzt wurden.

Einen weiteren Ansatz intuitiver Psychologie liefert der im Folgenden vorgestellte wissenschaftlich fundierte Beitrag von [DOBSON 1983]. Seine Untersuchungen bieten Parallelen zu den in Kapitel 5 und 6 der vorliegenden Arbeit vertretenen Thesen. Auch [DOBSON 1983] verfolgt eine offensichtlich sehr logische, intuitiv zugängliche Hypothese. Üblicherweise verwendet man in der thematischen Kartographie zur Transskription einer Objekteigenschaft eine graphische Variable. Davon ausgehend vertritt *Dobson* die These, dass der optische Reiz in Abhängigkeit von der Anzahl der eingesetzten Variablen gesteigert werden kann. So werden beispielsweise Mengen durch unterschiedlich große Kreissignaturen dargestellt. Es konnte gezeigt werden, dass die Informationsübermittlung durch Verwendung einer zusätzlichen redundanten Variable, in diesem Fall des Helligkeitswertes, beschleunigt werden konnte. Auf dieser These aufbauend kommt *Dobson* zum Schluss, dass ein Variablenmerkmal möglicherweise nicht zur Identifikation einer Information und deren Weiterverarbeitung ausreicht, da das Variablenmerkmal nicht über genügenden Signalcharakter verfügt, um die Aufmerksamkeits- und Gedächtnisschwierigkeiten zu überwinden.

Aus Sicht von [DOBSON 1983] ist die Verwendung redundanter Merkmale notwendig. Als Beispiel des realen Alltags führt er die Ampel auf, deren Stop-Signal durch einen eigenen Farbwert charakterisiert wird, zusätzlich ist dieses Licht größer als die anderen beiden Signallampen. Diese Ampeltypen findet man in Deutschland jedoch selten.

Die Anwendung zweier Reizmerkmale verbessert die Wahrnehmung und den dazu benötigten Zeitfaktor. Mehrere graphische Redundanzen verstärken die Aufmerksamkeit, reduzieren die Störungsanfälligkeit der Nachricht und erhöhen die Wahrscheinlichkeit der Interpretation der Vorlage. [DOBSON 1983] belegte seine Hypothese im Kontext von abgestuften Kreissignaturen. Das Ergebnis zeigte, dass redundante Reizmerkmale sowohl die Geschwindigkeit als auch die Fehlerfreiheit nachhaltig verbessern. Interessant ist hierbei, dass die Variable Helligkeit eine deutlich größere Rolle bei der Informationsperzeption spielt als die Variable Größe.

Der Effekt der Redundanz zweier gepaarter Variablen fördert die Effizienz der Darstellung durch einen „sehenderen“ Zugang (s. Abb. 2.1). Das Verfahren

erfordert einen adäquaten Umgang mit den graphischen Variablen, da eine Paarung von Größe und Farbe in diesem Kontext scheitert. Die Variable Farbe lässt keine ordinale Wahrnehmung zu.

In der konventionellen Kartographie wird die Anwendung graphischer Redundanzen als Darstellungsmethode nur verwendet, wenn sie der Transkription zweier Werte dient. Die moderne Kartographie hingegen, insbesondere die digitale Kartographie, nutzt die gepaarte Anwendung graphischer Variablen. Sie propagiert den Einsatz graphischer Redundanzen sogar, da diese bei der graphischen Kodierung eine Art der Überbestimmung erzeugen, die bei fachkundiger Anwendung, d.h. bei Kenntnis der wahrnehmungsbezogenen Wirkung der graphischen Variationen, die Dekodierung seitens des Kartennutzers vereinfachen kann. Die graphische Anreicherung zweier Merkmale an ein Kartenzeichen setzt stärkere optische Reize als die einfache Kodierung. Auf diese Weise spricht sie die subjektive Wahrnehmung des Betrachters an und kann damit Einfluss auf dessen Verhalten ausüben. Aus kommunikationstheoretischer Sicht bewirkt dieses bewusste Setzen von simultanen Stimulusmerkmalen eine Vereinfachung der pragmatischen Dimension zwischen Expedient und Perzipient.

Die Bildschirmkarten, die in den Kapiteln 5 und 6 vorgestellt werden, zeigen einen solchen simultanen Einsatz mehrerer graphischer Variationen angewendet auf ein Kartenzeichen. Allerdings mit dem Unterschied, dass eine benutzergesteuerte Interaktion eine Darstellungsänderung bewirkt.

Kapitel 4

Erweiterte Möglichkeiten der Bildschirmkarte

Moderne *kartographische Informationssysteme* erlauben dem Kartennutzer auf Inhalt und Gestaltung von Bildschirmkarten aktiv Einfluss zu nehmen. Die Änderungsmöglichkeiten richten sich nach dem entsprechenden Programmsystem. Die Interaktion findet dabei auf zweierlei Weise statt:

- Entweder navigiert der Nutzer mit der Maus durch eine zur Verfügung stehende Auswahl,
- oder er stellt eine Anfrage, auf die er ein Anfrageergebnis erhält.

Dabei kann das Kartenangebot in zwei Arten klassifiziert werden:

- Karten, die unabhängig von der Benutzeranfrage erstellt wurden und zur Verfügung stehen. **Supply driven** - Angebotsausrichtung.
- Karten, die nach erfolgter Nutzerabfrage automatisch generiert werden. **Demand driven** - Nachfrageausrichtung.

Die unabhängig von der Benutzeranfrage erzeugten interaktionsfähigen Karten, sogenannte *Clickable Maps*, stellten die ersten interaktiven Karten im Internet dar. Inzwischen bestimmt ein vielseitiges Angebot an Produkten und Distributionen den Markt, wobei Karten nun auch nach Bedarf erstellt werden können - *Maps on Demand*.

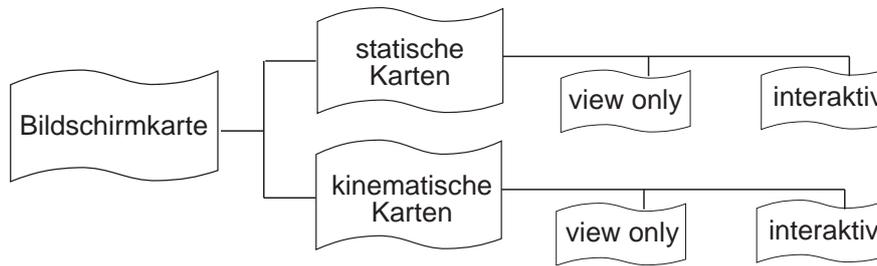


Abbildung 4.1: Klassifikation von Bildschirmkarten [nach KRAAK 2001].

Die Abbildung 4.1 zeigt die Klassifizierung von Bildschirmkarten nach [KRAAK 2001]. Kraak teilt die Bildschirmkarten in die Kategorien *statische* oder *kinematische Karten* ein. Außerdem differenziert er nach den Eigenschaften *zum Betrachten* (view only) oder *Interaktiv*.

- **Statische Betrachtungskarten** sind meist von analogen Vorlagen digitalisierte Rasterkarten oder auch speziell für das Internet erstellte statische Vektorgraphiken.
- **Statische interaktive Karten** basieren auf den gleichen Voraussetzungen wie statische Betrachtungskarten, zudem verfügen sie über zusätzliche Funktionen. Applets¹ ermöglichen Interaktionen in Karten, die über den Funktionsumfang des Browsers hinaus gehen. Neben den Applets existieren derzeit vor allem Umsetzungen in PDF², Flash und SVG³.
- **Kinematische Betrachtungskarten** verfügen über die Möglichkeit durch Interaktion eine Animation oder eine vergleichbare Sequenz von Bildern anzustoßen, deren Ablauf sich dann, ähnlich wie bei einem Film, nicht mehr beeinflussen lässt.
- **Kinematische interaktive Karten** sind besonders interessant, da sie benutzerorientiert visualisieren. Ein Beispiel dafür ist die Bewegung durch

¹Applets sind Programme, die von einem Server geladen und im Browser des Client ausgeführt werden.

²PDF - Portable Document Format

³SVG - Scalable Vector Graphics

eine kartenverwandte Darstellung in Gestalt eines dreidimensionalen Stadtmodells. Hier kann die aktuelle Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit jederzeit vom Benutzer interaktiv geändert werden.

Nicht nur im Bereich der Informationsvernetzung bietet die Bildschirmkarte Vorteile, sondern es ergeben sich auch neue Darstellungsmöglichkeiten durch die kinematische Visualisierung von georäumlichen Sachverhalten. So gewinnt die Animation als Ausdrucksmittel in Bildschirmkarten zunehmend an Bedeutung wie zahlreiche Veröffentlichungen der letzten Jahre im Bereich der kartographischen Animation [DRANSCH 1995; PETERSON 1995; BUZIEK 1997, 1999, 2001; BUZIEK et al. 2000] zeigen. Da die Bildschirmkarte ihre Darstellung als Funktion der Zeit ändern kann, bietet sie im Vergleich zur analogen Karte verbesserte Möglichkeiten bei der Darstellung der Dimension Zeit. So lassen sich raumzeitliche Veränderungen bestimmter thematischer geographischer Sachverhalte sehr anschaulich in einer Animation präsentieren.

Eine weitere Variante der Kartendarstellung, die durch den Bildschirm als Visualisierungsmedium überhaupt erst möglich wird, ist das kartographische 3D-Modell. Während die traditionelle Karte ihre Inhalte in senkrechter Parallelprojektion im Grundriss darstellt, präsentiert die Visualisierung dreidimensionaler Sachverhalte eine perspektivisch wirkende räumliche Darstellung der Kartenobjekte. Beide Darstellungen bilden die Objekte als zweidimensionale Rasterbilder ab. Die 3D-Karte beschreibt einen Sonderfall der kartographischen Visualisierung. Sie entspricht nicht mehr der Karte im klassischen Sinn, da Eigenschaften wie Maßstäblichkeit und Messbarkeit nicht mehr gegeben sind. Trotzdem hat sich der Begriff 3D-Karte zunehmend etabliert. Die vorliegende Arbeit fokussiert auf die effiziente Informationsübermittlung bei zweidimensionalen Karten. Daher wird die Darstellung dreidimensionaler Sachverhalte nur der Vollständigkeit halber in Abschnitt 4.4 erläutert.

Im Folgenden werden aktuelle Standardtechnologien, die häufig im Kontext von Bildschirmkarten zur Anwendung kommen, vorgestellt. Schließlich wird in Abschnitt 4.5 ein Überblick über die Methoden der interaktiven Änderung der Kartendarstellung und deren Einsatz zur effizienten Informationsvermittlung gegeben. Diese Methoden werden in den Kapiteln 5 und 6 detailliert anhand von zahlreichen Beispielen behandelt.

4.1 Vernetzte digitale Fachinformationen bei Bildschirmkarten im Internet

Neben den von analogen Vorlagen gescannten statischen Kartenprodukten im World Wide Web sind die *statisch interaktiven Karten* mit optionaler Zugriffsmöglichkeit auf vernetzte Geoinformationen durch Datenverlinkung bislang die am weitesten verbreitete Form kartographischer Visualisierung. Die Auswahl solcher vorgefertigter Karten, meist Rasterdaten, liegt oft nur in sehr eingeschränktem Maße vor. Diese Karten sind autorenkontrolliert; die benutzerspezifischen Bedürfnisse können nur grob befriedigt werden. Meist sind diese thematischen Karten an großen Benutzergruppen orientiert wie beispielsweise Wanderkarten oder Sonderkarten für touristische Zwecke. Häufig dienen sie auch als Navigationsportal, indem interaktiv über HotSpots⁴ auf speziell gekennzeichneten Kartenobjekten (z.B. regionale Sehenswürdigkeiten) weiterführende Objektinformationen abgerufen werden können. Solche Kartenobjektinformationen können als kleine Informationsboxen mit Text und Bild zur Karte eingeblendet oder in einem zusätzlichen HTML-Dokument dargestellt werden.

Die statisch interaktiven Karten lassen sich in folgende Kategorien gruppieren:

- Kartenzusatzinformationen über HotSpots (Hyperlinks)
- Strukturierung des Karteninhalts durch unterschiedliche thematische Ebenen
- Karteninhalt in unterschiedlichen Maßstabsbereichen (Maßstabspyramiden)
- Thematische Karteninformationen nach Nutzer und Bedarf

4.1.1 Kartenzusatzinformationen über HotSpots

HotSpots stellen eine technische Möglichkeit dar, um Hyperlinks in die Kartengraphik einzubetten. Auf diese Weise können Kartenzusatzinformationen (Text, Bild, Animation, Video etc.) aufgerufen und visualisiert werden.

⁴ Der *HotSpot* stellt ein Kartenzeichen oder ein Objektbereich innerhalb der Kartengraphik dar, dem ein Hyperlink hinterlegt ist.

Umsetzungen dieser Art findet man in kleinmaßstäbigen Übersichtskarten sowie in großmaßstäbigen Stadtplänen. HotSpots dienen der schnellen Informationsgewinnung über spezifische Kartenobjekte. Meist geben sie in Form von Kurzinformationen Auskunft über gewisse Objekte, beispielsweise Name der Autobahnanschlussstelle, der Raststätte, der Burg, der Stadt, der Kirche, des öffentlichen Gebäudes usw. Dabei können diese Informationen in Form von Texten und Bildern in die Graphik integriert, als kleine Fenster flexibel über der Kartengraphik positioniert oder in einem gesonderten HTML-Dokument präsentiert werden.

4.1.2 Karteninhalt in unterschiedlichen Ebenen

Bei dieser Präsentationsform können die einzelnen Ebenen der Karteninhalte vom Nutzer nach Bedarf einzeln oder überlagernd visualisiert werden. Die Reihung dieser Ebenen folgt einer festen Struktur; Änderungen dieser Struktur sind nicht vorgesehen.

Kartenebenen erleichtern die Orientierung im Raum. Ein Beispiel hierfür sind die thematischen Karten des *Atlas der Schweiz - Interaktiv* (2000). Sie setzen sich aus der Basiskarte und den unterschiedlichen Kartenebenen (Relief, Gewässer, Grenzen, Verkehrsnetz, Siedlungen) zusammen. Standardmäßig sind die drei Ebenen Relief, Gewässernetz und Grenzen eingeblendet. Optional können Verkehrsnetz (Straßen, Eisenbahn) und Siedlung eingeblendet werden (s. Abb. 4.2). Die Ebenen können in unterschiedlichen Kombinationen visualisiert werden.

Die Verwendung von Ebenen vermittelt eine klare Kartenstruktur und ermöglicht eine benutzerorientierte Informationsentnahme. Aus didaktischer Sicht scheint der Einsatz von Ebenen durchaus sinnvoll, da das Kartenthema hierarchisch in seine thematischen Inhalte gegliedert betrachtet werden kann. Der Betrachter kann sich mit den einzelnen thematischen Informationen auseinandersetzen. Sukzessive können die einzelnen analytischen Informationsebenen ein- und ausgeblendet werden. Die Grundstruktur der meisten Karteninhalte sieht eine Klassifizierung der einzelnen Ebenen in topographische Darstellung, administrative Einheiten und thematische Einheiten (z.B. Bevölkerung) vor, welche wiederum in detaillierte Ebenendarstellungen untergliedert werden können. Die Kartengraphik kann die Darstellung der kartographischen Information in dem Umfang ändern, den die optionale Ebenenauswahl vorgibt.



Abbildung 4.2: Ebenenstruktur im Atlas der Schweiz - Interaktiv (2000).

4.1.3 Karteninhalt in Maßstabspyramiden

Die Maßstabspyramide ist ein Mittel um den Nachteil der kleineren Kartenfläche bei Bildschirmkarten auszugleichen. Hier werden Karten unterschiedlicher Maßstäbe in Beziehung zu einander gesetzt. Kleinmaßstäbige Übersichtskarten erleichtern die Orientierung, während großmaßstäbige Karten detailliertere Objektinformationen bereitstellen. Die Kartengraphiken der unterschiedlichen Maßstabsbereiche können blattschnittfrei aus einzelnen Kartenblättern, die kachelartig angeordnet sind, zusammengesetzt werden. Meist sind diese digitalisierten entzerrten Kartenblätter aus analogen Kartenwerken abgeleitet. Die Navigation, beziehungsweise Vergrößerung, wird über die einzelnen Kartenblätter realisiert. Bei der stufenweisen Vergrößerung wird das gewählte

Kartenblatt durch ein Kartenblatt oder mehrere Kartenblätter eines größeren Maßstabsbereichs ersetzt. Die Maßstabsvergrößerung ist hierbei nicht flexibel, sondern an den graphischen Inhalt der Kartenblätter gebunden. Im Rahmen der Kartiergenauigkeit und der graphischen Dichte erscheinen mit größer werdendem Maßstabsbereich mehr Kartenzeichen und somit detailliertere Objektinformationen.

Die Abbildung 4.3 veranschaulicht das Prinzip der Maßstabspyramide. Der Karteninhalt wird bei jeder Vergrößerung als neue Kartenkachel dargestellt. Bild 4.3.a zeigt die kleinmaßstäbige Ausgangskarte, von der aus tiefer in die Karte hinein gezoomt werden kann. Bei Rasterdaten ist die Vergrößerung durch den nächstfolgenden Maßstab fest vorgegeben. Vektordaten könnten adaptiv kontinuierliches Vergrößern bei entsprechender Datenaufbereitung ermöglichen. In der letzten Stufe mit dem größten Maßstab (Bild 4.3.c) ist keine weitere Vergrößerung mehr möglich. An dieser Stelle kann der Karteninhalt wiederum über HotSpots verlinkt werden. Die Maßstabsübergänge können von Raster- zu Rasterdaten oder von Raster- zu Vektordaten implementiert werden. In beiden Fällen ist die Visualisierung der einzelnen Maßstabsbereiche fest definiert.

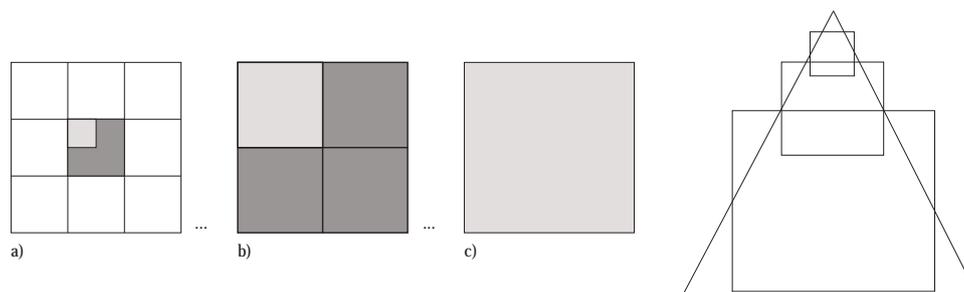


Abbildung 4.3: a) kleinmaßstäbige Karte, b) mittlerer Maßstabsbereich, c) großmaßstäbige Karte.

Eine solche Maßstabspyramide lässt sich aus den topographischen Kartenwerken der Landesvermessung realisieren. Eine Implementierung könnte die folgenden Kartenwerke umfassen: DGK⁵, TK⁶25, TK50, TK200, TK500.

⁵DGK - Deutsche Grundkarte

⁶TK - Topographische Karte

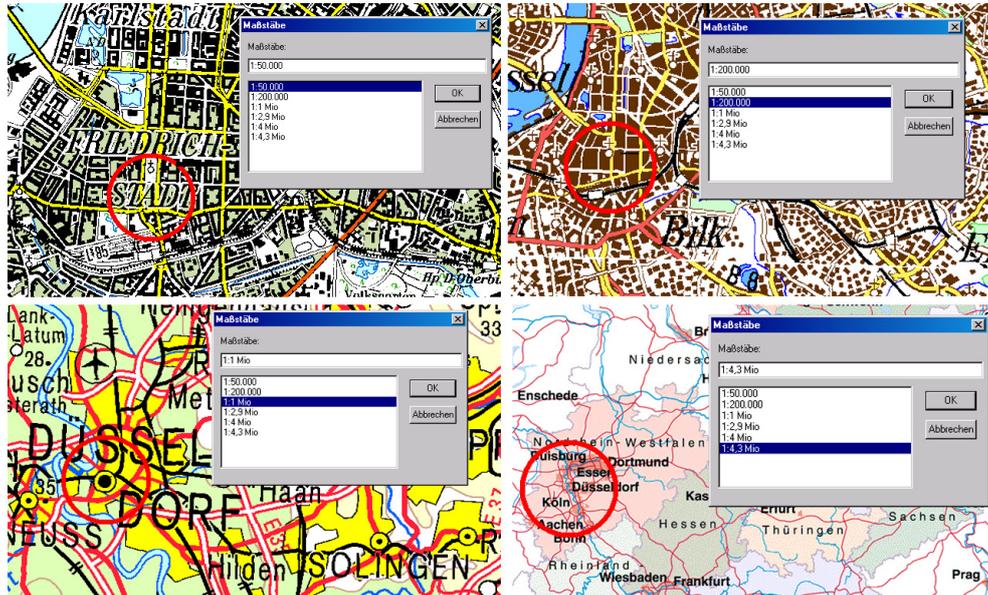


Abbildung 4.4: Maßstabsübergänge der Top50 NRW.

Die *Top50* des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen stellt ein solches elektronisches Kartenprodukt dar. Ihre digitalen Kartendarstellungen basieren auf den Rasterdaten der analogen topographischen Karten im Maßstab 1:50.000 (TK 50). Um dem Nutzer dieses Produkts eine bessere überregionale Orientierung zu bieten und die Ausschnittwahl zu vereinfachen, wird auf der CD zusätzlich die Topographische Übersichtskarte 1:200.000 (TÜK 200) und die Karte der Bundesrepublik Deutschland 1:1 Mio. geliefert. Die Kartenwerke sind über geographische Koordinaten miteinander verknüpft. Dadurch kann ein Maßstabswechsel realisiert werden, wobei der Bezugspunkt auf dem Bildschirm immer an der gleichen Stelle bleibt (s. Abb. 4.4).

Maßstabsübergang von Raster zu Raster

In den meisten Fällen basieren die Maßstabspyramiden auf Rasterdaten. Grund hierfür sind die vergleichsweise geringen Produktionskosten, da die analogen Kartenwerke bereits vorliegen und nur gescannt werden müssen. Die einzelnen gescannten Kartenblätter müssen zwar noch in den Randbereichen angepasst werden, damit sie zu einer großflächigen homogenen Rasterdatenkarte zusam-

mengefügt werden können, dies bedeutet aber nur einen Bruchteil der Arbeit, die durch eine vektorielle Erfassung entstehen würde.

Maßstabsübergang von Raster zu Vektor

Maßstabspyramiden aus Vektordaten sind prinzipiell möglich, allerdings erfordern sie einen höheren technischen Aufwand und eine gut aufbereitete integrierte Datenbasis, so dass sie bisher nur aus wissenschaftlicher Sicht interessant sind. Vektordaten erlauben ein kontinuierliches Vergrößern. Das Problem des adaptiven Zoomens besteht in der Anpassung der graphischen Dichte an den jeweiligen individuellen Maßstabsbereich. Für jede Maßstabszahl muss auch in Abhängigkeit von der Kartengeometrie Art und Umfang der Darstellung der Kartengraphik (z.B. Einzelhausdarstellung oder Siedlungsflächen) erneut durch rechnerinterne Routinen festgelegt werden. Ein Beispiel für adaptives Zoomen findet man bei Kartendarstellungen der Fahrzeugnavigationssysteme. Meist als Topogrammdarstellung realisiert, richtet sich die Inhaltsdichte nach dem jeweiligen Maßstabsbereich.

Die Umsetzung einer Maßstabspyramide, deren letzte Stufe eine Vektorkarte ist, könnte beispielsweise die Visualisierung eines Stadtplans sein. Der Vorteil besteht darin, dass diese Karte stark vergrößert werden kann und die graphische Darstellung immer über eine gute graphische Auflösung verfügt.

4.1.4 Thematische Karteninformationen nach Nutzer und Bedarf

Karten, die thematische Informationen nach Nutzer und Bedarf anbieten, sind statisch interaktive Karten, die Nutzerinteraktionen zur Änderungen der Visualisierung in eingeschränktem Umfang unterstützen.

Vordefinierte thematische Interaktion

Statisch interaktive Karten mit der Bestimmung, mehrere thematische Inhalte zu visualisieren, sind bei der Darstellung der einzelnen Parameter nur bedingt flexibel. Oft werden die jeweiligen Visualisierungsergebnisse aus einer internen, fest angebundenen Datenbank generiert. Der Nutzer kann bei solchen Karten

optional ein Kartenthema aus einer Reihe von vordefinierten Themenbereichen auswählen. Des Weiteren hat er die Möglichkeit, bei statistischen Analysen die Diagrammdarstellung sowie sinnvolle Klassenbreiten für das zu visualisierende Thema zu bestimmen. Meist stehen dem Nutzer auch Farbprofile als graphische Gestaltungsmittel für die anschließende Kartenvisualisierung zur Verfügung. Die Geometrie der Kartenobjekte bleibt unverändert.

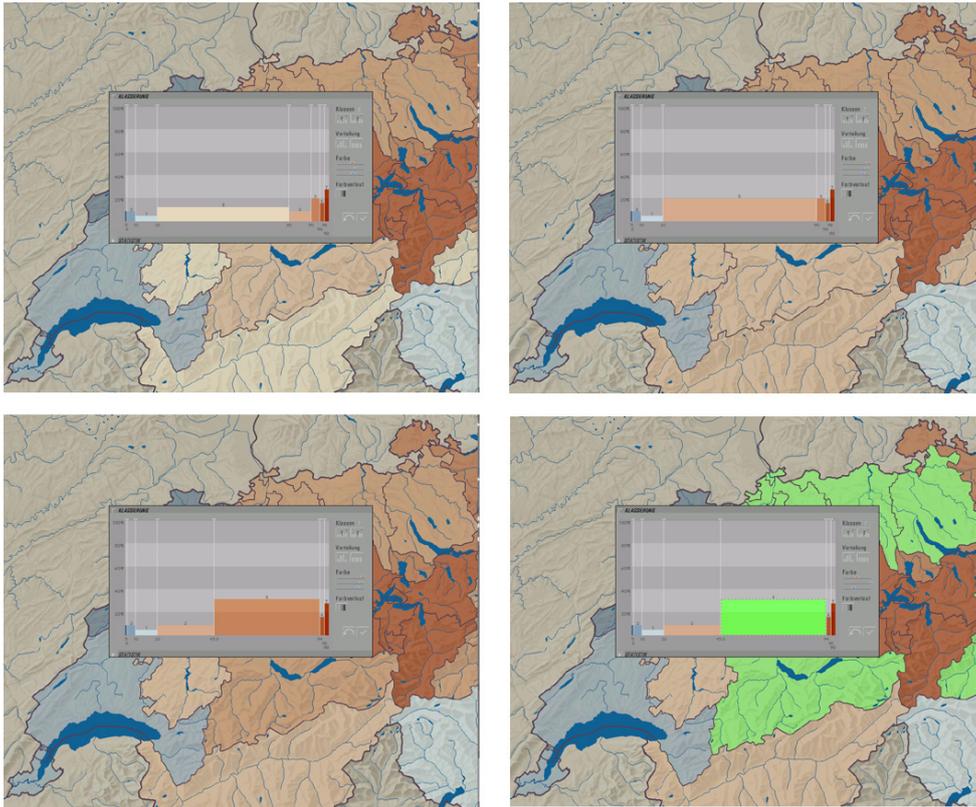


Abbildung 4.5: Interaktive Klassifizierung der Daten am Beispiel des Atlas der Schweiz - Interaktiv (2000). Oben links) Ausgangskarte; oben rechts) Objektart entfernt; unten links) Klassenbreite variiert; unten rechts) Farbänderung.

Der *Atlas der Schweiz - Interaktiv* (2000) ermöglicht unter anderem diese Funktionalität. In einem Klassifizierungsfenster können die Daten des Histogramms interaktiv manipuliert werden. Durch Hinzufügen oder Weglassen einzelner

oder mehrerer Klassen oder durch Quantilenbildung⁷ werden die Daten neu klassifiziert und dementsprechend visualisiert. Zudem kann jeder Klasse eine neue Farbdarstellung zugewiesen werden (s. Abb. 4.5). Solche Kartenprodukte sind darauf ausgelegt, dem Nutzer eine intensive Beschäftigung mit den angebotenen Themen zu erleichtern. In einem vorgegebenen Rahmen ermöglichen sie dem Nutzer die interaktive Einflussnahme auf die Gestaltung der Kartengraphik.

Graphische Nutzerinteraktion

Manche Karten bieten optional die Funktionalität der *graphischen Nutzerinteraktion* an. Die Abbildung 4.6 zeigt die graphische Nutzerinteraktion der Top50 NRW auf der Kartengrundlage der TK50. Graphische Darstellungen, z.B. Wanderrouen, Anfahrtsskizzen, Signaturen, individuelle Beschriftungen etc., können in übergeordneten Ebenen, sogenannten Overlays, lokal verwaltet werden.

4.2 Zugriff auf Bildschirmkarten über das Internet

Das Hauptwerkzeug für die Darstellung der Inhalte die durch das Internet verfügbar sind, ist der sogenannte Webbrowser. Er dient auch zur Navigation durch das Informationsangebot. Der Zugriff auf Kartendaten erfolgt, indem durch den Browser mittels der URL⁸ eine kodierte Anfrage über einem Webserver an einen Kartenserver (Mapserver) geschickt wird. Das Ergebnis der kartographischen Visualisierung wird an den Webserver zurück gesendet und im Browser des Nutzers dargestellt. Der Zugriff auf die Karteninformationen kann realisiert werden:

- über **einfache Verlinkung**. Dabei werden unabhängig von einer Benutzeranfrage bereits erstellte Karten von einem Kartenserver abgerufen und visualisiert.

⁷Bei der *Quantilenbildung* werden die Klassengrenzen so gewählt, dass die Klassenhäufigkeiten ungefähr gleich breit sind.

⁸URL -Unified Resource Locator, bezeichnet die Adresse unter der eine Information im Internet abgerufen werden kann.

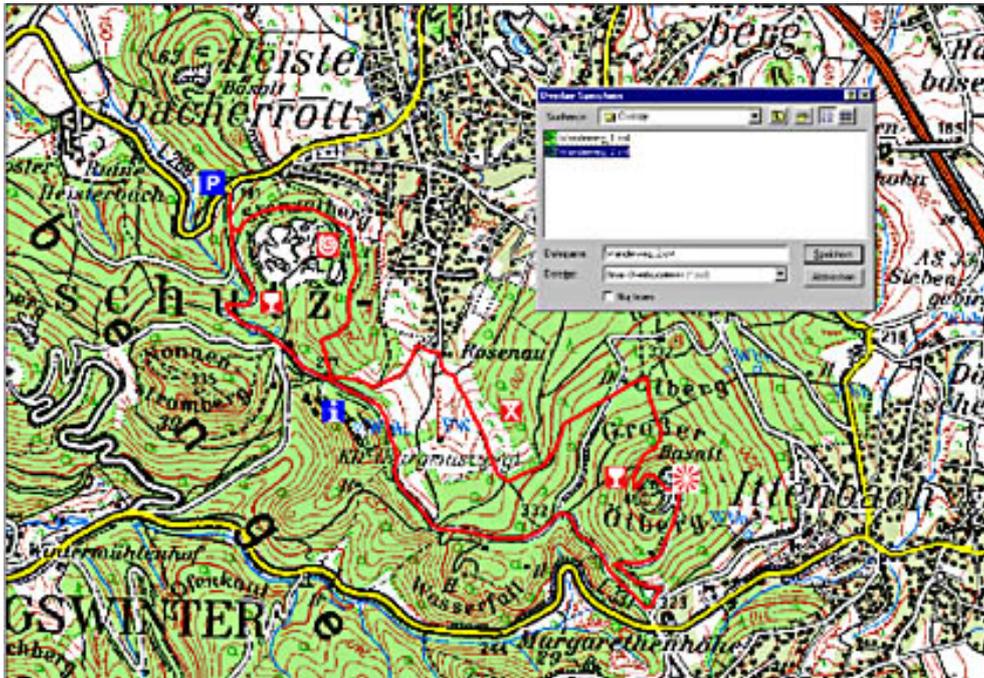


Abbildung 4.6: Graphische Darstellung auf Grundlage der TK50 am Beispiel der Top50 NRW. Hier können durch den Nutzer erstellte Overlays als Zusatzinformation gespeichert werden.

- mittels **Servlet-Technologie**⁹. Hier wird über dynamische Internetportale eine Anfrage an die Datenbank eines Geo-Informationssystems übermittelt. Die Karte entsteht als Anfrageergebnis.

Die Abbildung 4.7 veranschaulicht den Zugriff auf Bildschirmkarten. Die Kartenserver können in Hardware, aber auch in Software unterschieden werden, wobei die softwareseitigen Kartenserver weiter in statische Kartenserver, Visualisierungs-Kartenserver, Interaktiver Kartenserver, Online-GIS, Geodatenserver und Funktionsserver klassifiziert werden.

- *Statische Kartenserver* verwalten meist von analogen Vorlagen gescannte Rasterdaten aus einem Kontingent vorgefertigter Kartenwerke. Um die

⁹ *Servlets* sind in Java programmierte Module, die die anfrage- und antwortorientierte serverseitige Kommunikation erweitern.

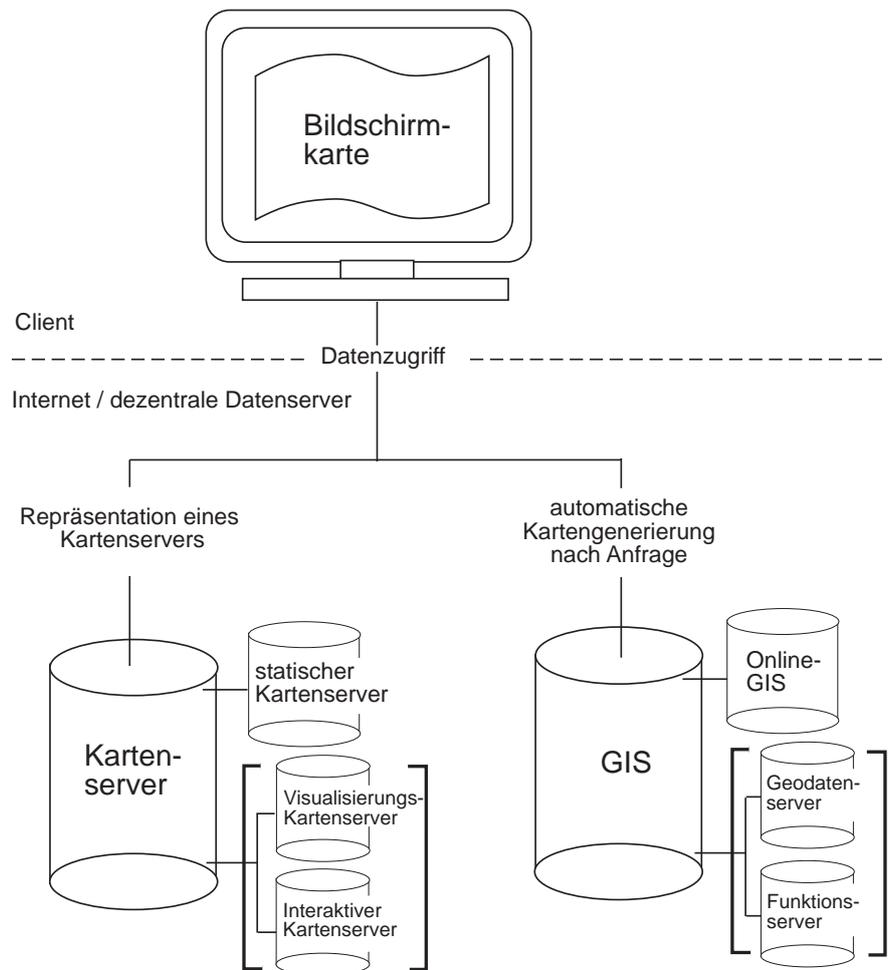


Abbildung 4.7: Zugriffsmöglichkeiten auf Bildschirmkarten.

Bereitstellung von verteilten heterogenen Kartendaten über ein einziges Portal zu ermöglichen, müssen entsprechende Standards eingehalten werden. Der *Web Map Service* (WMS) - Standard des *Open GIS Consortium* (OGC) spezifiziert hierzu drei Protokolle für den Abruf von Karten, Metadaten zu den Karten und Kartenobjektinformationen [BEAUJARDIÈRE 2002].

- *Visualisierungs-Kartenserver* entsprechen einer Software-Lösung ohne GIS-Anbindung. Die Basisfunktionen dienen in erster Linie der Umsetzung und der kartographischen Visualisierung von Geodaten über das Internet. Bei Anfragen werden die Karten nach kartographischen Regeln und Vorschriften neu erstellt.
- *Interaktive Kartenserver* erstellen Karten nach benutzerdefinierten Eingaben und kartographisch definierten Regelwerken sowie Vorschriften.
- *Online-GIS* bieten die flexibelste Form der Realisierung von georäumlichen Informationen im Internet. Der Funktionsumfang von Online-GIS reicht von der bedarfsgesteuerten Nutzeranfrage bis zur automatischen Generierung und Visualisierung der kartographischen Anfrage.
- Der *Geodaten-Server* stellt raumbezogene Daten zur Weiterverarbeitung bereit. Um die Interoperabilität von Geodaten zu gewährleisten gibt es aktuell Normungsbestrebungen die beim OGC gebündelt sind. Von besonderer Bedeutung ist hier der Standard GML¹⁰ 3.0, der ein aus dem XML¹¹-Standard abgeleitetes ASCII-Format für den Austausch von Geodaten über das Internet, darstellt.
- *GIS-Funktions-Server* ermöglichen den räumlich entfernten Zugriff auf die Funktionen eines Server-GIS. Die Analyse-Ergebnisse werden in der Regel ohne Visualisierungsmöglichkeiten als Dateien zur lokalen Bearbeitung an den Client zurückgereicht.

Geoinformationssysteme (GIS) bieten auf Grund ihrer dialog-orientierten Kommunikation eine hohe Flexibilität in der graphischen Gestaltung von Karten. Bisher wird das Visualisierungspotential der Geoinformationssysteme von den

¹⁰GML - Geographic Markup Language

¹¹XML - Extensible Markup Language

Herstellern nur rudimentär bereitgestellt. Die Aussagekraft einer georäumlichen Darstellung am Bildschirm und deren Effizienz bei der Exploration und Analyse als visuelle Entscheidungsgrundlage von thematischen Sachverhalten, wird dabei stark unterschätzt.

4.3 Geoinformationssysteme und Servlet-Technologie

Geoinformationssysteme (GIS) dienen der Exploration und Organisation (Erfassung, Speicherung, Prüfung, Manipulation, Integration, Analyse und Visualisierung) von raumbezogenen Daten. GIS bestehen aus räumlich adressierbaren Datenbanken und einer darauf abgestimmten Anwendungssoftware. Sie ermöglichen die flexible Lösung komplexer georäumlicher Planungs- und Managementaufgaben. Den Datenzugriff übers Internet auf ein GIS realisiert man heutzutage durch *Servlet-Technologie*. Sie spiegelt den Stand der aktuellen Technik und somit den aktuellen Sicherheitsstandard der Web-Technologie wieder.

Die Servlet-Technologie ist speziell auf die Verwendung des World Wide Webs als Basistechnik ausgerichtet. Servlets dienen als Schnittstelle bei der Kommunikation zwischen Client und verteilten serverseitigen Anwendungen. Als einzige standardisierte und bekannte clientseitige Schnittstelle dient der Webbrowser. Den formalen Ablauf einer clientseitigen Anfrage an eine Anwendung durch Servlets skizziert die Abbildung 4.8. Im Client läuft der Webbrowser als Präsentationsprogramm für webbasierte Anwendungen. Der Zugriff auf ein Servlet wird über ein Web-Formular im Browser des Clients realisiert. Der Benutzer schickt das Formular per Mausklick an den Webserver. Dieser erkennt, dass es sich um den Aufruf eines Servlets handelt und ruft per Servlet-Engine das ausgewählte Servlet auf. Die Servlet-Engine ist die zentrale Komponente zur Ausführung von Servlets. Meist obliegt dem Servlet die Aufgabe, die über HTTP¹² übertragenen Parameter in ein festgesetztes Format zu transkribieren, das der Anwendung, beispielsweise dem GIS, verständlich ist. Die Anwendung erhält den Aufruf, führt die gewünschte Programmfunktion aus und gibt das Ergebnis an das Servlet zurück. Das Servlet kodiert wiederum die Information in HTML und schickt das Web-Dokument an den Client, der das erhaltene Dokument im Browser-Fenster visualisiert. Eine weitere Möglichkeit besteht

¹²HTTP - Textbasiertes Transportprotokoll für Hypertextdokumente.

darin, dass die Anwendung (z.B. ein GIS) das Anfrage-Ergebnis in einem bestimmten Verzeichnisbaum ablegt und dem Client ein HTML-Dokument mit einem Verweis auf das entsprechende Ergebnis schickt (s. Abb. 4.8).

Typische Anwendungen in diesem Zusammenhang sind Datenbankanwendungen, bei denen dem Benutzer ein Web-Formular zur Verfügung steht, über das er verschiedene Datenbankanfragen eingeben kann.

4.4 Visualisierung dreidimensionaler Sachverhalte

Die perspektivische Visualisierung dreidimensionaler Sachverhalte ist eine Sonderform der kartographischen Darstellung. Als zweidimensionales digitales Trägermedium ermöglicht der Bildschirm die abstrahierte perspektivische Darstellung von dreidimensionalen, raumbezogenen Objekten der Realwelt (z.B. 3D-Stadtmodell, 3D-Topographische Karte) sowie die Darstellung dreidimensionaler Datenbestände (z.B. DHM¹³, DGM¹⁴). Dabei kommen unterschiedliche technische Realisationen zum Einsatz.

Die perspektivische Visualisierung gewährt eine hohe Anschaulichkeit dreidimensionaler, georäumlicher Sachverhalte. Sie dient zur Orientierung und Navigation in Modellen und unterstützt die Explanatation (Erklärung), Exploration (Erkundung) und Kognition (Erkennung) geographischer Sachverhalte. Die zu visualisierenden Objekte werden georeferenziert vorgehalten und können bei Bedarf in das entsprechende Bezugssystem transformiert werden. Die Geometrie wird meist in einem dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem abgebildet. In solchen georäumlichen Modellen können über entsprechende Parameter auch Texturen und Schatteneffekte visualisiert werden. Zudem besteht die Möglichkeit der freien Navigation innerhalb des Modells. Über die Anbindung weiterer Daten und Medien lassen sich Anfrageoperationen und Zugangsportale für weiterführende Informationen realisieren.

Seit den 90er Jahren spielen sich weitgreifende Veränderungen in der Kartographie ab. So geht die Entwicklung weg von den analog statischen Papierkarten hin zu den digital kinematisch interaktiven Bildschirmkarten. Immer häufiger wird dabei die kinematische und interaktive perspektivische Gestaltung zur

¹³DHM - Digitales Höhenmodell

¹⁴DGM - Digitales Geländemodell

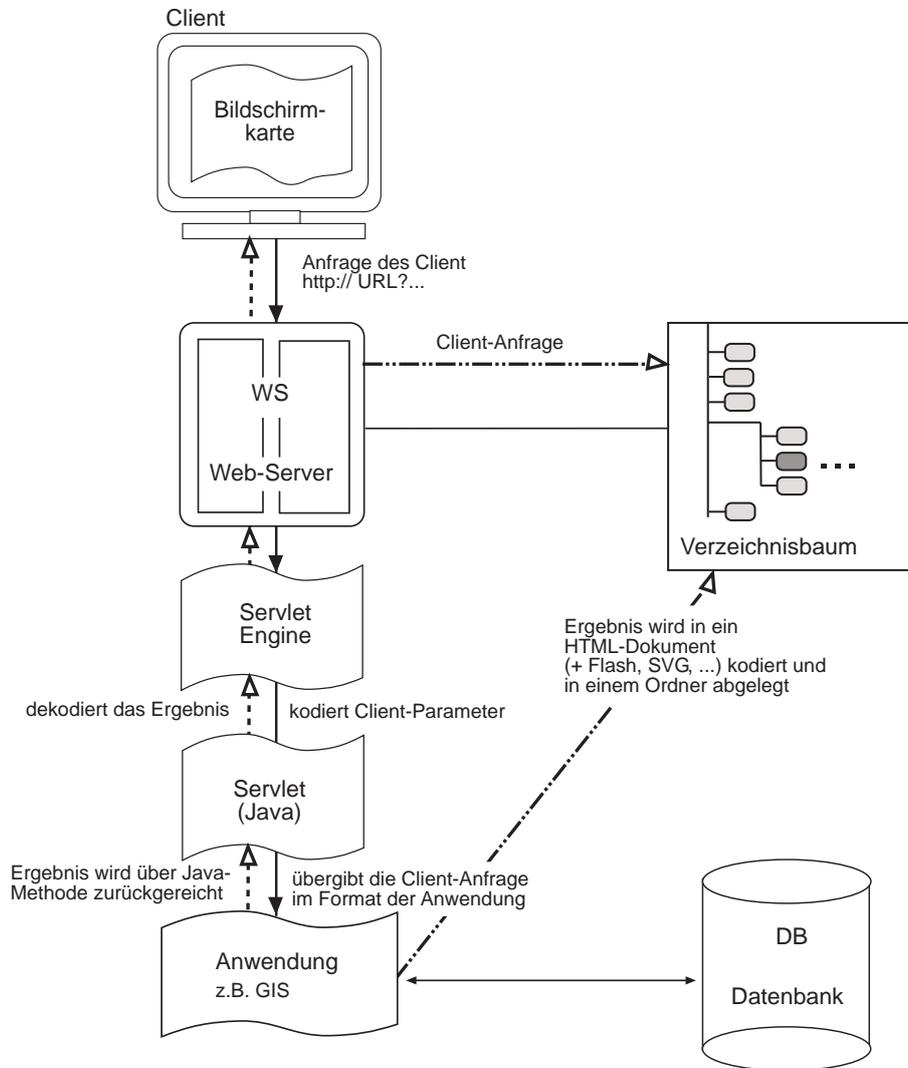


Abbildung 4.8: Servlet-Technologie.

Darstellung von dreidimensionalen Sachverhalten angewendet. In diesem Zusammenhang hat sich VRML¹⁵ als internationaler Standard für die webbasierte Betrachtung von 3D-Modellen etabliert. VRML ist plattformunabhängig, offen zugänglich und gut dokumentiert. Neben einem clientseitigen Browser benötigt der Nutzer ein zusätzliches Plugin. Die Chancen und Möglichkeiten von VRML sind aktuell ein viel diskutiertes Thema [ZEDI 2001]. [SCHWANSON 1999] weist darauf hin, dass die größten Hürden auf dem Weg zur 3D-Karte konzeptueller und nicht technischer Natur sind. Durch Java-Technologie lassen sich die Möglichkeiten von VRML erweitern. GeoVRML soll die Einsatzmöglichkeiten für kartographische Anwendungen verbessern [MOORE 1999]. Einen allgemeinen Überblick über die technischen Aspekte der Virtual-Reality vermitteln [OLBRICH et PRALLE 2001]. [PATTERSON 1999; KRAAK 2001; RASE 2003] befassen sich mit der Gestaltung dreidimensionaler Karten. [PATTERSON 1999] beschreibt Techniken für das Design anspruchsvoller 3D-Karten, für deren Anwendung der Kartograph über zusätzliches Fachwissen im Bereich der dreidimensionalen Visualisierung verfügen muss. [KRAAK 2001] geht auf die unterschiedlichen Typen der dreidimensionalen Visualisierung ein, wie z.B. digitale Geländemodelle oder dreidimensionale thematische Darstellungen in Gestalt von Prismen auf administrativen oder geometrischen Bezugsflächen. Aktuell werden vielfältige Anwendungsgebiete für die 3D-Visualisierung erprobt. Sie wird beispielsweise für Planungszwecke (z.B. im Baulückenkataster) eingesetzt. Dass auch andere Nutzungen möglich sind zeigen [MUNDLE et HURNI 2001]. In ihrem Beitrag stellen sie die Nutzung einer Online-3-D-Plattform mit Datenbankbindung für das touristische Auskunftssystem der griechischen Halbinsel Methana vor. Die Dissertation von [TERRIBILINI 2001] befasst sich mit der Entwicklung von Arbeitsabläufen zur automatischen Erstellung von interaktiv vektorbasierten Topographischen 3D-Karten¹⁶.

In der Kartographie dient der ISO-Standard VRML vor allem der Modellierung virtueller Landschaften. Allerdings unterstützt VRML die geospezifischen Besonderheiten wie beispielsweise die Bereitstellung unterschiedlicher Koordinatensysteme bisher nur unzureichend. Daher wurde GeoVRML, eine Er-

¹⁵VRML - Virtual Reality Modelling Language

¹⁶„Eine Topographische 3D-Karte ist eine dreidimensional wirkende Darstellung natürlicher, künstlicher und abstrakter Erscheinungsformen eines Ausschnittes der Erdoberfläche (Siedlungen, Verkehrswege, Geländeformen, Vegetation, usw.), wobei der Inhalt nach kartographischen Regeln generalisiert und symbolisiert wird. Betrachterstandort, Blickrichtung, Blickwinkel und Projektionsart sind frei wählbar.“ [TERRIBILINI 2001]

weiterung mit speziellen georäumlichen Funktionen entwickelt. Auch bei Java existieren Erweiterungen, die die Entwicklung interaktiver, dreidimensionaler Graphikanwendungen unterstützen. So kommt seit kurzem Java3D zum Einsatz.

4.5 Interaktive Änderung der Kartendarstellung

Durch den Einsatz der interaktiven Darstellungsänderung kann die Effizienz der Informationsübermittlung erheblich gesteigert werden. Hierzu werden in den folgenden Kapiteln zahlreiche Beispiele angeführt und diskutiert. Die Abbildung 4.9 bietet einen Überblick über die untersuchten Methoden einer effizienteren Visualisierung der kartographischen Information, die in den Kapiteln 5 und 6 beschrieben werden. Im Gegensatz zu den in den Abschnitten 4.1, 4.3 und 4.4 beschriebenen Techniken bleiben hier Inhalt und Geometrie der Kartengraphik unberührt, lediglich die Darstellungsmerkmale werden durch Interaktion geändert. Eine grobe Klassifizierung der Methoden wurde hinsichtlich der Möglichkeit des interaktiven Zugangs, der entweder über die *interaktive Legende* oder über die *interaktive Kartengraphik* erfolgen kann, vorgenommen. Die interaktive Legende bietet den Zugang über den Zeichenschlüssel einer Objektart. Der Einstieg in die interaktive Kartengraphik erfolgt über das Kartenobjekt. In beiden Fällen löst die Interaktion eine Darstellungsänderung durch das zeitabhängige Visualisieren von graphisch redundanten Merkmalen aus. Des Weiteren wird zwischen den Techniken der Interaktion und Animation differenziert. Um die effizienteren Darstellungsformen losgelöst aus dem Kontext komplexer Kartengraphiken zu bewerten, werden die untersuchten Methoden in die graphischen Grundprimitive, in spezielle thematische Darstellungen und kartographische Animationen zur Darstellung von Sachverhalten mit und ohne Zeitbezug systematisiert. Für jedes Grundprimitivum gelten andere kartographische Gesetzmäßigkeiten, so dass die inhaltliche Trennung in die einzelnen Grundprimitiva günstigere Voraussetzungen zur Analyse von Darstellungsmethoden bietet.

Um Vergleichsoptionen zu schaffen, wurden die Bildschirmkarten aus analogen kartographischen Vorlagen generiert. Dabei handelt es sich um zweidimensionale thematische Darstellungen wie beispielsweise Topogramme und Kartogramme. Zur technischen Umsetzung wurde ein Datenformat gesucht, das den Anforderungen der Informationsplattform Internet genügt. Voraussetzung ist

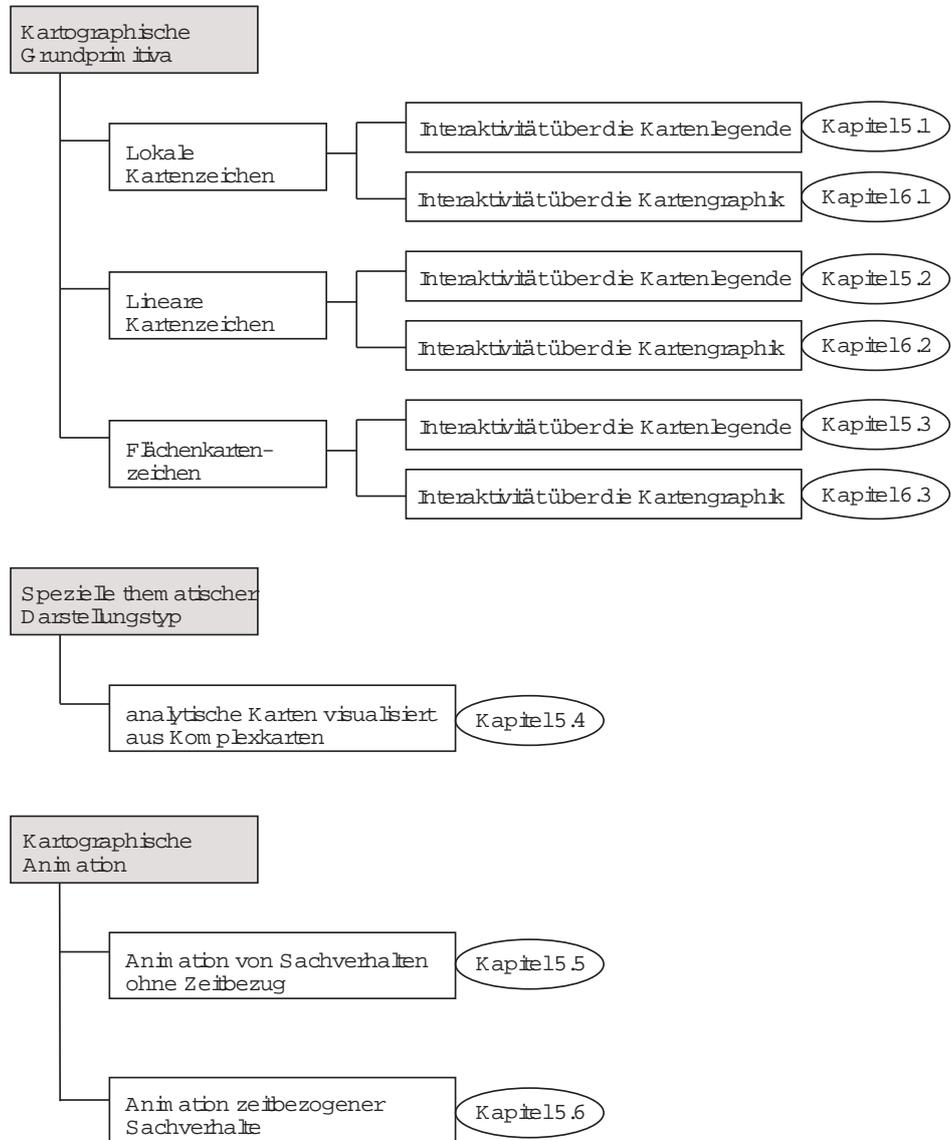


Abbildung 4.9: Systematischer Überblick über die Möglichkeiten zur interaktiven Änderung der kartographischen Darstellung.

die zügige Visualisierung von Graphiken im Internetbrowser und eine bedarfs-gesteuerte Manipulation. Rasterdatenformate scheiden hier aus. Lösungen sind Vektordatenformate wie das XML-Derivat SVG¹⁷. Vektorformate ermöglichen eine kontinuierliche Größenänderung ohne Qualitätsverlust sowie die Erzeugung eines kompakten Datenformats, das schnell über das Netz übertragen und am Bildschirm visualisiert werden kann. Seit Ende 1999 ist SVG der neue, vielversprechende offene Standard, der vom *World Wide Web Consortium* (W3C) entwickelt und empfohlen wird. SVG beschreibt die zweidimensionale Graphik mit Hilfe der graphischen Primitive (Rechteck, Kreis, Ellipse, Linie, Polylinie und Polygon). Die einzelnen Objekte lassen sich über entsprechende Parameter manipulieren. Dazu zählen spezifizierte, zeitbasierte Veränderungen an Objekten: Bewegung entlang vordefinierter Pfade, Größenänderung, Farbvariation, spezielle Filtereffekte, Metadaten etc. Aus kartographischer Sicht verfügt SVG über vorteilhafte Eigenschaften, wie Kompatibilität zum XML-Standard, Stylesheets (CSS), Interaktivität, Animation, eingebettete Schriften und Antialiasing der gesamten Graphik oder einzelner Objekte. Um SVG-Graphiken darzustellen ist bislang ein Plugin erforderlich.

Für jede der in Abbildung 4.9 aufgeführten Methoden zur effizienteren Gestaltung raumbezogener Sachverhalte wird der Einsatz der graphischen Variablen im Kontext des jeweiligen Grundprimitivums in den folgenden Kapiteln 5 und 6 beurteilt. Durch die aufgeführten Kapitelreferenzen ist gekennzeichnet, an welcher Stelle die Methoden der einzelnen Darstellungstypen diskutiert werden.

Die Aufnahme und Übertragung der kartographischen Nachrichten in kognitive Gedächtnismodelle des Kartennutzers funktioniert nur selten ungestört. Durch redundante graphische Darstellungsmerkmale werden visuelle Stimuli (Reize) gesetzt, die Kommunikationsstörungen beseitigen können. Die Mensch-Computer-Interaktion der Bildschirmkarte eröffnet dem Bereich der kartographischen Kommunikation neue Möglichkeiten. Durch den konkreten Handlungskontext der Interaktion können die Darstellungsmerkmale der Kartenobjekte in Bezug auf die Visualisierung der Information geändert werden. Die Konzeption und Gestaltung der Mensch-Computer-Interaktion erfordert daher eine umfassende Analyse des Anwendungsbereiches sowie die Berücksichtigung kognitiver Erkenntnisse der menschlichen Informationsverarbeitung [DRANSCH 1997]. Dabei kann die Interaktion ein Hilfsmittel zur Unterstützung der indivi-

¹⁷SVG - Scalable Vector Graphics

duellen kartographischen Wissensbildung durch individuelle motorische Aktion sein [BUZIEK 1997].

Neben der technischen Umsetzung stand das Problem, den wahrnehmungstheoretischen Nachweis für die effizientere Kommunikationsvermittlung von Bildschirmkarten zu erbringen. Das bedeutet unter Nutzung redundanter Stimuli, im Kontext der Variablen Veränderung, die kartographische Nachricht schneller und möglichst störungsfrei zu übermitteln. Da die Steigerung der Effizienz objektiv nur mit hohem Aufwand gemessen und belegt werden kann, wurden die Beispiele so gewählt, dass eine Effizienzsteigerung für den Betrachter nachvollziehbar ist, ohne dass hierfür ein genaues Maß festgelegt werden kann. Überflüssige Darstellungsmittel, die von den Zielvorstellungen der untersuchten interaktiven Methode ablenken, gilt es zu vermeiden. Bei der Evaluation spricht man von Reizvorlagen, die entsprechend den Interpretationszielen strukturiert werden. Das bedeutet, dass die Merkmalsausprägung der Zeichen durch Einschränkung der Darstellungstypen bewusst gering gewählt ist, damit der Wahrnehmungsprozess hinsichtlich der wahrgenommenen Informationsmenge sowie deren Struktur erleichtert wird. So wird der Zeitfaktor bezüglich der Dekodierung der kartographischen Information reduziert. Durch Reduktion der Kartenkomplexität lässt sich die Effizienzsteigerung der angewendeten Methoden der Informationsübermittlung und so der Mehrwert von Bildschirmkarten gegenüber dem analogen Produkt eindeutig herausstellen. Dabei ist Effizienzsteigerung der Bildschirmkarten in dem Maße signifikant, indem sie von jedem Betrachter eindeutig wahrgenommen wird. Sie spiegelt sich im Zeitfaktor der Informationsdekodierung wieder. Durch welchen Wert sich die Effizienzsteigerung ausdrücken lässt und welches Darstellungsmittel das prägnanteste ist, können nur empirische Studien ermitteln. Trotzdem ist die signifikante Effizienzsteigerung der kartographischen Informationsperzeption durch Bildschirmkarten nachvollziehbar. Die Diskussion der aufgezeigten Beispiele erfolgt auf der Grundlage kartographischen Fachwissens. Auf eine empirische Evaluation der Beispiele wurde verzichtet, da Fachleute aus dem Bereich der Kognitionsforschung in der Kartographie die Übertragbarkeit von Untersuchungsergebnissen auf andere Fragestellungen stark bezweifeln [VANECEK 1980; Castner 1983; Petchenik 1983; MacEachren 1995; MONTELLO 2002]. Der Abschnitt 3.6 bietet einen Einblick in den Stand, die Entwicklung und die Verfahren sowie die bisher gewonnenen Ergebnisse der Kognitionsforschung in der Kartographie.

Gestaltet sich die Evaluation der Prägnanz analoger Karten schon kompliziert genug, so darf für die Bewertung von Bildschirmkarten, die von den erweiterten graphischen Darstellungsformen Gebrauch machen, je nach Komplexität noch ein deutlich höherer Schwierigkeitsgrad angenommen werden. In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus darauf, „Karten vorzustellen“, durch welche die Informationen signifikant besser und effizienter übermittelt werden als durch die statisch analoge Karte. Hierbei wird ähnlich wie in *Bertins* Monographie verfahren. Darin beschreibt *Bertin*, wie man Karten entwirft, die in der Lage sind, effizient mit ihrem Betrachter zu kommunizieren. Seine Monographie bietet ein vortreffliches Beispiel der Anwendung von intuitiver Psychologie, wobei die kognitive Theorie lediglich marginal vertreten ist.

Die erweiterten Zeichenvariationen der Bildschirmkarte lassen sich im Druck, also analog, nicht ausreichend anschaulich darstellen. Daher sind die besprochenen Beispiele auf CD oder im Internet unter http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/landw_fak/2005/ellsiepen_iris/bsp/index.html, verfügbar. Die Abbildungen der Druckversion versuchen, die Veränderung in Form von Bildsequenzen zu verdeutlichen.

Kapitel 5

Interaktive Kartenlegende

„Die Legende ist der Schlüssel zur Karte.“ [FREITAG 1987]

Bei der Kartenerstellung transkribiert der Expedient die zu übermittelnde geographische Information als abstrahierte Projektion der Realwelt. Die Karte bildet den Kanal, der die zweidimensionale Grundrissinformation zwischen Expedient und Perzipient transportiert. Der Perzipient dekodiert die kartographische Nachricht, indem er die Informationen analysiert und ein mentales kartographisches Modell (Tertiärmodell) bildet, das Rückschlüsse auf die Realwelt zulässt. Die Legende hilft bei der Entschlüsselung der in der Karte verwendeten, kodierten Realweltobjekte. Störeinflüsse können so vermieden werden. Die Information erschließt sich nur in seltenen Fällen allein aus der Kartengraphik. Daher genießt die Legende einen besonderen Stellenwert bei der Kartengestaltung und Interpretation. Als Zeichenerklärung dient sie der begrifflichen Erläuterung der in einer Karte oder Graphik dargestellten lokalen Kartenzeichen, linearen Kartenzeichen und Flächenkartenzeichen. Aus der Sicht der Semiotik transkribiert die Legende die semantischen Beziehungen zwischen den Kartenzeichen und deren Bedeutung (Erläuterung). Damit sich der Kartenbetrachter schnell zurecht findet, müssen ihre Inhalte (Zweck, Funktionsweise, Anforderungen und Elemente) in klar strukturierter Form vorliegen.

Der Begriff der Legende stammt aus dem lateinischen Ursprungswort *legenda* und bedeutet „das zu Lesende“. In der Kartographie dient sie als Synonym für *Zeichenerklärung* [IMHOF 1972]. Der Zeichenschlüssel beinhaltet die

vollständige Wiedergabe aller für das Verständnis der Kartenthematik notwendigen Kartenzeichen, so dass die entsprechenden Elemente der Karte erkannt und differenziert werden können. Die Zeichen werden den Begriffen in der Legende eindeutig zugeordnet. Die Kartenlegende sollte an die Zielgruppe beziehungsweise an die Erfahrung der Nutzer angepasst sein. Darüber hinaus sollten innerhalb eines Kartenwerkes gleiche Phänomene immer auf gleiche Weise gestaltet werden; gleiche Darstellung für gleiche Inhalte.

Die historische Entwicklung der Kartenlegende, als Dokumentation der Zeichen in Karten, ist auf das 18. Jahrhundert zurückzuführen. Die Einführung einer Legende wurde aus vielfältigen Gründen notwendig [FREITAG 1987]:

- In Karten wurden immer mehr georäumliche Objekte dokumentiert, die nicht mehr unmittelbar nur als ikonische Zeichen, sondern zunehmend auch als subjektiv gewählte, beliebige Zeichen den thematischen Sachverhalten Ausdruck verliehen; z.B. Bergbau, Gewerbebetriebe.
- Es existierten Bestrebungen nach einheitlicher Darstellung in der Karte. Die anschaulichen, ikonischen Zeichen wurden durch symbolhafte Zeichen für Gattungsbegriffe abgelöst.
- Zeitgleich trat die Entwicklung der kommerziellen Kartographie in Erscheinung. Durch Vereinfachung und Standardisierung konnten die Herstellungskosten eingedämmt werden, und aus Absatzerwägungen wurden die Kartenzeichen unter dem Fokus einer einfachen und verständlichen Lesbarkeit entwickelt.
- Zudem existierten großmaßstäbige Kartierungen in Form von vielblättrigen Kartenwerken, die einer verbindlichen Festlegung, im Sinne eines Regelwerks, bedurften.

Aus heutiger Sicht war *Bertin* der Erste, der die Brisanz der Kartenlegende erkannte und ihr daher einen besonderen Stellenwert einräumte [FREITAG 1987]. Bis heute ist die Kartenlegende mehr als nur eine Randangabe - sie bildet den Schlüssel zur Information.

Mit dem Medium der Bildschirmkarte ändert sich nun die Aufgabe der Informationsübermittlung durch die Legende. Aus informationstheoretischer Sicht ermöglicht die Legende auf Grund der erweiterten Möglichkeiten durch Interaktion und Animation eine andere Form des Informationszugangs. Der Nutzer

kann durch Interaktion über den spezifischen Zeichenschlüssel der Kartenlegende Funktionen aufrufen, die die graphische Darstellung der in Relation stehenden Kartenzeichen innerhalb der Kartengraphik ändern. Über die Legende kann der Kartennutzer Darstellung und Inhalt einer Karte beeinflussen. Die interaktive Bildschirmkarte ermöglicht die Selektion von Kartenzeichen und den Aufruf verknüpfter Medien.

Im Internet findet man Implementationen von Karten, die ohne integrierte Legende visualisiert sind. Oft kann die Legende aber optional in einem Zusatzfenster eingeblendet werden. Besonders in Verbindung mit dem Internet wird die Legende als primärer Bestandteil einer Karte für Betrachter ohne fachlichen Hintergrund nahezu unverzichtbar. Sie bildet den Schlüssel zur Information. Die Legende sollte immer in direkter Verbindung mit der Kartengraphik visualisiert werden.

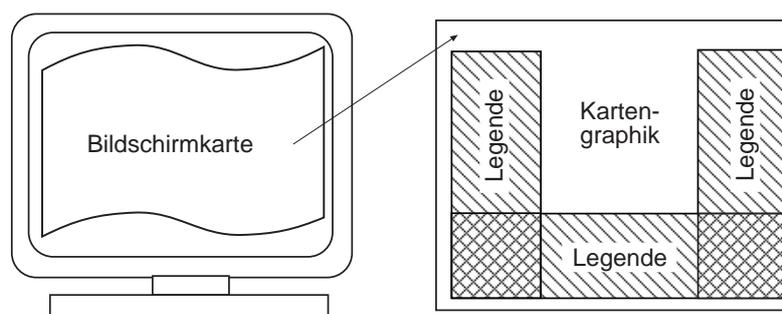


Abbildung 5.1: Optionale Positionierungsbereiche für die Kartenlegende.

Abbildung 5.1 zeigt mögliche Positionierungsbereiche, innerhalb derer die Legende angeordnet werden kann. Aus Gründen der ergonomischen Benutzerführung sollte die Legende seitlich angeordnet werden, da dies den Nutzergewohnheiten entspricht. Rechtshänder bevorzugen sicherlich die rechtsbündige Anordnung, um den Mauszeiger nicht über die gesamte Bildfläche führen zu müssen. Eine Anordnung der Legende unterhalb der Kartengraphik ist für den Standardfall eines Bildschirms mit dem Seitenverhältnis 4:3 wegen der ohnehin schon kürzeren Vertikalausdehnung für die meisten Darstellungen weniger geeignet.

5.1 Lokale Kartenzeichen

„Das für die Kartographie typische, originale und bedeutendste zusammengesetzte Zeichen ist die Signatur (das Kartenzeichen).“
[HAKE et al. 2002]

Kartenzeichen sind mehr oder weniger stark abstrahierte Zeichen, die die geographische Realität abbilden. Dabei werden qualitative Aussagen von Kartenzeichen (z.B. Ortschaft, administrative Grenzen, Nutzungsarten) durch die Variation nach Farbe, Form oder Richtung¹ transkribiert. Teilweise kodieren Kartenzeichen auch quantitative Aussagen (z.B. Einwohnerzahl), die durch eine weitere informationstragende Variable (sekundäres Merkmal) wie beispielsweise durch Variation nach Größe, Tonwert, Form oder Muster verkörpert werden. Kartenzeichen sind die wichtigsten Gestaltungsmittel der Kartographie. Sie treten allein oder in Kombination mit anderen Gestaltungsmitteln auf.

Lokale Kartenzeichen, oft auch als lokale, punkthafte oder punktförmige *Signaturen* bezeichnet, dienen der Wiedergabe von Kartenobjekten, die im jeweiligen Kartenmaßstab nicht mehr bildhaft im Grundriss dargestellt werden. Ihre Darstellungsmerkmale können von assoziativ-bildhaft bis hin zu abstrakt-geometrisch reichen.

Die multimediale Visualisierungsschnittstelle Bildschirm ermöglicht durch Interaktion eine Änderung der graphischen Merkmale bestimmter Kartenzeichen und damit der kartographischen Darstellung. So können einzelne Kartenzeichen oder auch alle Kartenzeichen einer Objektart für einen kurzen Zeitraum in ihrer graphischen Gestalt geändert präsentiert werden. Der Interaktionszugang wird hierbei über die Kartenlegende realisiert, wodurch die auf den jeweiligen Signaturierungsschlüssel in der Legende bezogene Objektart angesteuert wird. Dabei können zwei Visualisierungstechniken, die *interaktiv-statische Darstellungsänderung von Kartenzeichen* und die *interaktiv-animierten Kartenzeichen*, unterschieden werden. Beide unterliegen dem Prinzip der Aufmerksamkeitsförderung durch gezieltes Setzen optischer Reize, indem die graphische Gestalt von Kartenzeichen und somit auch die Kartographie unter Beibehaltung der Geometrie für den Zeitraum einer Interaktion graphisch geändert visualisiert werden. Ziel ist die Hilfestellung und Förderung beim Aufbau mentaler Kartenmodelle. Die Darstellungsprinzipien erhöhen die Aufmerksamkeit

¹In Anlehnung an *Robinsons* Ansatz (s. Abschn. 3.3.5).

des Betrachters durch die wahrnehmbaren graphischen Änderungen der kartographischen Darstellung. Sie fordern den Betrachter zum unmittelbaren rekapitulieren des soeben wahrgenommenen, visualisierten Phänomens auf. Die Information prägt sich besser ein und es wird ein erstes Interesse geweckt, was zum weiteren Untersuchen der dargestellten Thematik ermuntert. Dieser Aspekt ist insbesondere im Zusammenhang mit im Internet publizierten Karten, sogenannten Web Maps, wichtig, da der unbedarfte Internetanwender Webkarten nur wenige Sekunden oder drei Mausklicke lang seine Aufmerksamkeit schenkt [MENG 2001]. Gelingt es nicht, die Aufmerksamkeit des Betrachters zu akquirieren, hat die Karte im originären Sinn ihren Zweck verfehlt und ihre Berechtigung im Internet verloren.

5.1.1 Interaktiv-statische Darstellungsänderung lokaler Kartenzeichen

Die interaktiv-statische graphische Darstellungsänderung einzelner Kartenzeichen bleibt solange aktiviert, wie der Mauszeiger auf dem maussensitiven Bereich, der die Interaktion auslöst, ruht. Da dieser nutzerbestimmte Zeitraum keinerlei temporaler Einschränkung unterliegt, kann man in diesem Kontext von einer *quasistatischen Visualisierungstechnik* sprechen. Die quasistatische Visualisierungstechnik unterstützt die individuelle, visuelle Exploration der georäumlichen Information.

Abbildung 5.2 zeigt die Umsetzung einer analogen, analytisch thematischen Kartengraphik mit der Thematik „Milcherzeugnisse in der Landwirtschaft“ als Bildschirmkarte. Die Interaktion ist im Zeichenschlüssel der hierarchisch strukturierten, quantitativ klassifizierten, lokalen Objektarten realisiert. Die Abbildungen verdeutlichen das quasistatische Konzept der Visualisierung durch Variation der Farbe bei temporärer Nutzerinteraktion. Die Kartengraphik versetzt den Nutzer in die Lage, Kartenzeichen auf Grund der angewendeten graphischen Darstellungsänderung zeitnah visuell zuzuordnen. Diese Technik ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Zuordnung der Kartenzeichen zum Signaturenschlüssel schwierig ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die dargestellte Thematik eine große Anzahl von Objektarten erfordert, die in ihrer Größenperzeption nur schwer zu differenzieren sind. So unterstützt die selektive Wahrnehmung der Variablen Größe nur die Bildung von vier bis fünf Objektarten [BERTIN 1982], deren Anzahl in thematischen Darstellungen aber oft

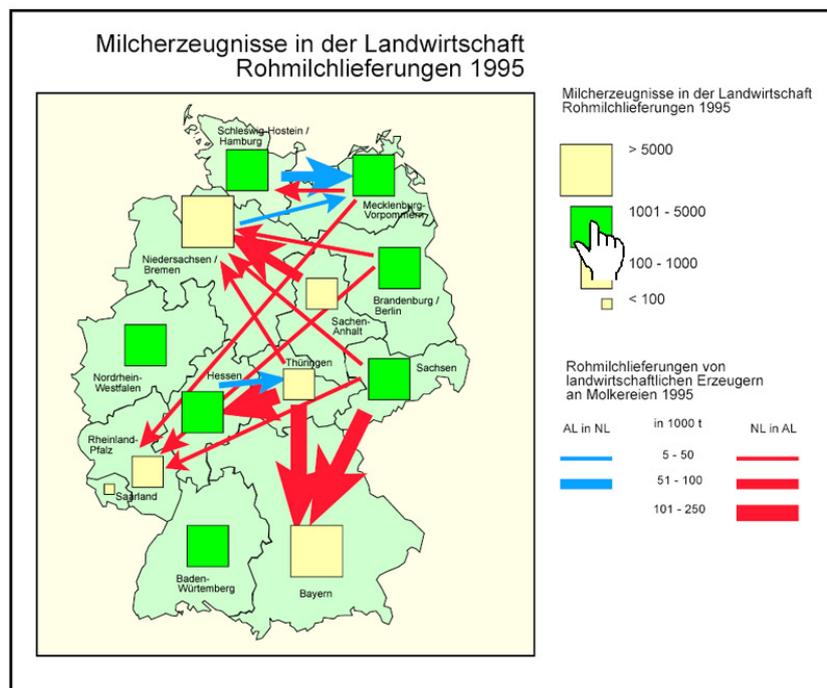
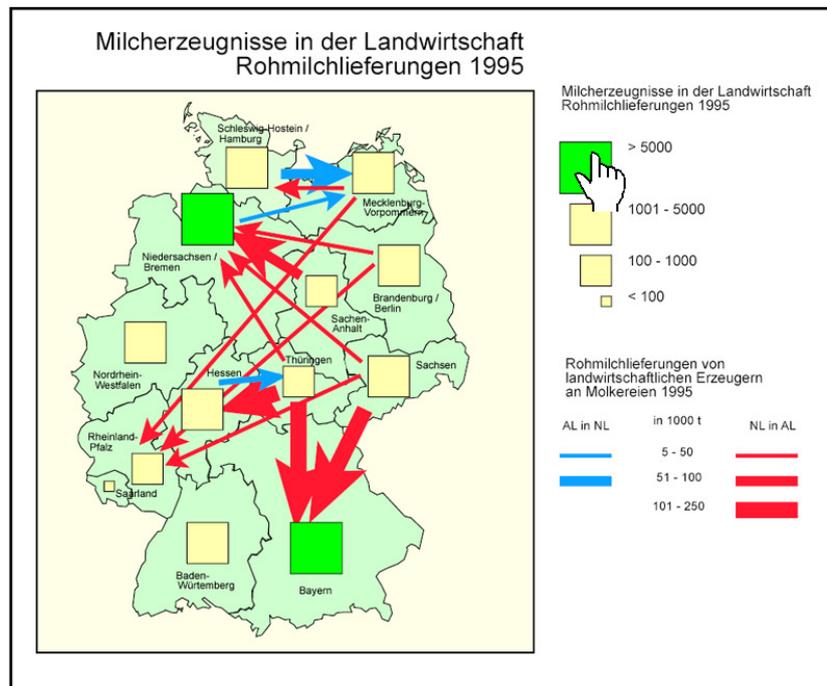


Abbildung 5.2: Interaktiv-statische Darstellungsänderung lokaler Kartenzeichen. -
[Interaktives Web-Beispiel 1]

überschritten wird. Die interaktiv-statische Darstellungsänderung fördert die assoziative Wahrnehmung der Kartenzeichen einer Objektart. Auf Grund der Zeitunabhängigkeit lassen sich einzelne Kartenzeichen selektiv und perzeptiv isoliert betrachten. Diese Methode kartographischer Visualisierung unterstützt in besonderem Maße die Aufgaben der Analyse wie das Auszählen und Bewerten von Kartenzeichen. Die Legende fungiert bei dieser Art der Realisierung als spontane Übersetzungshilfe, wobei die Informationen objektartgebunden transportiert werden (s. Abb. 5.2)². Die interaktiv-statische Darstellungsänderung ermöglicht zudem durch mehrmaliges Überstreifen des maussensitiven Zeichenschlüssels der Objektarten bei annähernd gleichmäßiger Frequenz den Effekt von interaktiv-animierten Kartenzeichen. Die Dauer und die Periodizität lassen sich flexibel steuern. Die temporäre Darstellungsänderung ermöglicht dem Nutzer eine effizientere Informationsperzeption.

Im Weiteren Verlauf dieses Kapitels werden die graphischen Variablen aus Abschnitt 3.3.6 bezüglich ihrer Eignung im Kontext der interaktiv-statischen graphischen Darstellungsänderung am Beispiel lokaler Kartenzeichen diskutiert.

Bewertung der graphischen Darstellungen

Generell ist die Festlegung eines Bewertungsrahmens schwierig, da der Einsatz von graphischen Variablen hier unter der Prämisse der Interaktion jeweils in Analogie zu der transkribierten Thematik zu werten ist. Die Interaktion eröffnet Darstellungsänderungen von Teilaspekten der Kartengraphik. Durch die Anwendung geeigneter graphischer Variablen auf bestimmte Kartenzeichen kann die Effizienz der Informationsübermittlung, bezüglich ihrer Aussage über die geographischen Sachverhalte, deutlich gesteigert werden. In Abbildung 5.2 erfolgt die Transkription der quantitativen Eigenschaften der lokalen Objektarten durch in Größe differenzierte Quadrate. In diesem Fall sollte die Darstellungsänderung nicht durch Änderung der Objektgröße erfolgen, da sie die hierarchische Ordnung, die Größenperzeption der Kartenzeichen missachtet und somit die Lesbarkeit der Karte gegenüber der originären Darstellung deutlich verschlechtert. Eine Farbvariation scheint hier das geeignetere Darstellungsmittel zu sein, da es die Aufmerksamkeit fördert und die perzeptive Wahrnehmung

²Die im Folgenden vorgestellten Visualisierungstechniken lassen sich in der Druckversion dieser Arbeit nicht ausreichend anschaulich darstellen. Daher sind die Beispiele auf CD und im Internet unter http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/landw_fak/2005/ellsiepen_iris/bsp/index.html abrufbar.

verbessert. Werden hingegen qualitative oder ordinale Eigenschaften von lokalen Kartenzeichen einheitlicher Gestaltgröße durch Farb- oder Helligkeitswerte transkribiert, dann unterstützt die Größenänderung ein schnelles Auffinden dieser Kartenzeichen. Hierbei fördert eine Größenänderung die Sichtbarkeit der Kartenzeichen durch optische Gewichtung und damit die Effizienz der Informationsübermittlung.

Prinzipiell verbessert eine temporäre Größenänderung der Darstellungsobjekte deren optische Wahrnehmung. Bei den interaktiv-statisch betonten Visualisierungsformen ist die Variation der Größe am sinnvollsten in Kombination mit Farbe anzuwenden. Der Effekt einer einfachen quasistatischen Größenänderung kann leicht im Zusammenhang mit anderen thematischen Kartenzeichen gleicher oder ähnlicher graphischer Darstellung, insbesondere einer anderen Objektart der gleichen thematischen Komponente, übersehen werden.

Farbänderungen lassen sich perzeptiv gut wahrnehmen, sofern sie sich deutlich von der Kartengraphik abgrenzen. Farben mit signalisierendem Charakter scheinen besonders gut geeignet, wenn es darum geht die Darstellung aller Objektarten nacheinander in demselben Farbton zu ändern. Der Betrachter wird in diesem Fall für einen speziellen Farbton sensibilisiert und erfasst die damit einhergehende Information in aller Regel sehr schnell und sicher, auch in Bereichen großer graphischer Dichte. Die Farbwahl sollte im Kontext mit der Kartenthematik abgestimmt werden oder keinen Bezug zu dieser aufweisen. Assoziationen in Bezug auf die visualisierte Information einer einzelnen Objektart müssen vermieden werden. Helligkeits- und Sättigungswertänderungen eignen sich bei der interaktiv-statischen Darstellungsänderung von Kartenzeichen nur partiell, beispielsweise für die Transformation in einen Vollfarbton. Einen Sonderfall beschreibt die sekundäre Variable Transparenz. Sie umfasst die Änderung der primären dreigeteilten Variable Farbe. Die Transparenz wirkt in Abhängigkeit von den darunter liegenden Kartenzeichen und dem Kartengrund. Transparenzeffekte wirken interessant und innovativ. Neben der Darstellung von Informationsunsicherheiten [MACEACHREN 1995] können sie auch zum Abdunkeln der Graphik durch einem Grauschleier dienen, wobei nur die zu visualisierenden Teilaspekte freigestellt werden und alle anderen Informationen in den Hintergrund treten. Allerdings benötigt diese Technik Flächenkartenzeichen, um entsprechend Wirken zu können.

Muster entsprechen komplexen graphischen Gebilden, sie sind den von [HAKE et al. 2002] beschriebenen graphischen Gefügen zu zuordnen. Auf Grund der Rasterkonvertierung des Bildschirms sind Muster zur Ausgestaltung von Kartenzeichen generell nicht gut geeignet. Des Weiteren sind lokale Kartenzeichen oft relativ klein in ihrer Ausprägung, so dass die an den Kanten entstehenden Artefakte kaum ein Muster erkennen lassen.

Die Variable Richtung³ bedarf der gesonderten Betrachtung. In der thematischen Kartographie sind zwei unterschiedlich ausgerichtete Kartenzeichen gleichzusetzen mit der Transkription zweier Formen, da beide Kartenzeichen Objektarten mit unterschiedlichen Merkmale wiedergeben. Es existieren aber Ausnahmen: Darstellungen, in denen zwei unterschiedlich ausgerichtete Kartenzeichen einer Objektart angehören, da ihre unterschiedliche Ausrichtung auf Grund einer bestimmten Semantik erfolgt; z.B. die gerichtete Pfeilsignatur zur Transkription der Fließrichtung. Für die interaktive Darstellungsänderung eines Kartenzeichens scheint die Variable Richtung nicht geeignet, denn durch die Änderung der Richtung ist die Zuordnung zur Objektart nicht mehr eindeutig. Diese Visualisierungstechnik ist nicht auffällig, sondern wirkt eher irritierend auf den Betrachter. Auf lineare Kartenzeichen und Flächenkarten kann die Variable Richtung nicht angewendet werden. Ebenso wenig eignen sich Formänderungen, da sie themenbezogene Änderungen der kartographischen Darstellung suggerieren könnten.

5.1.2 Interaktiv-animierte lokale Kartenzeichen

Der Begriff *animare* stammt aus dem Lateinischen und bedeutet „beleben“. Eine *Animation* ist die Visualisierung einer Folge von Bildern, die im Rahmen von zeitlich festgelegten Prozessen abläuft. Die *Computer-Animation* entspricht der rechnergestützten Erzeugung von bewegten Bildern. Dabei können einzelne Bilder oder auch die gesamte Animation am Computer modelliert und generiert werden. Die *Animationstechniken* sind zu differenzieren in *Frame-by-Frame-Animation*, bei der alle Bilder einzeln erzeugt und im Anschluß daran aneinander gereiht werden, *Keyframe-Animation*, deren Animation aus Schlüsselbildern interpoliert wird, und *algorithmische (prozedurale) Animation*, bei der die Veränderungsprozesse algorithmisch über die Transforma-

³Die Variable Richtung wird hier nach dem von [ROBINSON et al. 1996] vorgestellten Ansatz vertreten (s. Abschn. 3.3.5).

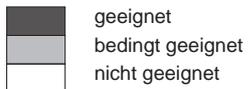
Interaktion	
Primäre graphische Variablen	Sekundäre graphische Variablen
Richtung	Transparenz (Sonderfall: Farbe)
Größe	Anordnung (Muster)
Form	Textur (Muster)
Helligkeit (Farbe)	Veränderung / Bewegung
Farbton (Farbe)	
Sättigung (Farbe)	
	 geeignet bedingt geeignet nicht geeignet

Abbildung 5.3: Bewertung der graphischen Variablen nach dem Erweiterungsvorschlag in Abschnitt 3.3.6 in Bezug auf die Eignung zur effizienteren Informationsübermittlung durch interaktive Änderung der Darstellung.

tionsparameter gesteuert werden. Des Weiteren existieren spezielle Ausprägungen der Computer-Animation. Diese werden nach folgenden *Animationstypen* klassifiziert: *Metamorphose-Animation* (kontinuierliche Veränderung der Objektgestalt), *Pfad-Animation* (Bewegung eines Objektes entlang eines definierten Pfades), *Color-Cycling-Animation* (Generierung optisch fließender Farbwellen zur Visualisierung fließender Bewegung), *Stage-and-Actor-Animation* (Veränderung von Objekten nach Handlungsskripten), *Model-and-Camera-Animation* (Drei-Dimensionale-Animation mit Veränderung der Objekte, der Kameraperspektive oder Lichtquellen), *Slideshow* (Folge von einzelnen Szenen die in einem kausalen Zusammenhang stehen) und *Textanimation* (dynamische Visualisierung von Text) [DRANSCH, in: BOLLMANN et KOCH, 2001/02]. In der Kartographie dient die Animation meistens der Visualisierung kinematischer georäumlicher Prozesse.

Animationen stellen themenbezogene Visualisierungen dar, die auf einem zielorientierten Handlungskonzept beruhen. Daher sollten Animationen als optionale Interaktionsfunktion im Zeichenschlüssel der Kartenlegende bewusst vom Kartennutzer durch einen Mausklick ausgelöst werden. Die Information der

Animationsobjekte kann somit vom Betrachter aktiviert, absorbiert und verarbeitet werden. Ungewünschtes Aktivieren von Animationsfunktionen durch ein zufälliges Überstreifen eines maussensitiven Zeichenschlüssels (mouse-over) sollte ausgeschlossen werden.

Die interaktiv-animierten lokalen Kartenzeichen signalisieren ihre Relation zur jeweiligen Objektart durch simultane Änderung aller zugehörigen Kartenzeichen. Das Prinzip der selektiven Wahrnehmung einzelner Objektarten wird dadurch verstärkt. Globale zusammenhängende Kartenzeichen lassen sich dabei besser und schneller visuell wahrnehmen. Probleme treten hingegen bei vereinzelt, räumlich verstreuten Kartenzeichen auf. Sie müssen visuell in das räumliche Geschehen integriert werden. Dies kann sehr nachhaltig durch mehrmaliges Abspielen der Darstellungssequenz innerhalb der Animation erfolgen. Die einzelnen Sequenzen der Animation sollten so oft wiederholt werden, bis alle räumlichen Sachverhalte vom Auge des Betrachter erfasst werden. Bei der Konzeption einer Animation ist also die Periodizität (Wiederholrate) und zudem die Kontinuität (Dauer) der Darstellung für die Effizienz der Informationsgewinnung von Bedeutung. Die Dauer der Animation darf den Betrachter weder überfordern noch langweilen; sie ist auf den darzustellenden Sachverhalt abzustimmen und muss vom Betrachter zu steuern sein.

Bei kinematischen Visualisierungen wird die Aufmerksamkeit des Betrachters auf den Gesamtzusammenhang der kartographischen Darstellung gelenkt. Die einzelnen Kartenzeichen werden nach dem Prinzip der assoziativen Wahrnehmung als Kartenzeichen der selben Objektart wahrgenommen. Die isolierte Betrachtung, selektive Perzeption einzelner Kartenzeichen, ist schwierig. Pro Animation können deshalb nur wenige Kartenzeichen zeitgleich selektiv betrachtet und analysiert werden. Einzelne im Raum verstreute Kartenzeichen lassen sich schneller selektiv wahrnehmen, da das Auge sie nicht aus der Agglomeration anderer Kartenzeichen der gleichen Objektart herauslösen muss. Eine schnelle und sichere Perzeption von Änderungen der graphischen Merkmale bei Kartenzeichen ist dann gewährleistet, wenn sie periodisch wiederholt werden.

Die Wahrnehmungssteuerung basiert auf dem Erhöhen der optischen Reize durch graphische Änderung der animierten Kartenzeichen. Grenzen ergeben sich durch die Aufnahmekapazität des Kurzzeitgedächtnisses. Um bestimmte räumliche Strukturen zu kommunizieren, nutzt man die graphischen Variationen der Zeichen. Kinematische Effekte wie beispielsweise Farbverlauf, Farb-

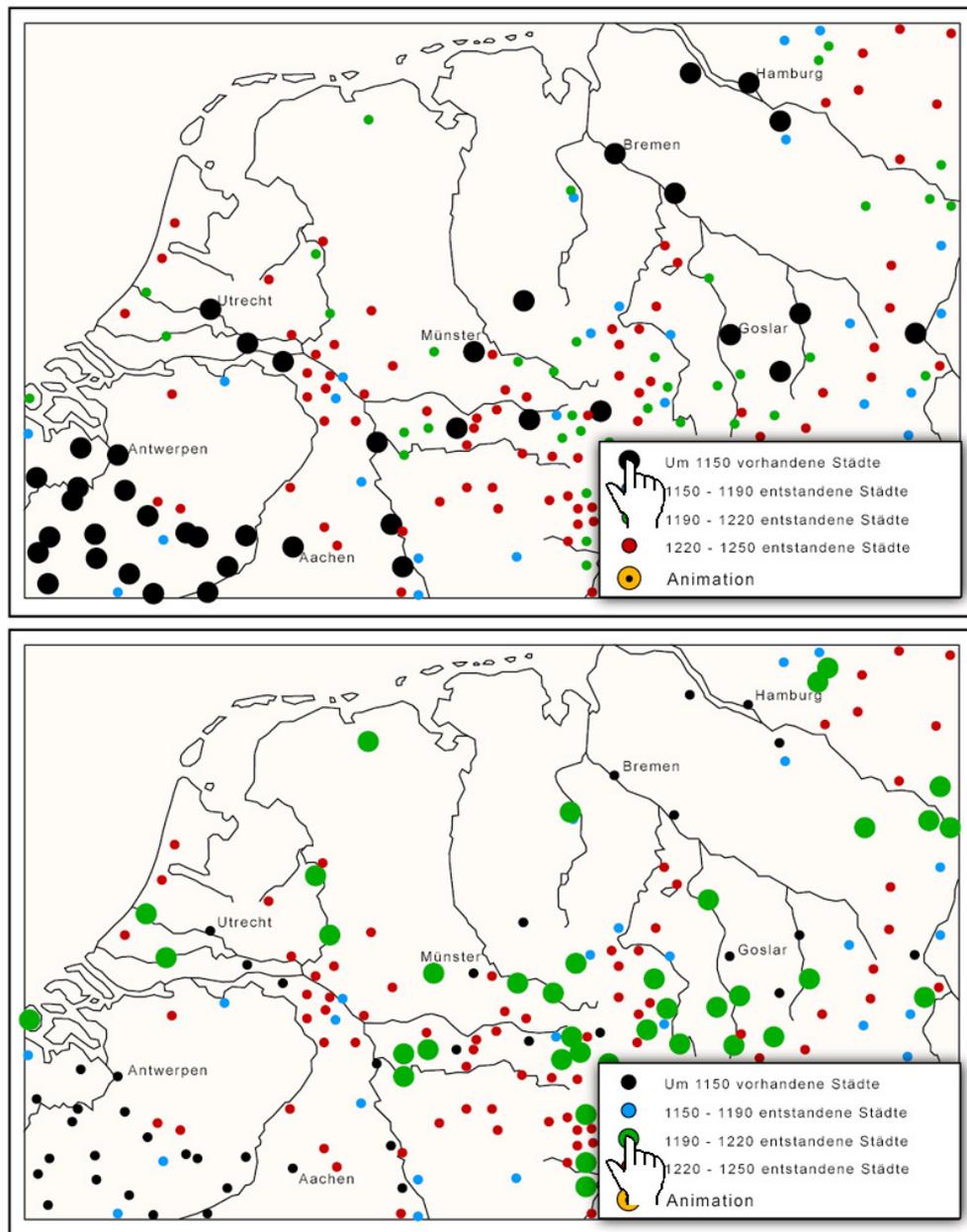


Abbildung 5.4: Animierte lokale Kartenzeichen, ausgelöst durch Interaktion im Signaturierungsschlüssel der Legende. - [Interaktives Web-Beispiel 2]

sprünge, kontinuierliche oder diskrete Größenänderung erhöhen die Aufmerksamkeit des Betrachters. Die temporäre Darstellungsänderung sowie die simultane Anwendung von einem oder mehreren Reizmerkmalen durch den kombinierten Einsatz graphischer Variablen kann die Wahrnehmung und den dazu benötigten Zeitfaktor verbessern. Graphische Redundanzen verstärken die Aufmerksamkeit, reduzieren die Störungsanfälligkeit der Nachricht und erhöhen die Wahrscheinlichkeit der richtigen Interpretation der Kartenvorlage. Ähnlichkeiten lassen sich auf diese Weise besser differenzieren. Zudem können Fehlinterpretationen wie beispielsweise die optische Täuschung bei Rot-Grün-Blindheit durch redundante Informationsvisualisierung vermieden werden.

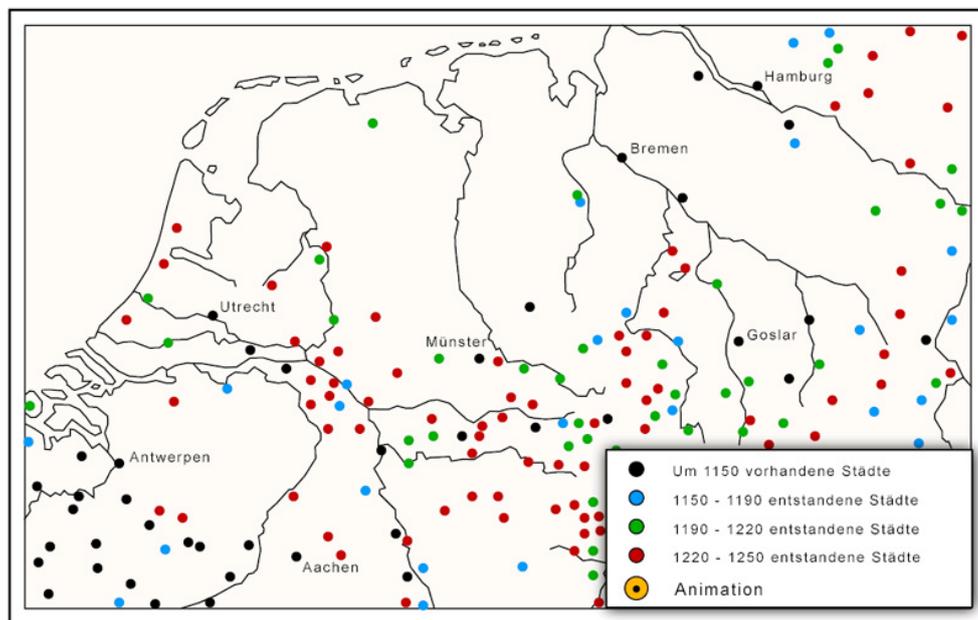


Abbildung 5.5: Bildschirmkarte mit lokalen Kartenzeichen [nach BÄR 1976 (n. Putzger, Hist. Weltatlas 1961)].

Implementation am Beispiel von interaktiv-animierten lokalen Kartenzeichen

Ausgangssituation: Die Abbildung 5.5 visualisiert die Thematik der „Entstehung und Ausbreitung der mittelalterlichen Stadt bis 1250“ in einem Topo-

gramm⁴. Diese Darstellung zeigt, wie kinematische Phänomene, in diesem Fall durch Differenzierung der Signatur nach Farbe, in einer statischen analogen Kartengraphik auf prägnante Weise umgesetzt werden können. Die Farbwahl der einzelnen Epochen wurde darauf ausgerichtet, dass die jüngsten Stadtentstehungen das stärkste optische Gewicht erhalten [BÄR 1976]. Die Farbtöne sind so stark kontrastierend, dass die selektive Wahrnehmung der einzelnen Epochen schnell und eindeutig nachvollzogen wird. Eine assoziative Zuordnung der Farbe zu einer spezifischen Epoche ist nicht möglich, ebenso wenig deren ordinale Einordnung in den zeitlichen Verlauf. Trotzdem sind die Informationen klar strukturiert und für den Betrachter gut erfassbar. Aus diesem Zusammenhang erschließt sich die Frage nach der Optimierung der zu visualisierenden Information hinsichtlich ihrer Umsetzung in einer Bildschirmkarte (s. Abb. 5.5). Die Darstellungsqualität dieser Kartengraphik wird dabei nicht geändert. Es wird eine Beziehung zwischen Kartenlegende und Objektarten aufgebaut, die bei Interaktion in der Legende die Darstellung der Kartenzeichen der entsprechenden Objektart innerhalb der Kartengraphik ändert. Aus semantischer Sicht wird die Objektinformation dabei weder verändert noch erweitert, sondern nur gegenüber den anderen Karteninformationen graphisch hervorgehoben. Zusätzlich wurde eine Animation des gesamten kinematischen Phänomens der Entstehung und Ausbreitung der mittelalterlichen Städte erstellt; weitere Ausführungen erfolgen in Abschnitt 5.6.1 Abb. 5.38.

Erweiterung durch graphische Gestaltungsmittel der Bildschirmkarte: Die Umsetzung einer analogen Karte als Bildschirmkarte bietet durch die Möglichkeit der Interaktion einen effizienteren Zugang zur Karteninformation. Die interaktive Darstellung fördert die visuelle Zuordnung zwischen Objektinformationen und Objektrelationen. Die Darstellungsänderung verbessert die Lesbarkeit und Wahrnehmung durch Erhöhung der optischen Reize innerhalb der Kartengraphik. Sie vermittelt einen schnellen und eindeutigen Informationszugang und sorgt somit für eine effizientere Wissensakquisition seitens des Anwenders.

⁴*Topogramme* vermitteln georäumliche Informationen durch gezielte Generalisierung von Inhalten oder mittels Verzerrung schematischer Positionsskizzen, die vor allem der Orientierung dienen. Maßstabstreue und Vollständigkeit sowie Einhaltung üblicher Konventionen stehen bei Topogrammen nicht im Vordergrund. Sie dienen vielmehr der raschen Informationsvermittlung.

Die Variation durch Größe erhöht die perzeptiv Wahrnehmung, sie scheint als prägnantes Ausdrucksmittel sehr gut geeignet. In diesem Beispiel wurde die Implementation der animierten Darstellung der Objektarten über einen Mausklick auf den entsprechenden Zeichenschlüssel der Legende realisiert (s. Abb. 5.4). Das Prinzip dieser *Stage-and-Actor-Animation*⁵ veranschaulicht Ab-

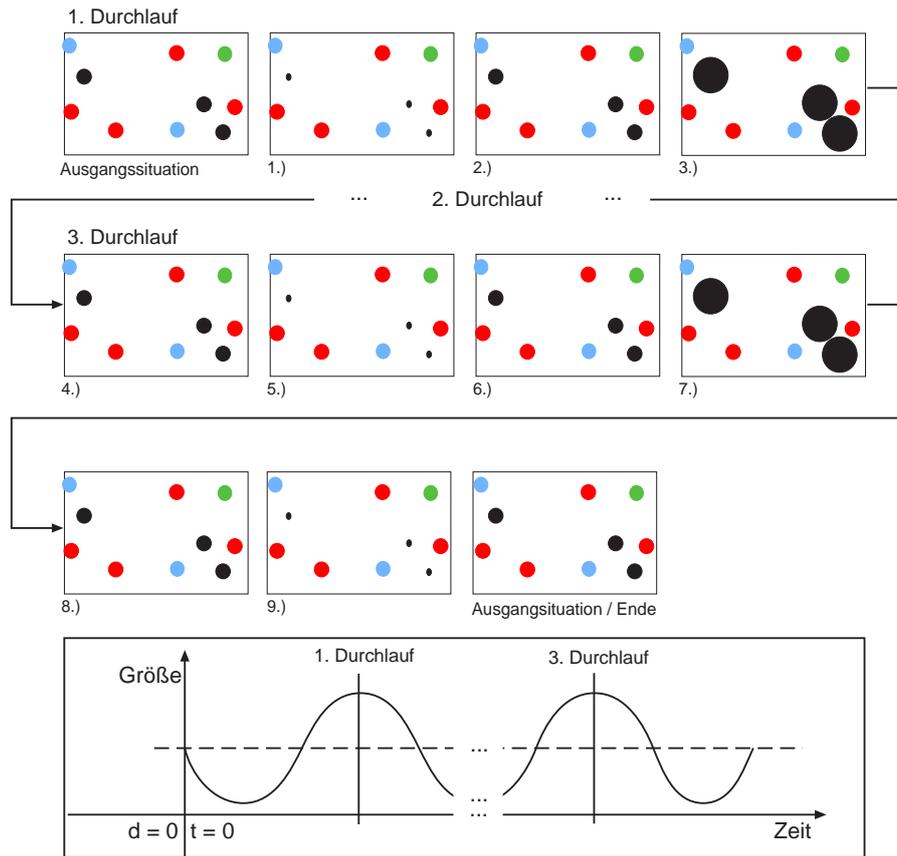


Abbildung 5.6: Schematischer Ablauf der zeitlichen Änderung der Darstellung einer Objektart; hier animiert durch Variation der Größe.

bildung 5.6. Der erste Manipulationsschritt muss direkt die Aufmerksamkeit und damit die perzeptiv Wahrnehmung des Betrachters auf die Veränderungen der Kartenzeichen in der Kartengraphik lenken. Durch Reduzierung des

⁵*Stage-and-Actor-Animation* visualisiert die Veränderung von animierten Objekten nach festgelegten Handlungsskripten auf einem Hintergrund.

Umfangs der Kartenzeichen wird die Kartengraphik optisch in ihrer Informationsdichte aufgelockert. Das Auge nimmt diese aufgehellten Stellen innerhalb der Graphik wahr. Die graphische Dichte wirkt reduziert, da die Gestalt des lokalen Kartenzeichens sichtbar schwindet. Die Komplexität der kartographischen Darstellung kann somit aufgelöst werden, ohne dass dadurch die räumliche Gesamtstruktur verloren geht. Im Gesichtsfeld des Betrachters werden die Animationsobjekte auf diese Weise schnell und sicher innerhalb der Graphik lokalisiert. In einem kinematischen Prozess schwellen nun die Kreise auf einen festgelegten maximalen Kreisdurchmesser an und nehmen wiederum bis auf ein Minimum ab, wobei die kartographische Mindestgröße die perzeptive Minimaldimension (Auflösung des menschlichen Sehorgans) nicht unterschreiten darf. Die größte Kreisdarstellung muss so gewählt sein, dass die Densität der Graphik nicht zu dunkel erscheint und den Karteninhalt optisch erdrückt.

Abbildung 5.6 zeigt die Größenänderung der lokalen Animationsobjekte mit einer dreifachen Periode. Die Dauer der Animation muss in der Art festgelegt werden, dass der Prozess den Betrachter mental weder über- noch unterfordert. Für die Periodizität der Animation gilt mindestens zweimal, vielleicht sogar dreimal, denn beim erstmaligen Betrachten nimmt der Nutzer die Art der Veränderung wahr und erst beim zweiten Mal konzentriert er sich auf die Information. Ein dreimaliges Anschwellen steigert die Wahrscheinlichkeit der Informationsübermittlung enorm. Weitere kinematische Größenänderungen können bereits das Gegenteil bewirken, indem ständig pulsierende Kartenzeichen ungewollt Stress und Irritation beim Betrachter auslösen.

Über Distributionswege wie das Internet können Bildschirmkarten einem breiten interdisziplinären Publikum zugeführt werden. Um dort nicht ihren Zweck zu verfehlen und damit die Berechtigung zu verlieren, muss ein möglichst umfassendes Konzept für interaktive Bildschirmkarten erstellt werden, das den vielseitigen individuellen Bedürfnissen der jeweiligen Anwender entspricht. Aus diesem Grund sollte die animierte Signatur jeder Zeit erneut vom Betrachter frequentiert werden können, so oft er sie für seine individuelle, perzeptive Wahrnehmung der animierten Kartenzeichen benötigt.

Bewertung der graphischen Darstellungen

Das interaktiv-animierte Kartenzeichen zeigt eine Darstellungsänderung, die durch die graphische Variable Veränderung beeinflusst wird. Nach *Bertins* Ter-

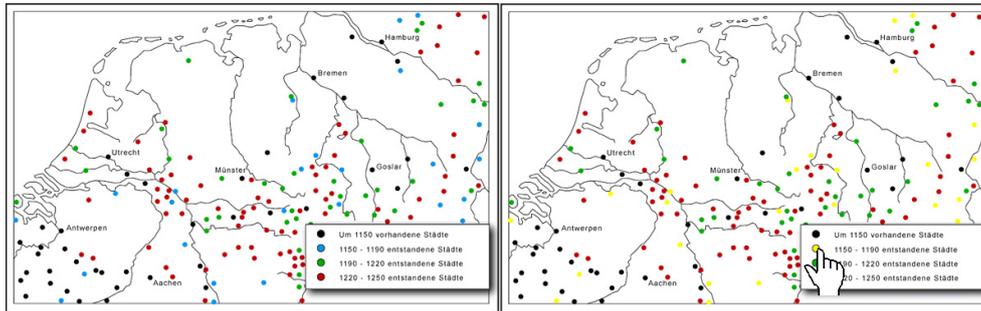


Abbildung 5.7: Interaktiv-animierte lokale Kartenzeichen; hier animiert durch Variation der Farbe.

minologie dienen die graphischen Variablen der konsequenten Systematisierung syntaktischer Merkmale von Kartenzeichen, graphischen Darstellungen und Bildern. Die sekundäre graphische Variable Veränderung beschreibt die graphische Änderung einer Darstellung im Sinne einer Animation. Bei den im Rahmen dieser Arbeit erstellten Beispielen erfolgt der Aufruf der Variablen Veränderung durch Interaktion, daher der Begriff der *interaktiv-animierten Kartenzeichen*. Solche Darstellungen sind nur auf multimedialen Ausgabemedien abbildbar. Die sekundäre Variable Veränderung ist durch das Zusammenwirken von einer oder mehrerer primärer Variablen gekennzeichnet. Daher umfasst die folgende Betrachtung der graphischen Variablen jeweils die Wirkung einer primären Variablen im Kontext der Variablen Veränderung.

Interaktiv-animierte Kartenzeichen eignen sich in besonderem Maße, wenn die Kartengraphik viele kleine lokale Kartenobjekte darstellt. Die kinematische Größenänderung setzt starke optische Reize und erleichtert das Auffinden von Objekten auch aus komplexeren Kartengraphiken erheblich. Kontinuierliche, stetige Änderungen werden auf Grund des nominalen, ordinalen und metrischen Charakters der Variablen Größe gut erfasst und absorbiert. Eine Änderung des Farbtons, bei der die Kartenzeichen der jeweils angewählten Objektart im gleichen Farbton visualisiert werden, kann bei großer Anzahl von Objektarten sehr hilfreich sein. Unterstützt durch einen markanten Farbton (Signalfarbe) kann der Betrachter den Bezug zwischen den Kartenzeichen und ihrer Objektart schnell herstellen. Adaptiert der Betrachter diese Visualisierungsmethode, kann er sehr effizient durch die Kartengraphik geführt werden.

Die Abbildung 5.7 zeigt ein negatives Beispiel einer einfachen Variablenänderung. Die blinkenden gelben Kartenzeichen sind auf Grund der hellen Farbe, der großen Anzahl und der kleinen Gestalt der Kartenzeichen auf dem hellem Untergrund nur schwer wahrnehmbar. An dieser Stelle ist die gepaarte Anwendung von Reizmerkmalen durch die gekoppelte Verwendung der Variablen Farbe und Größe zu empfehlen. Farbänderungen steigern die Effizienz der Darstellung, insbesondere wenn der verwendete Farbton deutliche Kontraste zur Kartengraphik setzt; entscheidend ist daher die richtige Farbwahl.

Eine kinematische sukzessive Änderung der Form ist im Gegensatz zur analogen Darstellung durchaus realisierbar, allerdings geht durch ein Formmorphing der originäre Charakter des Kartenzeichens verloren, was der Klarheit und der Eindeutigkeit der kartographischen Darstellung nicht entgegen kommt. Daher ist eine solche interaktive Darstellungsänderung nicht zu empfehlen. Die Anwendung von Mustervariationen ist auf Grund der geringen Ausdehnung von lokalen Kartenzeichen generell auszuschließen.

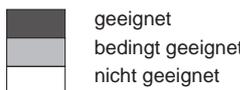
Interaktion	
Primäre graphische Variablen	Sekundäre graphische Variablen
Richtung	Transparenz (Sonderfall: Farbe)
Größe	Anordnung (Muster)
Form	Textur (Muster)
Helligkeit (Farbe)	Veränderung / Bewegung
Farbton (Farbe)	
Sättigung (Farbe)	
	 geeignet bedingt geeignet nicht geeignet

Abbildung 5.8: Bewertung der graphischen Variablen nach dem Erweiterungsvorschlag in Abschnitt 3.3.6 in Bezug auf die Eignung zur effizienteren Informationsübermittlung durch interaktive Änderung der Darstellung.

Einsatz mehrerer graphischer Variationen

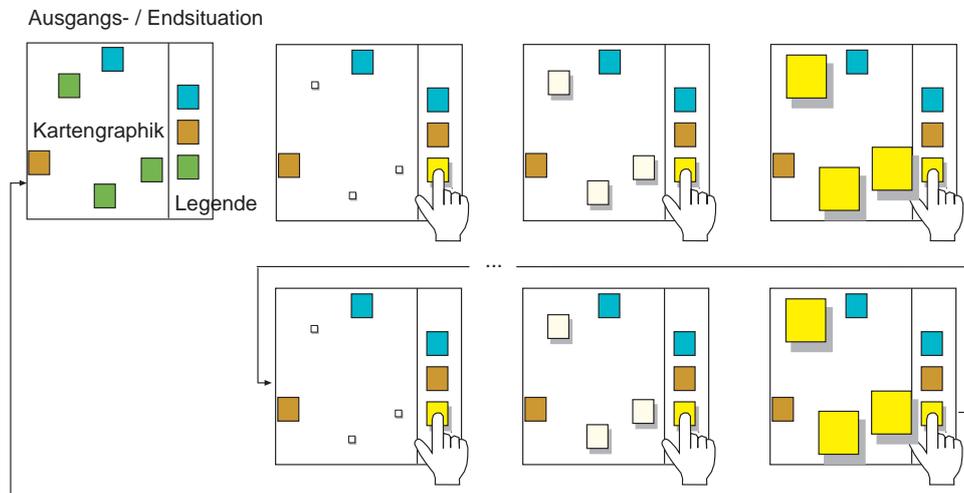


Abbildung 5.9: *Interaktiv-animierte lokale Kartenzeichen unter simultaner Anwendung der primären visuellen Variablen Größe, Helligkeit und Farbton.*

Abbildung 5.9 veranschaulicht exemplarisch Anwendungsmöglichkeiten graphischer Variationen zur Änderung der Darstellung interaktiv-animierter Kartenzeichen. Als primäre Gestaltungsmittel dienen die Variablen Größe, Helligkeit und Farbton. Des Weiteren sind die Kartenzeichen mit einem graphischen Schatten unterlegt, der die elementaren Kartenzeichen syntaktisch zu komplexen Gebilden beziehungsweise zu zusammengesetzten Zeichen erhebt. Ein graphischer Schattenwurf wirkt attraktiv und innovativ. Schatten vermitteln einen pseudoräumlichen Eindruck, weil sich die graphischen Elemente aus der Kartengraphik abheben. In Anlehnung an die zeitliche Abfolge wird neben der Größenänderung ein kontinuierlicher Farbverlauf visualisiert. Die Kartenzeichen werden in ihrer kartographischen Mindestgröße aufgehellt präsentiert und erreichen in ihrer maximalen Ausprägung einen markanten gesättigten Farbton mit signalisierendem Charakter. Diese Visualisierungstechnik bietet prägnante optische Reize. Die simultane Stimulsetzung (Reizanreicherung) ermöglicht eine verbesserte Informationperzeption.

5.2 Lineare Kartenzeichen

Lineare Kartenzeichen, oft auch als lineare Signaturen oder Liniensignaturen bezeichnet, dienen zur Wiedergabe länglicher Geoobjekte, deren Grundrissverlauf dem maßstäblich generalisierten Linienverlauf entspricht. Qualitative Aussagen werden durch Farb- und Formvariationen und quantitative Angaben durch stetige oder gestufte Größenvariationen transkribiert.

In analogen Graphiken stützt man die quantitative Aussage von Linien durch die Variation der Größe. Bei der digitalen Visualisierung sind graphisch feingliedrige lineare Darstellungen oder fein abgestufte, stetige Klassifizierungsmerkmale durch die Darstellungsrestriktion der diskreten Pixel bisher nur durch die entsprechende Vergrößerung der gesamten Kartengraphik auf dem Bildschirm darstellbar. Die analoge Karte stellt für die Darstellung von linearen Kartenzeichen eine Bandbreite von 0.08 mm bis zu mehreren Millimetern zur Verfügung. Bei der Bildschirmkarte kann eine visuell gut wahrnehmbare Änderung der Linienbreite, auch wenn Antialiasing zur Anwendung kommt, nur in diskreten Pixeleinheiten (0,24 mm - 0,4 mm) erfolgen. Auf diese Weise kann im Allgemeinen, obwohl die Stufung relativ grob ist, eine ausreichend große Anzahl von Klassen gebildet werden, so dass sich die Variable Größe für die Darstellung quantitativer Sachverhalte in thematischen Bildschirmkarten eignet.

Da nur lokale Kartenzeichen in der Lage sind, eine richtungsgebundene Semantik zu transkribieren, scheidet bei den linearen Kartenzeichen und auch den Flächenkartenzeichen der Einsatz der Variation der Richtung aus. Aus geometrischer Sicht stellen sie invariante Einheiten dar.

5.2.1 Interaktiv-statische Darstellungsänderung linearer Kartenzeichen

Bei der interaktiv-statischen Darstellungsänderung linearer Kartenzeichen handelt es sich um eine flexible quasistatische Visualisierungstechnik zur temporären graphischen Änderung linearer Objektarten innerhalb der Kartengraphik. Die Interaktion wird durch das Überstreifen eines maussensitiven Signaturenschlüssels der Legende ausgelöst und für den Zeitraum, indem der Mauszeiger dort ruht, fortwährend ausgeführt. Solange die Interaktion aufrecht erhalten wird, zeigt die Kartengraphik die Darstellungsänderung quasistatisch

an. Der Nutzer bestimmt die Zeit, die er für eine individuelle, eingehende Analyse der Kartenzeichen benötigt.

Die visuelle Zuordnung der Verknüpfung von dem Zeichenschlüssel mit den zugehörigen Kartenzeichen bietet enorme Vorteile. Durch simultane, redundante Anwendung der kartographischen Gestaltungsmittel auf die aktivierten Kartenzeichen der Objektart wird eine weitgehendst ungestörte Nachrichtenübertragung ermöglicht. So folgt die Informationsübermittlung effizienter, da die Bezüge nun nicht allein mental vom Nutzer erstellt, sondern ad hoc visualisiert werden. Diese Vorteile bestehen sowohl für einzelne Kartenzeichen, die einzeln in der Legende transkribiert sind, z.B. der Fluss *Rhein*, als auch für die Darstellung ganzer Liniennetze, z.B. des Gewässernetzes. Im erstgenannten Fall erhält der Betrachter sehr schnell einen Überblick, wo genau der *Rhein* verläuft, im zweiten Fall wird ihm die Erkennung der Struktur des Gewässernetzes erleichtert.

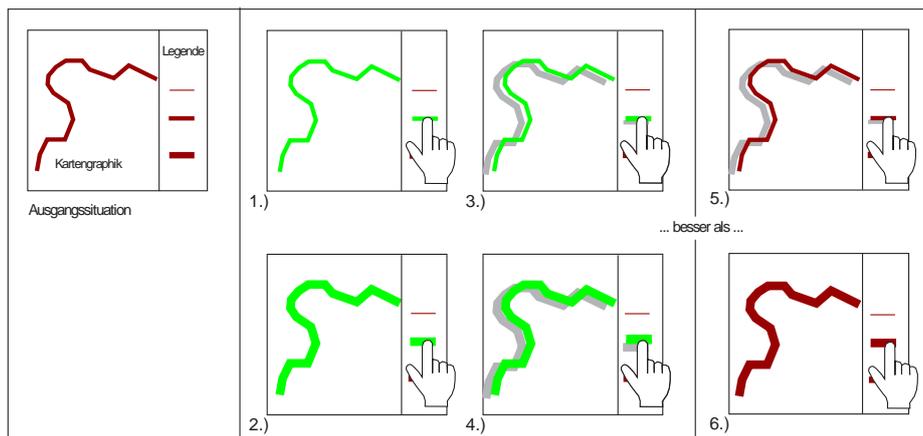


Abbildung 5.10: Mögliche interaktiv-statische graphische Darstellungsänderungen eines linearen Kartenzeichens.

Abbildung 5.10 veranschaulicht einige Möglichkeiten der graphischen Variationen an einem linearen Kartenzeichen. Die Bilder 1.) - 4.) zeigen eine eindeutige, klare Struktur und sind prägnanter in ihrer Aussage gegenüber den Bildern 5.) - 6.) zu bewerten. Die Präsentation des Kartenzeichens in einem intensiven gesättigten, auffälligen Farbton oder sogar der Komplementärfarbe lenkt die Aufmerksamkeit des Betrachters auf alle Kartenzeichen der Objektart. Diese

Darstellungsart, die in einer analogen Kartenversion als Fauxpas der graphischen Ausdrucksform zu bewerten ist, vermag die interaktive Bildschirmkarte in besonderer Weise aufzuwerten, da sie nur durch Interaktion zur Visualisierung gelangt. Die Komplementärfarbe leitet dem Kartennutzer den Weg durch den Inhalt. Wird die primäre Kartenaussage nun um weitere graphische Variationen (Größe etc.) ergänzt, so ist die Information dieser Objektart im mehrfachen Sinne redundant oder auch simultan kodiert. Die Bilder 2.) und 3.) zeigen solche doppeltkodierten Ausdrucksformen der Informationsvisualisierungen. Aus gestalterischer Sicht sind sie als sinnvoll zu erachten, da sie der subjektiven Wahrnehmung des Nutzers gerecht werden. So kann ein Rot-Grün-Blinder Kartenbetrachter in Bild 2.) lediglich die Größenänderung und im Gegensatz dazu ein anderer Betrachter zuerst die Volltonfarbe wahrnehmen. Der Kartograph kann bei der kartographischen Gestaltung von Bildschirmkarten beide Fälle berücksichtigen. Durch graphische Gestaltung mit zwei Stimulusmerkmalen kann man der individuellen Wahrnehmung des Kartennutzers besser entsprechen und somit auch dem Ziel einer effizienteren Informationsübermittlung durch interaktive Karten näher kommen. Das Bild 3.) zeigt die interaktiv-statische Darstellungsänderung des Kartenzeichens durch ein pseudoräumliches Merkmal, einen graphischen Schatten. Der graphische Schatten entspricht einer Steigerung des Komplexitätsgrades der Darstellung des Kartenzeichens. Dies entspricht einer scheinbaren Erweiterung der Dimension und sorgt somit für eine vereinfachte perzeptive, isolierte Wahrnehmung des linearen Kartenzeichens aus der Kartengraphik. Die Darstellungen des Kartenzeichens in den Bildern 3.) bis 5.) können als zusammengesetzte Zeichen im Sinne der Zeichentheorie interpretiert werden.

Implementation am Beispiel von interaktiv-statischen linearen Kartenzeichen

Ausgangssituation: Die Abbildung 5.11 zeigt die Umsetzung eines analogen Topogramms mit dem Thema „Berufspendler 1953“ als Umsetzung in eine Bildschirmkarte. Die analoge Kartengraphik ist eine schwarz-weiß Darstellung die die thematischen Inhalte „Berufspendler“ durch Pfeile mit Schaftlinien unterschiedlicher Stärke differenziert. Die Pfeile unterschiedlicher Schaftstärke und -länge führen von den einzelnen Herkunftsgemeinden zu den verschiedenen Zielorten, insbesondere zum Hauptzielort Münster. Die sieben Bandbreiten sind willkürlich gewählt und verkörpern bestimmte Wertebereiche einer erst

progressiv, dann gleichmäßig gestuften Skala [BÄR 1976]. Die Variation der Größe (hier: Breite) beschreibt die quantitativen Wertebereiche der einzelnen Objektarten.

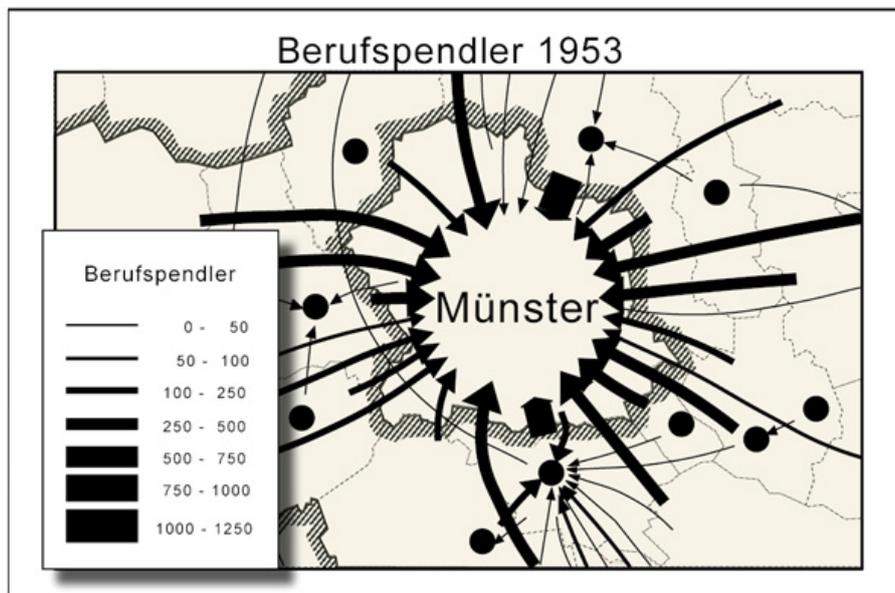


Abbildung 5.11: Bildschirmkarte mit linearen Kartenzeichen [nach BÄR 1976 (aus Landkreis Münster)].

Erweiterung durch graphische Gestaltungsmittel der Bildschirmkarte: Bei der Umsetzung dieser analogen Graphik als Bildschirmkarte wurden die einzelnen Schaftlinien im Zeichenschlüssel der Legende mit einer maussensitiven Funktion belegt, die die Verknüpfung der Kartenzeichen zur jeweiligen Objektart realisiert. Die linearen Kartenzeichen wurden entsprechend Bild 2.) der Abbildung 5.10 durch Variation eines markanten Farbtons, der keinen assoziativen Bezug zur Kartengraphik herstellt, umgesetzt. Diese Visualisierungstechnik ist besonders gut geeignet, um die Vielzahl der Bandsignaturen der jeweiligen Objektart zu zuordnen. Insbesondere, wenn diese auf Grund der hier angewendeten Bandbreiten nur schwer zu differenzieren sind. Dieses Problem tritt bereits bei der analogen Kartengraphik auf, da eine gute Größenperzeption bei linearen Kartenzeichen mit mehr als fünf Objektarten schwierig wird.

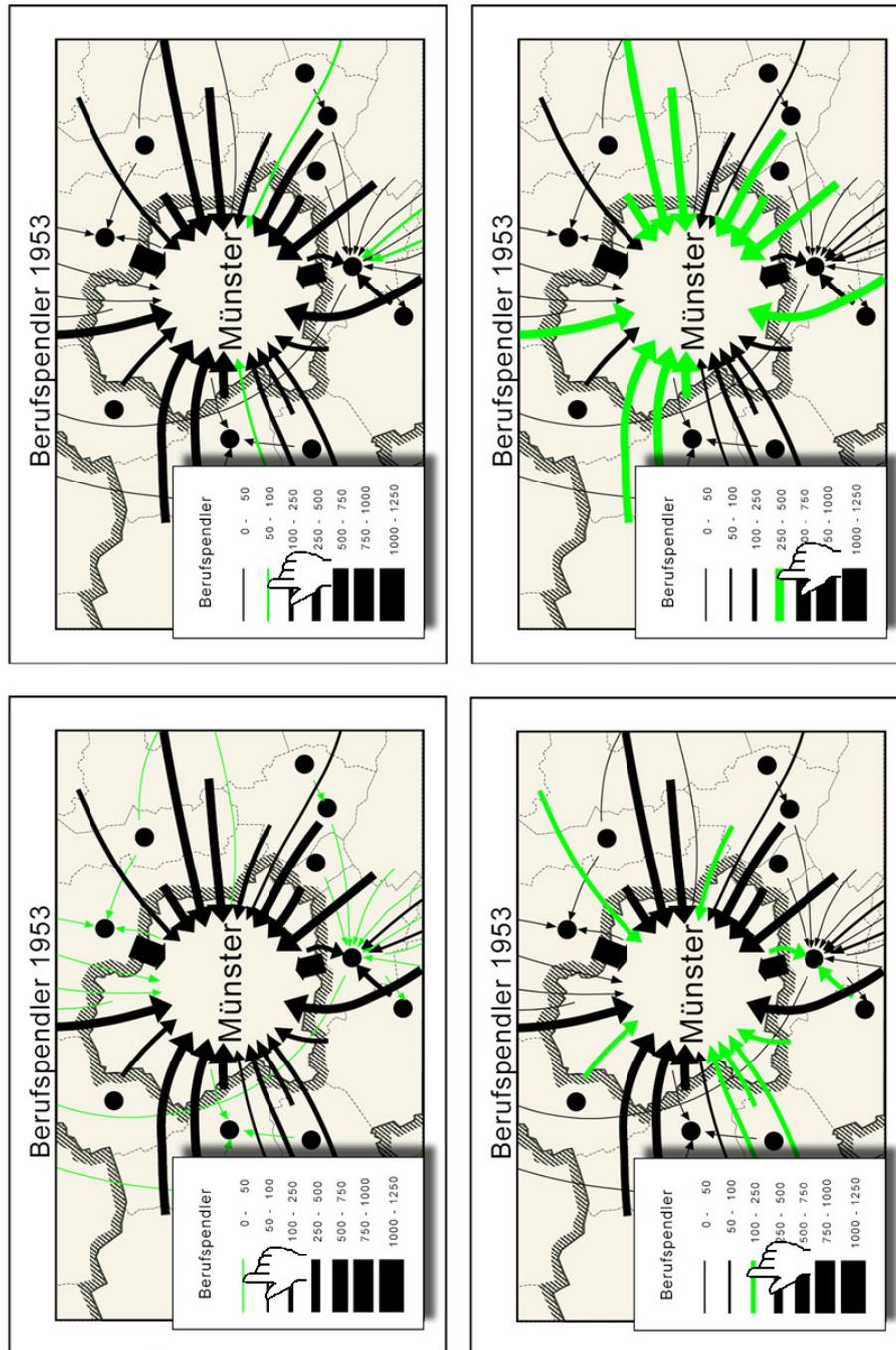


Abbildung 5.12: Interaktiv-statische Darstellungsänderung der Bandsignaturen. -
[Interaktives Web-Beispiel 3]

Abbildung 5.12 zeigt die Bildschirmkarte im aktivierten Zustand. Wie bereits angesprochen, ist durch die Vielzahl der Objektarten eine schnelle visuelle Zuordnung einzelner Kartenzeichen zu einer der Objektarten nicht möglich. Das Auge muss jedes einzelne lineare Kartenzeichen selektiv betrachten und dem entsprechend korrespondierenden Zeichenschlüssel zuordnen. Möchte der Nutzer Informationen über die Anzahl der Kartenzeichen einer bestimmten Objektart erhalten muss er sich Notizen machen. Die interaktive Bildschirmkarte bietet hier den Vorteil, dass die Zugehörigkeit eines Kartenobjektes zur Objektart ad hoc und ohne zeitliche Limitierung visualisiert werden kann. Fehlinterpretationen durch Zuordnungsfehler können so vermieden werden.

Bewertung der graphischen Darstellungen

Bei der interaktiv-statischen Darstellungsänderung von linearen Kartenzeichen spielt die Variable Farbe eine besondere Rolle. Insbesondere, wenn bei einer thematischen Karte alle Objektarten bereits in der originären Darstellung einheitlich farblich gestaltet sind und ihre Differenzierung über die Größenvariation erfolgt. Zur Transkription der Sekundärinformation eignet sich die Anwendung einer markanten Volltonfarbe, die sich signifikant von bereits verwendeten Farbtönen abgrenzt. Verfügt die thematische Darstellung über eine große Anzahl von Objektarten, wobei eine gesicherte Größenperzeption eine Beschränkung auf vier bis fünf Objektarten erfordert (s. Abb. 5.11), dann vermittelt diese Visualisierungstechnik trotzdem eine klar strukturierte Kartengraphik. Die Wahrnehmbarkeit der einzelnen Bandbreite der Schaftlinien wird durch die Farbänderung optional unterstützt. Die Farbänderung der feinen schwarzen Liniengraphiken in farbliche erfordert eine Modifizierung bei den feinen Strichstärken, damit das farbliche Kartenzeichen scheinbar in gleicher Breitenausdehnung wie das schwarze wahrgenommen wird. Neben der Variablen Farbe bietet sich auch der Einsatz eines graphischen Schattens an. Diese simultane Enkodierung kann die Effizienz der Darstellung durch die Anwendung einer weiteren graphischen Redundanz steigern. Um die Densität der Kartengraphik nicht nachhaltig zu erhöhen, sollten Schatteneffekte besser nur bei Objektarten mit wenigen Kartenzeichen angewendet werden. Ebenso kann die Variable Größe durch Variation der Breite von linearen Kartenzeichen die kognitive Wahrnehmung fördern.

Interaktion	
Primäre graphische Variablen	Sekundäre graphische Variablen
Richtung	Transparenz (Sonderfall: Farbe)
Größe	Anordnung (Muster)
Form	Textur (Muster)
Helligkeit (Farbe)	Veränderung / Bewegung
Farbton (Farbe)	
Sättigung (Farbe)	

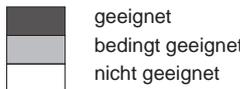
	geeignet bedingt geeignet nicht geeignet
--	--

Abbildung 5.13: Bewertung der graphischen Variablen nach dem Erweiterungsvorschlag in Abschnitt 3.3.6 in Bezug auf die Eignung zur effizienteren Informationsübermittlung durch interaktive Änderung der Darstellung. (k.A. - keine Anwendung möglich.)

5.2.2 Interaktiv-animierte lineare Kartenzeichen

Die Gestaltungsmethoden zur Darstellung eines interaktiv-animierten lokalen Kartenzeichens können auf Grund der anderen geometrischen Voraussetzungen nicht, beziehungsweise nur bedingt, auf lineare Kartenzeichen projiziert werden. Animierte Kartenzeichen dienen der schnellen Perzeption. Durch mehrmaliges Blinken animierter Kartenzeichen werden hohe optische Reize gesetzt, die die Aufmerksamkeit erhöhen und die kognitive Wahrnehmung des Kartennutzers verbessern. Die interaktiv-animierte Änderung der Kartenzeichen dient der schnellen visuellen Zuweisung zur jeweiligen Objektart.

Die Animation sollte bewusst durch einen Mausklick im entsprechenden Signatureschlüssel der Legende ausgelöst werden. Ein zufälliger Funktionsaufruf durch Überfahren eines maussensitiven Bereichs sollte ausgeschlossen sein. Der Funktionsablauf der Animation entspricht der in Abschnitt 5.1.2 vorgestellten Methodik. Wie oft die Animation hintereinander generiert wird, ist im Handlungsskript der Animation definiert. Allerdings sollte die Folge nicht öfter als

dreimal visualisiert werden, da dem Kartennutzer ansonsten die Einflussnahme entzogen wird. Wünscht der Nutzer jedoch eine erneute animierte Darstellung, so kann er sie durch Interaktion im Zeichenschlüssel der Legende erneut auslösen.

Abbildung 5.14 zeigt die Visualisierung interaktiv-animierter linearer Kartenzeichen der Objektart Verkehrswege (z.B. Autobahn, Bundesstraße, Landesstraße, Kreisstraße usw.) unter Anwendung der primären dreigeteilten Variablen Farbe und der Variablen Größe. Die Abbildung veranschaulicht den Funktionsablauf exemplarisch. Die nebeneinander auf gleicher Höhe angeordneten graphischen Bilder entsprechen dem zeitlichen Ablaufschema der Animation, wobei diese mit den unterschiedlichen voreinander gelagerten Variationen der graphischen Darstellungsmittel kombiniert und erweitert werden können. Unterstützt durch den Bewegungsablauf einzelner graphischer Bilder beziehungsweise interaktiv-animierter Kartenzeichen innerhalb der Graphik werden visuelle Reize erzeugt, die die perzeptive Wahrnehmung des Betrachters positiv beeinflussen. Die Aufmerksamkeit des Nutzers, die Absorption der georäumlichen Information und die Weiterverarbeitung der Nachricht werden verbessert.

Der Einsatz interaktiv-animierter linearer Kartenzeichen sollte kontextbasiert an die kodierte Objektarteninformation angepasst werden. In erster Linie gilt es zu unterscheiden, ob die linearen Kartenzeichen ein weitverzweigtes Netz aufspannen (z. B. Straßennetz) oder ob es sich um eine Einzelobjektdarstellung linearer Ausprägung handelt. Bei Kartenzeichen mit netzhafter Ausdehnungsstruktur wie beispielsweise Verkehrswegenetzen bietet sich das animierte Kartenzeichen an, da die gesamte Struktur des Netzes einfach und schnell erfasst werden kann.

Bewertung der graphischen Darstellungen

Zur graphischen Ausgestaltung der interaktiv-animierten linearen Kartenzeichen eignen sich die Variable Größe und die dreigeteilte Variable Farbe (Helligkeit, Farbton, Sättigung) in besonderem Maße. Die Variable Größe transkribiert im Zusammenhang mit analog thematischen Kartengraphiken meist quantitative Aussagen oder ordinale, hierarchische Eigenschaften. Im Kontext der animierten Kartenzeichen setzt die Variation der Größe starke optische Reize und fördert die Aufmerksamkeit des Betrachters. Zudem unterstützen Farbänderungen den Animationseffekt. Wo bei analogen Druckgraphiken aus

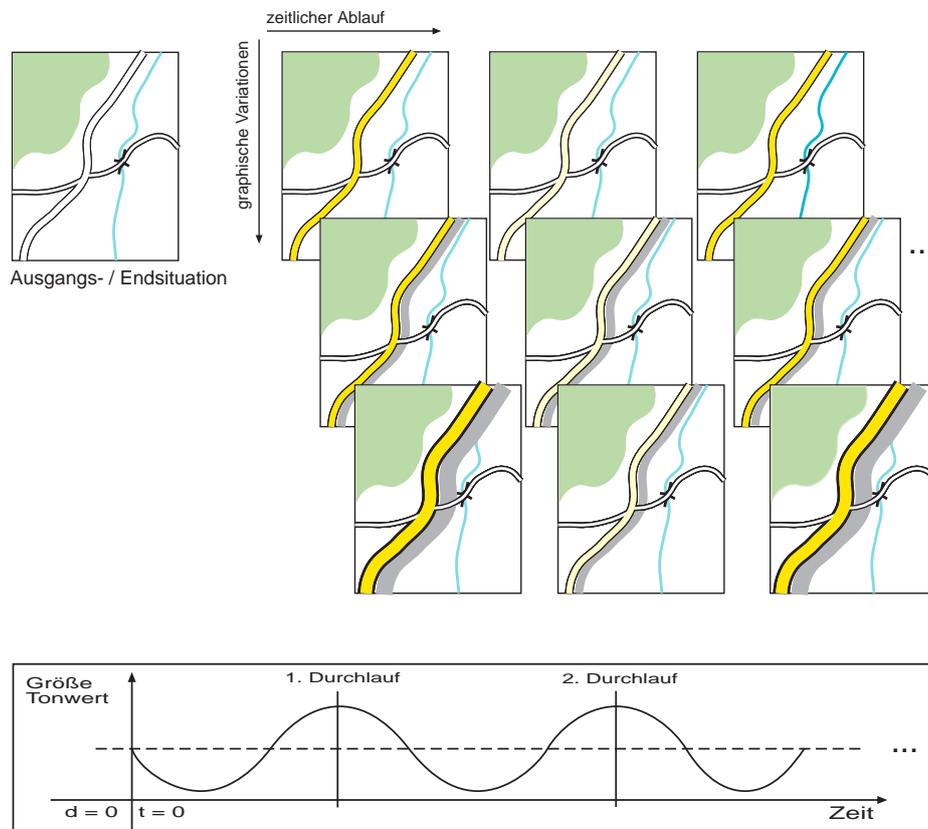


Abbildung 5.14: Animiertes lineares Kartenzeichen am Beispiel der Objektart Verkehrswege.

finanziellen Abwägungen oft an farblicher Ausgestaltung gespart wurde, strahlen Bildschirmkarten den vollen Farbumfang kostengünstig wieder. An dieser Stelle kann die Bildschirmkartengraphik sicherlich einen neuen Beitrag zur Kartengestaltung leisten.

Die Variationen der Variablen Muster dienen in analogen Kartengraphiken oft zur Ausgestaltung einzelner Objektarten. Dabei werden neben Strichgraphiken auch gestrichelte oder auch bildhafte Aneinanderreihungen einzelner Elemente zur Ausgestaltung eines linearen Kartenzeichens verwendet. Diese graphische Variation von Mustern in Bezug auf deren Anordnung und deren Textur (Größe und Dichte) ermöglicht eine Vielzahl von Objektarten mit unbunter Darstel-

lung. Bei Bildschirmkarten sollten graphisch feingliedrige Muster weitgehend auf Grund der schlechteren Darstellungsqualität vermieden und durch farbige Ausgestaltung kompensiert werden.

Interaktion	
Primäre graphische Variablen	Sekundäre graphische Variablen
Richtung	Transparenz (Sonderfall: Farbe)
Größe	Anordnung (Muster)
Form	Textur (Muster)
Helligkeit (Farbe)	Veränderung / Bewegung
Farbton (Farbe)	
Sättigung (Farbe)	
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> geeignet </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: gray; margin-right: 5px;"></div> bedingt geeignet </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: white; margin-right: 5px;"></div> nicht geeignet </div>

Abbildung 5.15: Bewertung der graphischen Variablen nach dem Erweiterungsvorschlag in Abschnitt 3.3.6 in Bezug auf die Eignung zur effizienteren Informationsübermittlung durch interaktive Änderung der Darstellung. (k.A. - keine Anwendung möglich.)

Der Einsatz animierter Kartenzeichen wirkt bei lokalen Kartenzeichen prägnanter als bei linearen. Gründe dafür sind vor allem die oft weitläufig verknüpften netzartigen Strukturen der linearen Kartenzeichen. Animierte lokale Kartenzeichen sind sowohl assoziativ, wie auch selektiv wahrnehmbar. Animierte lineare Kartenzeichen hingegen sind assoziativ gut wahrnehmbar, da oft eine zusammenhängende Struktur vermittelt wird. Probleme ergeben sich aber bei linearen Kartenzeichen großer Ausdehnung, da sie meist nicht zeitgleich als Einheit vom Nutzer fokussiert werden können. Das bedeutet, ein selektives Wahrnehmen ist sowohl bei einzelnen, weitausgedehnten linearen Kartenzeichen als auch bei verknüpften, zusammenhängenden linearen Kartenzeichen der gleichen Objektart nur schwer differenzierbar. Für die Auswertung von linearen Objektarten ist eine interaktiv-statische Methode anzustreben.

5.3 Flächenkartenzeichen

Flächenkartenzeichen, oft auch als flächenhafte, flächig verteilte Signaturen oder Flächensignaturen bezeichnet, spielen eine bedeutende Rolle bei geographischen Karten, insbesondere als Bezugsfläche von thematischer Karteninformation. Meist dienen sie der Wiedergabe von Lage und Qualität flächenhafter Diskreta, wobei die Konturlinie die Flächenbegrenzung des Objektes beschreibt und die Flächenfüllung, durch Variation des Farbtons oder Variation des graphischen Gefüges Muster, die Qualität des dargestellten Objektes zum Ausdruck bringt. Quantitative flächenbezogene Angaben werden durch die Variation des Helligkeitswertes des Farbtons differenziert. Flächenkartenzeichen entsprechen der graphischen Repräsentation von Flächen oder Flächenstrukturen. Flächenstrukturen entstehen beispielsweise aus Wertstufen eines Kontinuums, beziehungsweise aus den Intervallen zwischen Isolinien. In thematischen Karten dienen diese vorwiegend als statistische Bezugsfläche zur Darstellung von qualitativen und quantitativen Werteinheiten in sogenannten Kartogrammdarstellungen.

Kartenobjekte von arealer Ausprägung sind durch ihre Objektbegrenzungslinien geometrisch referenziert. Die flächenfüllende Signatur ist Träger der semantischen Information. Sie reproduziert die Objektmerkmale beispielsweise durch Farbinformation (nominales Merkmal). Eine hohe visuelle Assoziation unterstützt die Zuweisung der semantischen Relationen zwischen den ausgewählten Objektmerkmalen der entsprechenden Objektart und dem Flächenkartenzeichen. So wird die Vorstellung eines realen Objektes in der naturnahen Farbgebung Grün mit den Kartenobjekten der Gattung Wald, Wiese, Grünland assoziiert. Ein weiteres Beispiel sind Temperaturkarten, in denen das Temperaturempfinden durch eine rot-blaue Farbgebung transkribiert wird. Der intentionale Gehalt der Information kann nur aus dem thematischen Gesamtkontext erschlossen werden.

Bei der interaktiven Informationsgenerierung von Flächenkartenzeichen wird die simultane Dekodierung durch die graphische Variation der Kartenzeichen genutzt. Flächenkartenzeichen bilden die Bezugsfläche thematischer Visualisierung. Aus geometrischer Sicht stellen sie invariante Einheiten dar. Während bei der lokalen und linearen Ausprägung von Kartenzeichen die Darstellungsänderung durch Variation der Größe aussagekräftig ist, scheidet der Einsatz der graphischen Variation nach Größe bei Flächenkartenzeichen aus.

5.3.1 Interaktiv-statische Darstellungsänderung von Flächenkartenzeichen

Die interaktiv-statische Darstellungsänderung von Flächenkartenzeichen basiert auf einer quasistatischen Visualisierungstechnik, indem Teilaspekte der Kartengraphik temporär - durch Interaktion aufrecht erhalten - in ihren Gestaltungsmerkmalen geändert visualisiert werden.

In thematischen Karten bezeichnen Flächenkartenzeichen Qualitäten flächenhafter diskreter Werteinheiten. Im Gegensatz zu lokalen und linearen Kartenzeichen deren nominales Merkmal durch stark gesättigte Farben wiedergegeben wird, erscheinen Flächenkartenzeichen in helleren Farbtönen. Grund dafür ist, dass Flächenkartenzeichen im Allgemeinen geometrisch größer sind als lokale und lineare Kartenzeichen. Sie wirken bei Einfärbung mit Vollfarben zu dominant. Das menschliche Auge ist gewohnt, dass Farben in der Ferne heller erscheinen. Daher unterstützt diese Art der Farbgebung das subjektive Raumpfinden des Betrachters, indem er zwischen der thematischen Vordergrund- und Hintergrundinformation einfach differenzieren kann. Je komplexer die Darstellung ist, desto schwieriger lassen sich die überlagerten Flächenkartenzeichen wahrnehmen. Aus diesem Grund scheint bei Flächenkartenzeichen eine durch Interaktion angestoßene zeitunabhängige Visualisierung der Relation zwischen der semantischen Information des Zeichenschlüssels und den zugehörigen Kartenzeichen, zur visuellen Erfassung für den Betrachter geeigneter, als eine animierte Darstellungsänderung.

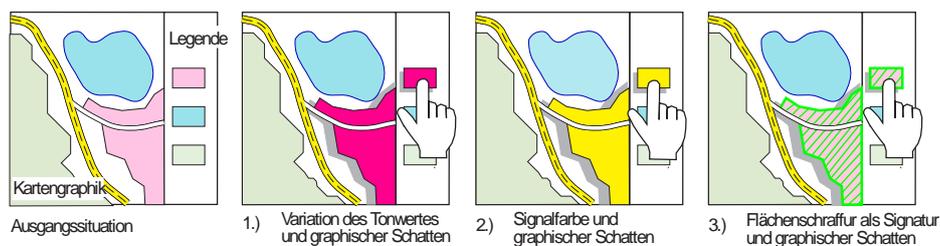


Abbildung 5.16: Möglichkeiten der interaktiv-statischen Darstellungsänderung von Flächenkartenzeichen.

Die Abbildung 5.16 zeigt einige Möglichkeiten der interaktiv simultanen Dekodierung kartographischer Gestaltungsmerkmale. Das erste Bild 5.16.(1) zeigt

das Prinzip der Kontrastverstärkung bezüglich des originären Farbtons. Entsprechend des HSB-Farbmodells wird der Farbwert der Kartenzeichen, der durch Interaktion angestossenen Objektart, durch Variation des Sättigungswertes und/oder Variation der Helligkeit geändert, wobei die Position des Farbtons (Bunnton) auf dem Farbkreis beibehalten wird. Diese Darstellungsweise ermöglicht entsprechend der besonderen Bedeutung der Interaktion eine schnelle Differenzierung und Auffassung aller Kartenzeichen der Objektart. Durch hohe visuelle Assoziation hilft sie dem Betrachter die Relation der Flächenkartenzeichen zu der entsprechenden Objektart herzustellen. Die Abbildung 5.16.(2) zeigt das Betonen der Kartenzeichen in einem markanten, gesättigten Vollton (Signalfarbe). Dieser Vollton darf keinen assoziativen Bezug zur Kartengraphik herstellen. Der Vorteil dieser Visualisierungstechnik liegt in der konsequenten Benutzerführung. Der Betrachter adaptiert diesen Farbton meist schnell und kann somit sicher durch die mit dem Zeichenschlüssel verknüpften Informationen geleitet werden. Bei dieser durch eine Signalfarbe gestützten Visualisierung kann es sich als sinnvoll erweisen, wenn alle Objektarten der Karte den gleichen Farbwert nutzen. Die Abbildung 5.16.(3) zeigt eine durch Interaktion hervorgerufene Farbänderung der Umrisskontur mit einer Signalfarbe. Die Flächenschraffur kennzeichnet eindeutig die Bezugsfläche zur Umrisskontur. Zusätzlich sind alle Darstellungen 5.16.(1 - 3) durch einen graphischen Schatten hervorgehoben.

Zusammenfassend muss festgehalten werden, dass je nach Sachverhalt die eine oder die andere Variante die bessere sein kann. Eine generelle restriktive Bewertung ist an dieser Stelle nicht möglich, weil die Effizienz des graphischen Ausdrucks und die Nachhaltigkeit der Informationsübermittlung immer in Abhängigkeit zum Kartenthema stehen.

Implementation am Beispiel von interaktiv-statischen Flächenkartenzeichen

Ausgangssituation: Die Abbildung 5.17 zeigt die Umsetzung einer analogen Kartengraphik mit der Thematik „Baden 1801“ als Screenshot einer Bildschirmkarte. Die originäre thematische Darstellung zur Wiedergabe der territorialen Entwicklung Badens zeigt sechs zeitlich differenzierte Objektarten in unterschiedlicher Farbe. Die Farben dienen der qualitativen Differenzierung der einzelnen Gebietsflächen nach dem Zeitpunkt ihrer Einnahme. Sie sind

willkürlich festgelegt und zeigen keine logische Folge auf [BÄR 1976]. D.h. die Transkription durch die Variable Farbe lässt keine Rückschlüsse auf die zeitliche Folge der räumlichen Veränderung zu. Auf Grund ihrer nominalen Eigenschaften, insbesondere der guten selektiven Wahrnehmung, ist diese in Farbe differenzierte Darstellung als besonders prägnant zu bewerten. Die Informationen sind klar strukturiert und unterstützen somit eine gute perzeptive Wahrnehmung.

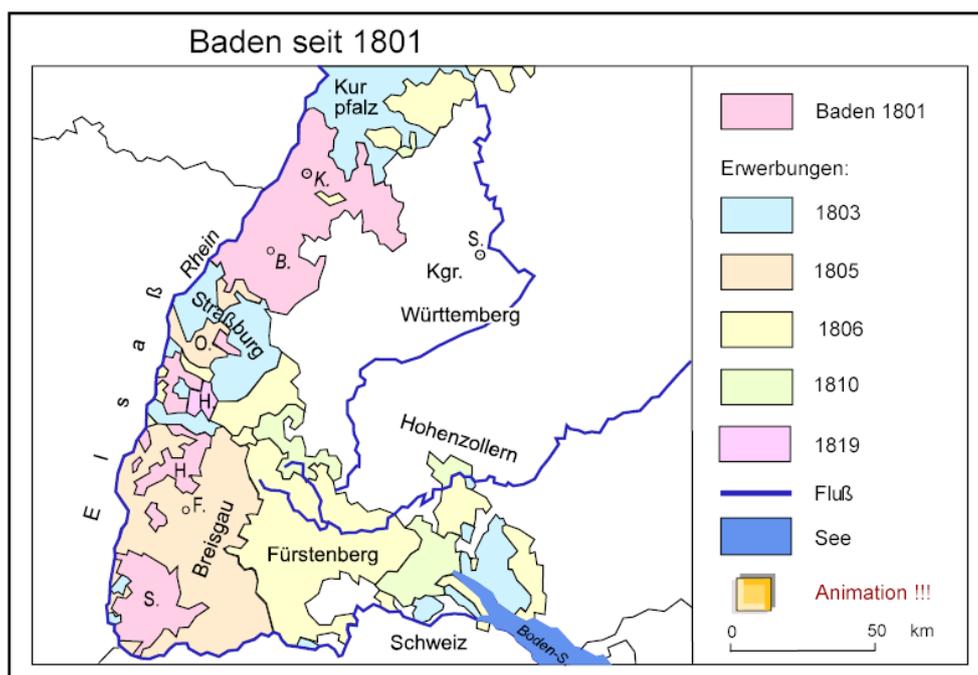


Abbildung 5.17: Bildschirmkarte mit Flächenkartenzeichen [nach BÄR 1976 (n. Putzgers Hist. Schul-Atlas 1918)].

Bei der Umsetzung der analogen Graphik in eine Bildschirmkarte wurde die Darstellung nur marginal geändert. So wurden beispielsweise gestrichelte Linien als durchgezogene Konturen angelegt. In Bezug auf die Schrift als atypisches Kartenzeichen ist kritisch anzumerken, dass das kartographische Prinzip: „Gleiches stets gleich darzustellen“ hier nicht konsequent umgesetzt wird. So ist die Schrift teilweise streng horizontal ausgerichtet und teilweise geneigt dargestellt. Ein extremes Beispiel ist der Schriftzug *Elsaß*, der zusätzlich gesperrt ist und durch seine sehr flussnahe Anordnung graphisch nicht gut platziert ist.

Sicherlich stand für den Kartographen primär die Anschaulichkeit des Darstellungsprinzips der kontrastierenden Flächen im Vordergrund. Bei Verwendung eines bipolaren Farbübergangs wäre die zeitliche Folge der Neuerwerbungen aber besser erkennbar.

Bei der Umsetzung des analogen Originals als Bildschirmkarte wurde eine Relation zwischen den Kartenzeichen und den erläuternden Elementen des Zeichenschlüssels aufgebaut. Ziel ist es, die interaktiv angeforderte semantische Information und deren Relation zu ein oder mehreren Kartenzeichen der jeweiligen Objektart durch Darstellungsänderung optisch zu kennzeichnen, um so für eine ungestörte Informationsübermittlung der kartographischen Nachricht zu sorgen.

Bei der Erstellung der Bildschirmkarte (s. Abb. 5.17) wurde auch eine Animation des gesamten kinematischen Phänomens der Ausbreitung von Baden ab dem Jahre 1801 bis 1819 als temporaler Prozess (s. Abschn. 5.6.3, Abb. 5.41 - 5.43) erstellt.

Farbwertanpassung: In thematischen Karten dient Farbe meistens als Träger der Information. Dabei werden Farbtonvariationen zur Unterscheidung unterschiedlicher Qualitäten genutzt. Die Abbildung 5.17 zeigt eine Bildschirmkarte, die sechs Objektarten durch unterschiedlich helle Farbtöne differenziert; Helligkeits- und Sättigungswerte der Darstellung aller sechs Objektarten sind äquivalent. Diese Tatsache eröffnet die Möglichkeit des Prinzips der Kontrastverstärkung durch Änderung der Parameter Helligkeit und Sättigung. Diese Darstellungsmethode lenkt die Aufmerksamkeit auf bestimmte graphische Aspekte der Visualisierung und unterstützt so die Wahrnehmung des Betrachters. Damit möglichst starke farbliche Kontraste zwischen der aktivierten und den nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten gesetzt werden können, müssen die Farbtöne der einzelnen Objektarten in der Form aufeinander abgestimmt werden, dass sie in der originären Darstellung nur in ihren Farbtönen voneinander differenzierbar sind. Im aktivierten Zustand heben sich die Flächenkartenzeichen durch eine intensive Farbwiedergabe, durch eine konstante Änderung der Farbparameter Helligkeit und Sättigung, gegenüber den originären Farbwerten der Kartenzeichen ab.

Die Abbildung 5.18 zeigt einige Möglichkeiten der Farbwertanpassung für die im Beispiel verwendeten Farbtöne im HSB-Farbmodell, indem Helligkeits- und/

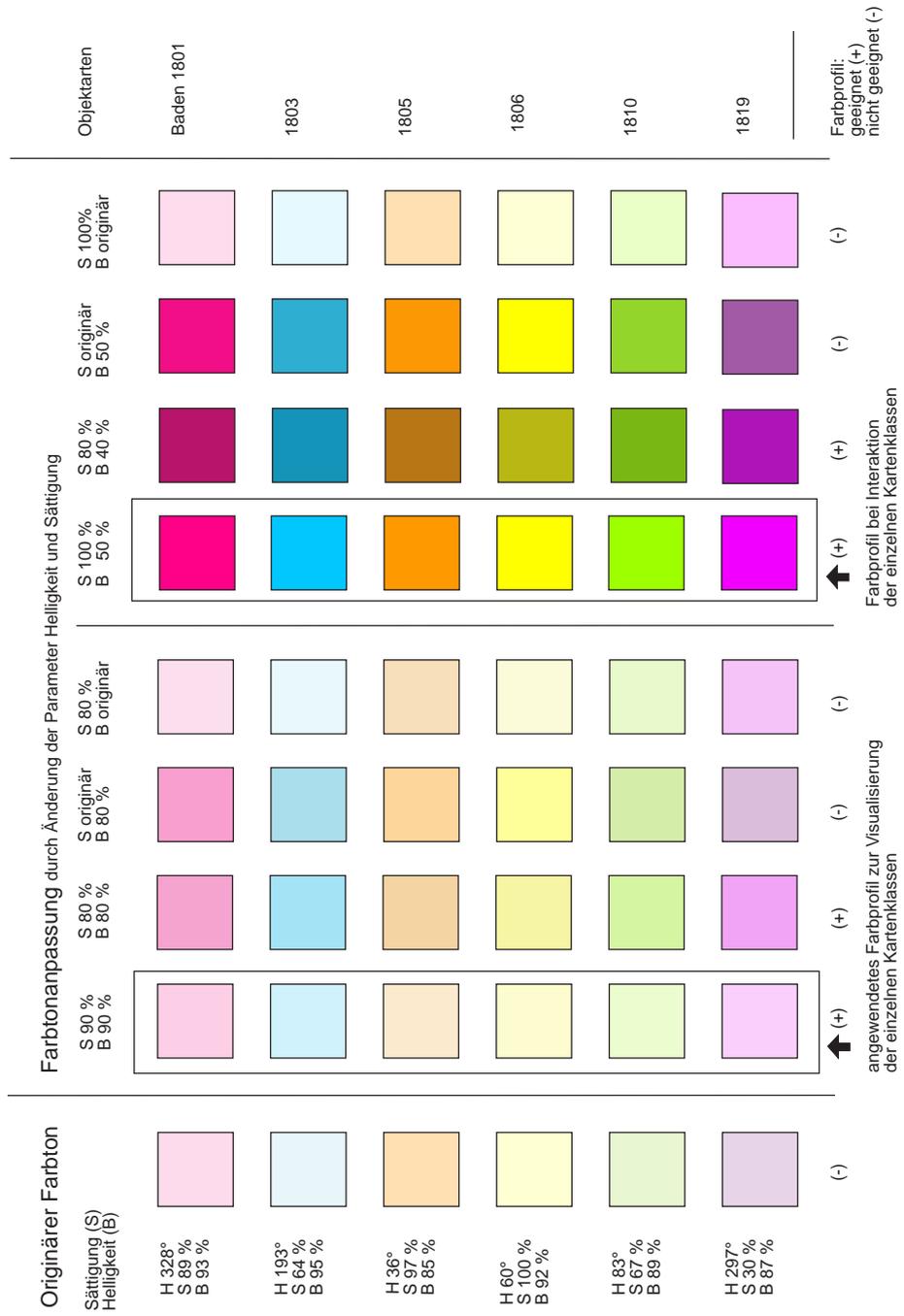


Abbildung 5.18: Farbtonanpassung für die Bildschirmpräsentation am Beispiel der thematischen Karte 5.17.

oder Sättigungswerte angeglichen werden. Die erste Spalte zeigt dabei die originären Farbwerte, die nach der Digitalisierung der analogen Karte ermittelt werden konnten. Dabei fällt auf wie stark die Farbwerte insbesondere in Sättigung und auch Helligkeit variieren. Damit sich die Volltöne für die Umsetzung der interaktiven Elemente deutlich aus der Graphik abheben, den größtmöglichen Kontrast erreichen und dieser auch für alle Objektarten äquidistant ist, müssen alle Farbwerte in Bezug auf ihre Sättigung und Helligkeit durch gleiche Werte aufeinander abgestimmt werden. Die in dem Beispiel (Abb. 5.17) angewendeten Farbtöne dürfen je nach Visualisierungszustand, durch Interaktion aktiviert oder eben nicht aktiviert, nur im Farbton differenzierbar sein.

Erweiterung durch graphische Gestaltungsmittel der Bildschirmkarte: Die Umsetzung der analogen Karte als Bildschirmkarte bietet durch die Möglichkeit der Interaktion einen effizienten Zugang zur Karteninformation, da die interaktiven Kartenzeichen in ihrer temporär geänderten Darstellung eine schnelle Differenzierung zulassen und die Aufmerksamkeit des Betrachters erhöhen. Die optische Zuordnung zwischen den Kartenzeichen, deren Beziehungen untereinander und zur Legendeninformation fördert die Lesbarkeit und die Wahrnehmung der dargebotenen Information. Die Abbildungen 5.19 - 5.24 zeigen, wie die einzelnen interaktiven Objektarten im starken Kontrast zur Kartengraphik dargestellt werden. Neben dem farblichen Kontrast kann auch die Kontur der Flächenkartenzeichen in ihrer Breite verstärkt werden. Des Weiteren kann der Erläuterungstext durch Änderung der Schriftstärke und/oder -größe hervorgehoben werden.

Bewertung der Darstellungen

Die Abbildung 5.19 zeigt die durch Interaktion visuell geänderten Flächenkartenzeichen der Objektart „Baden 1801“ im gesättigten Vollton. Diese Darstellung hebt sich prägnant von der Kartengraphik ab, so dass alle Flächenkartenzeichen derselben Objektart schnell und einfach vom Betrachter erfasst werden.

Abbildung 5.20 zeigt, neben der Änderung von Helligkeits- und Sättigungswert, zusätzlich die Verstärkung der Kontur des Signaturenschlüssels und des Erläuterungstextes innerhalb der Legende. Diese Visualisierung unterstützt die

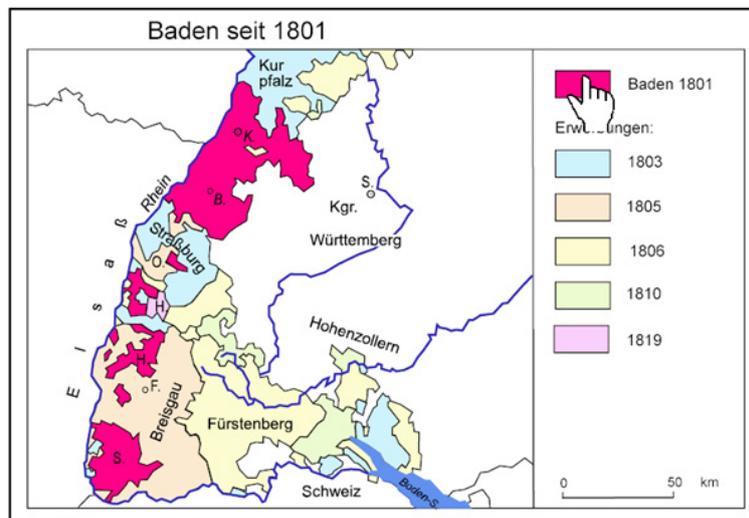


Abbildung 5.19: Baden 1801. - [Interaktives Web-Beispiel 4]

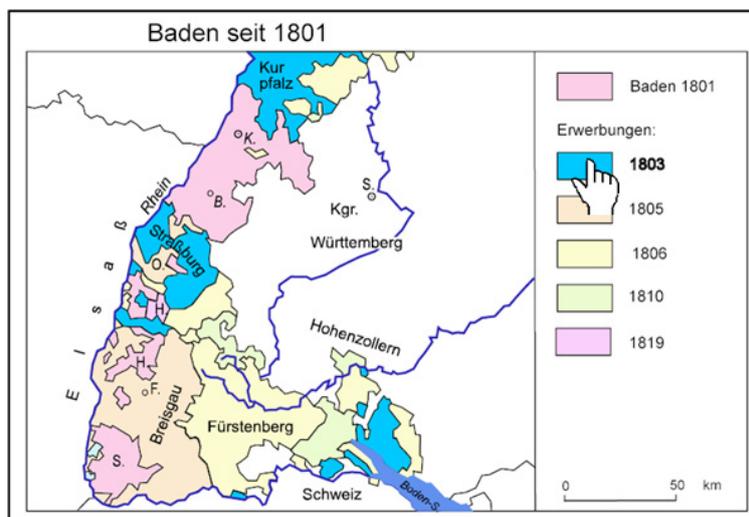


Abbildung 5.20: Baden 1803.

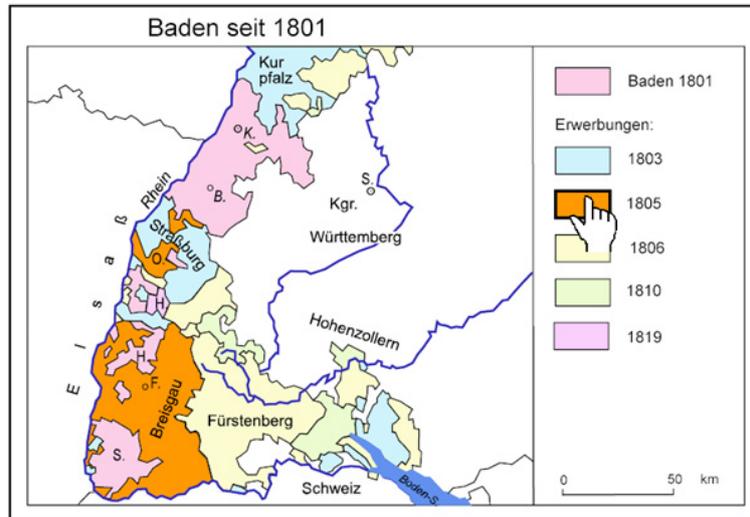


Abbildung 5.21: Baden 1805.

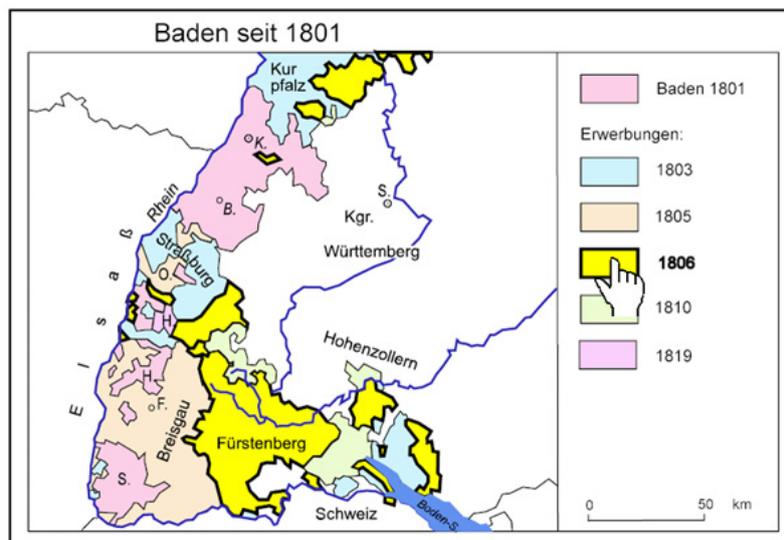


Abbildung 5.22: Baden 1806.

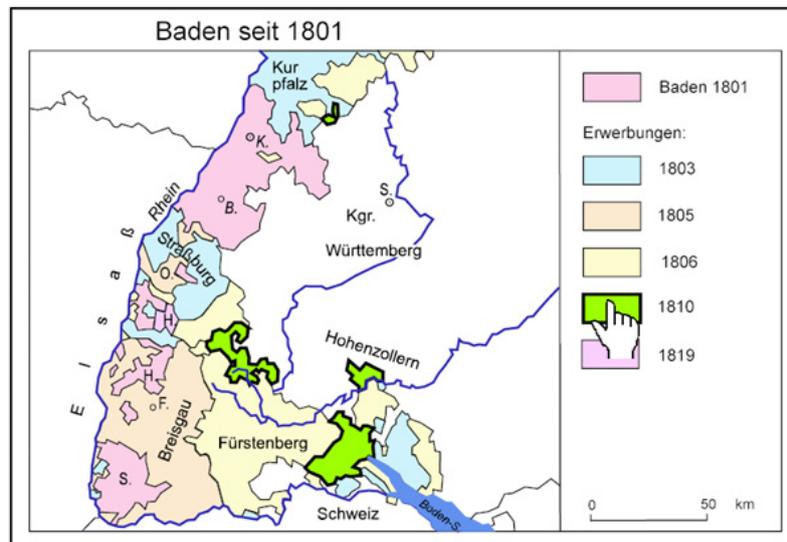


Abbildung 5.23: Baden 1810.

Wahrnehmung des Betrachters simultan, da der Betrachter die Beziehung zwischen den Flächenkartenzeichen und dem Zeichenschlüssel sowie dem Erläuterungstext schnell erkennen und isoliert betrachten kann.

In Abbildung 5.21 wurde das Rechteck des Zeichenschlüssels mit einer verbreiterten Kontur zur Betonung der aktuell aktivierten Interaktion realisiert. Dieser Effekt verbessert die Wahrnehmung des Zeichenschlüssels nicht, da der Benutzer den Mauszeiger auf diesem ruhen lässt und daher die entsprechende Objektart kennt. Berührt der Betrachter ein Kartenzeichen in der Kartengraphik, so ist diese Visualisierung sehr hilfreich bei der zeitnahen Suche der entsprechenden Relation.

Die Abbildung 5.22 entspricht einer Synthese aus den Abbildung 5.20 und 5.21. In diesem Beispiel werden die Flächenkartenzeichen zusätzlich mit einer verbreiterten Kontur betont. Im Allgemeinen kann die verbreiterte Kontur zu einer verbesserten Wahrnehmung führen. Allerdings, wie dieses Beispiel erkennen lässt, treten Probleme im Randbereich der angrenzenden Kartenzeichen auf. Dies ist in diesem konkreten Beispiel auf die Tatsache zurück zu führen, dass die Geometrien unsauber digitalisiert sind. Die Kartenzeichen wurden einzeln erfasst, so dass die jeweils angrenzenden Kartenzeichen über redundante Grenzlinien verfügen und es daher zu Über- oder Unterlappungen der Flächen-

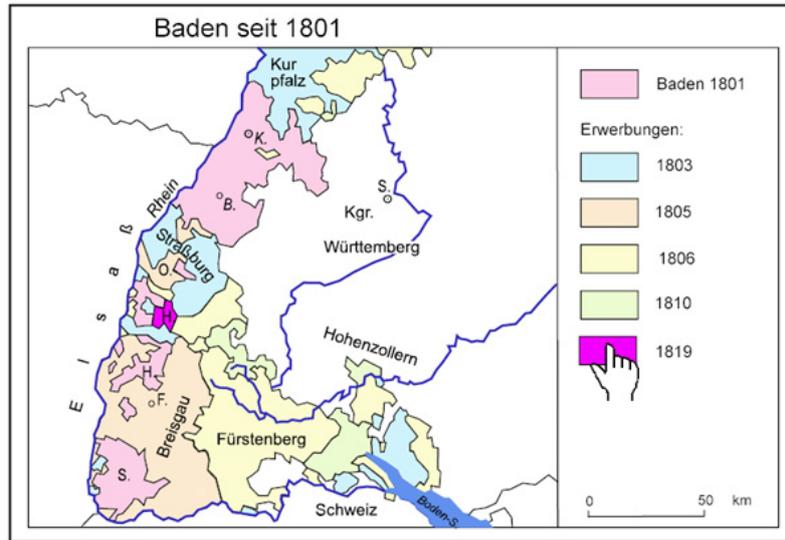


Abbildung 5.24: Baden 1819.

kartenzeichen kommt. In Bereichen der Überlappung von anderen Kartenzeichen ist die Verbreiterung der Kontur nicht sichtbar. In diesem Fall zeigt das Beispiel eine unattraktive, graphisch unausgewogene Darstellung. Zudem sollten die Flächenkartenzeichen bei Konturverstärkung eine gewisse Mindestgröße nicht unterschreiten. Für die Abbildung 5.23 gilt gleiches, allerdings scheint hier die Darstellung wegen der günstigen Objektwahl besser.

Die Abbildung 5.25 zeigt eine prägnante Visualisierung der Flächenkartenzeichen der Objektart „Baden 1801“, indem die Fläche durch den CMYK-Vollton Magenta präsentiert wird. Im Gegensatz zum vorangegangenen Beispiel 5.20 wird die Objektart isoliert auf dem Kartengrund dargestellt; die anderen nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten werden ausgeblendet. Auch in der Kartenlegende wird die Objektart durch den Farbton Magenta und den fett gedruckten Erläuterungstext dargestellt. Die anderen Objektarten werden ausgeblendet, wobei ihr Erläuterungstext erhalten bleibt, um dem Betrachter die Präsenz weiterer, derzeit nicht sichtbarer Objektarten zu vergegenwärtigen.

Die Abbildung 5.26 zeigt ebenfalls eine prägnante Darstellung. Die aktivierte Objektart ist durch einen graphischen Schattenwurf hervorgehoben. Alle nicht durch durch Interaktion angesprochenen Objektarten werden ausgeblen-

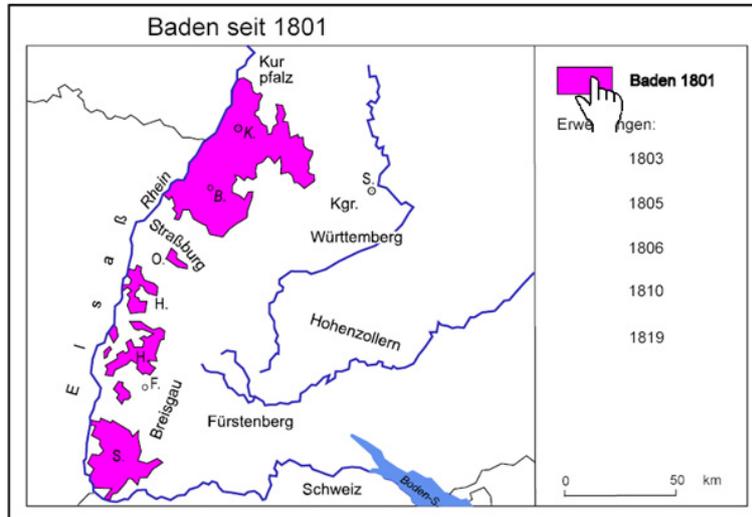


Abbildung 5.25: Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart werden in einem für die Darstellung festgelegten Farbton dargestellt; hier Magenta. Die nicht durch Interaktion angesprochenen Kartenzeichen werden ausgeblendet.

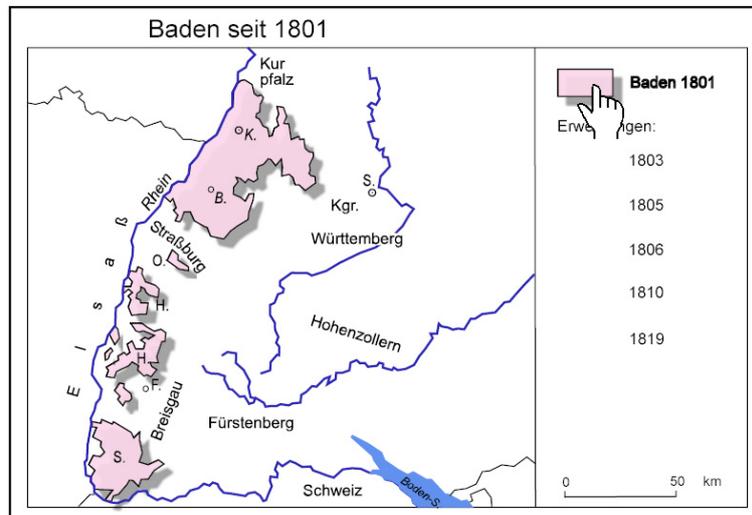


Abbildung 5.26: Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart werden durch einen graphischen Schattenwurf hervorgehoben. Die Flächenkartenzeichen der nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten werden ausgeblendet. - [Interaktives Web-Beispiel 5]

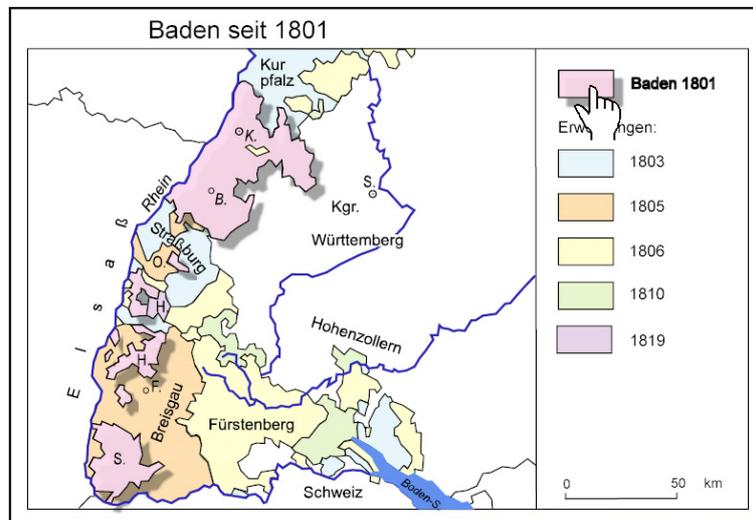


Abbildung 5.27: Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart werden durch einen graphischen Schatten hervorgehoben. - [Interaktives Web-Beispiel 6]

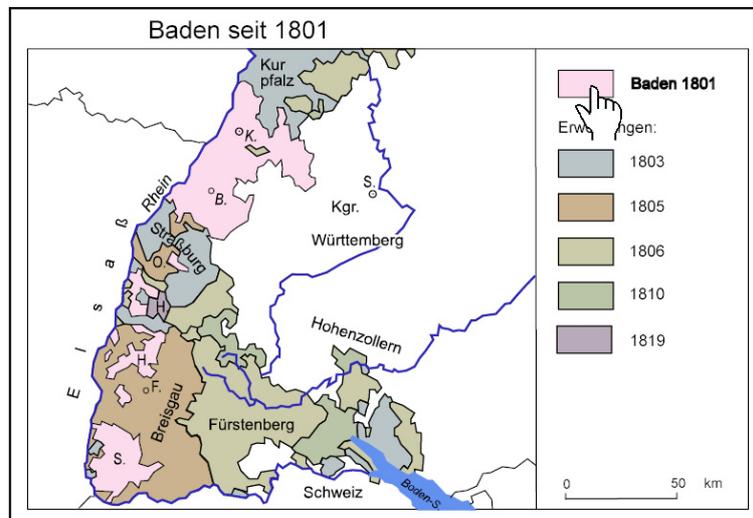


Abbildung 5.28: Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart behalten ihre originäre Darstellung bei. Die Flächenkartenzeichen der nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten werden abgedunkelt. - [Interaktives Web-Beispiel 7]

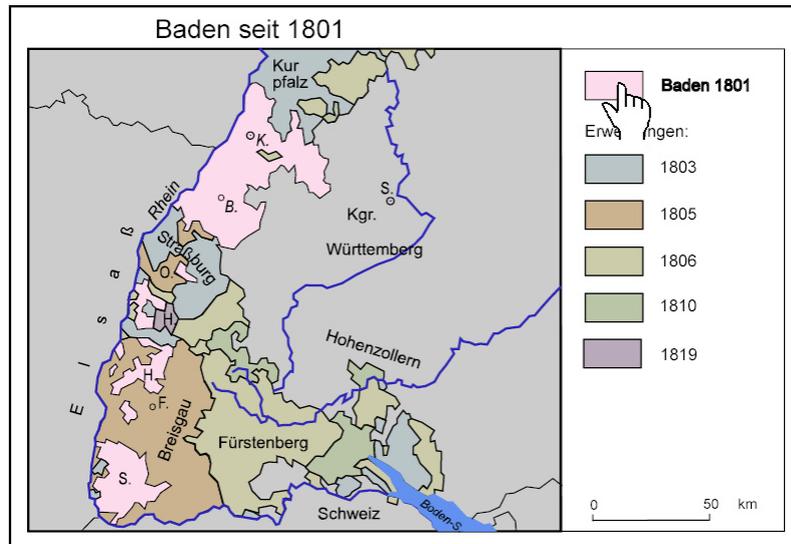


Abbildung 5.29: Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart behalten ihre originäre Darstellung bei. Die nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten und der Kartengrund werden abgedunkelt. - [Interaktives Web-Beispiel 8]

det. Diese Darstellungstechnik wirkt innovativ und attraktiv, da sie einen pseudoräumlichen Eindruck erzeugt.

Die Abbildung 5.27 zeigt eine Erweiterung von Abbildung 5.26. Allerdings bleiben hier auch die nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten, sowohl in der Kartengraphik als auch in der Kartenlegende eingeblendet. Die pseudoräumliche Wirkung der angewählten Objektart ist nach wie vor deutlich, benötigt aber wesentlich mehr Zeit bei der Informationsperzeption. Dieses Beispiel ist daher weniger effizient in der Informationsübermittlung als die beiden vorangegangenen Beispiele, aber deutlich effizienter als die konventionelle Darstellung.

Eine weitere Darstellungsmöglichkeit veranschaulicht Abbildung 5.28, indem die nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten durch einen Grauschleier abgedunkelt werden. Eine relativierte Farbzuoordnung der einzelnen Objektarten ist weiterhin möglich. Die aktivierte Objektart hebt sich, obwohl der originäre Farbton unverändert dargestellt ist, deutlich aus den abgedunkelten Arealen der nicht aktivierten Kartenzeichen hervor. Die farbliche Darstellung der interaktiven Kartenzeichen erscheint sogar in ihrer Intensität verstärkt.

Die Abbildung 5.29 beinhaltet eine Erweiterung der Abbildung 5.28. Bei dieser Umsetzung wird die nahezu die gesamte Kartengraphik von einem Grauschleier überzogen. Dies umfasst die nicht durch Interaktion angesprochenen Objektarten sowie die Topographie. Der originäre Farbton der aktivierten Objektart gewinnt durch diesen Effekt scheinbar an Leuchtkraft und Intensität, so dass die optische Isolation der Kartenzeichen vereinfacht wird. Die Darstellung der jeweils aktivierten Objektart setzt sich hier noch deutlicher als in Abbildung 5.28 aus der Kartengraphik ab. Jedoch ist die starke Densität (Schwärzegrad) dieser Graphik, wie auch bei der vorhergehenden, als negativ zu beurteilen

Bewertung der graphischen Darstellungsmethoden

Bei der interaktiv-statischen Darstellungsänderung von Flächenkartenzeichen ist die Anwendung von Farbwertanpassung, insbesondere durch Änderung der Parameter Helligkeit und Sättigung zum Überführen einer Farbe in einen Vollfarbton als prägnantes Darstellungsmerkmal zu bewerten, da die Farbassoziation bestehen bleibt. Die meistens in hellen Farbtönen gestalteten Flächenkartenzeichen können sich so, unter Einfluss von Interaktion, deutlich von anderen Kartenzeichen innerhalb der Kartengraphik abheben. Eine weitere Möglichkeit stellt die Farbtonänderung durch Visualisierung der einzelnen aktivierten Kartenzeichen im einheitlichen Farbwert dar. Zwar geht hier die Farbassoziation verloren, dennoch kann der Nutzer den strukturellen Aufbau der Karte, der Kartenzeichen und ihrer Relation zur Objektart sowie den hierarchischen Aufbau der einzelnen Objektarten, klar erkennen. Der Nutzer stellt sich schnell auf den Farbreiz ein.

Bei Flächenkartenzeichen kann die Variable Muster einen sinnvollen Einsatz erfahren. Schraffuren ändern den Gesamteindruck der Kartengraphik nicht nachhaltig, da ihre originäre Darstellung oft durch die Struktur durch scheint. Trotzdem ist die Anwendung der sekundären zweigeteilten Variablen Muster, mit den Variablen Anordnung und Textur, auf Grund der eingeschränkten Darstellungsqualität des digitalen Ausgabemediums sorgfältig abzuwägen. So können unter gewissen Restriktionen praktikable Lösungen für die Anwendung von Mustern entstehen, wie beispielsweise eine Schraffur, die sich unter einem Winkel von 0° , 45° oder 90° aufspannt.

Interaktion	
Primäre graphische Variablen	Sekundäre graphische Variablen
Richtung	k.A.
Größe	k.A.
Form	k.A.
Helligkeit (Farbe)	geeignet
Farbton (Farbe)	bedingt geeignet
Sättigung (Farbe)	nicht geeignet
	Transparenz (Sonderfall: Farbe)
	Anordnung (Muster)
	Textur (Muster)
	Veränderung / Bewegung
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> geeignet </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: gray; margin-right: 5px;"></div> bedingt geeignet </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: white; margin-right: 5px;"></div> nicht geeignet </div>

Abbildung 5.30: Bewertung der graphischen Variablen nach dem Erweiterungsvorschlag in Abschnitt 3.3.6 in Bezug auf die Eignung zur effizienteren Informationsübermittlung durch interaktive Änderung der Darstellung. (k.A. - keine Anwendung möglich.)

5.3.2 Interaktiv-animierte Flächenkartenzeichen

Flächenkartenzeichen werden durch die qualitativen oder ordinalen Merkmale der primären dreigeteilten Variablen der Farbe (Farbton, Helligkeit und Sättigung) und/oder der sekundären zweigeteilten Variablen der Muster (Anordnung und Textur) dargestellt. Wie im vorangegangenen Abschnitt 5.3.1 bereits beschrieben, eignen sich Farbwertänderungen durch Parametrisierung von Farbton, Helligkeit und Sättigung insbesondere zur quasistatischen Visualisierung von Flächenkartenzeichen. Diese graphischen Variationen lassen sich aber auch auf die interaktiv-animierten Flächenkartenzeichen anwenden. Die in thematischen Karten transkribierten relativen oder absoluten Werteangaben beziehen sich meist auf areale Einheiten wie geographische, administrative oder auch geometrische Bezugsflächen. Daher verfügen thematische Karten oft über eine Vielzahl von Flächenkartenzeichen mit mehr oder weniger großer räumlicher Ausdehnung. Je nach Thematik, ob qualitative oder quantitative Aussagen beabsichtigt sind, spielen dabei gut aufeinander abgestimmte Farbton- oder Helligkeitsskalen eine bedeutende Rolle.

Für die Darstellung eines oder mehrerer interaktiv-animierter Kartenzeichen bewähren sich zwei Arten der Realisierung. Zum einen das Aufblinken in einem für die jeweilige Objektart spezifischen Farbton und zum anderen das Aufblinken in einem für die animierte Darstellung festgelegten markanten Farbton (Signalfarbe).

Das erstere Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass jeder Objektart eine für sie spezifische Farbe zugewiesen wird, die abwechselnd zum originären Farbwert der Objektart aufblinkt. Die Festlegung der für die temporale Animation repräsentativen Farbe erfolgt durch Modifizierung des originären Farbwertes der jeweiligen Objektart, indem die Helligkeits- und Sättigungswerte entsprechend parametrisiert werden; dabei bleibt der Wert des Farbtons auf dem Farbkreis erhalten. Dieser modifizierte Farbwert wird in Anlehnung an die assoziativen Eigenschaften der Objektart ermittelt. Der Farbcharakter wird nicht nachhaltig geändert. Die kurzweilige temporale Animation kann durch diskrete Farbänderungen oder durch einen kontinuierlichen Farbverlauf zwischen dem originären und dem modifizierten Farbton dargestellt werden. Erweitert man die Farbskala des originären Farbtons bis zum gesättigten Farbton um den unbunt Farbton Weiß, dann werden durch die Verlängerung der Farbskala stärkere Kontraste gesetzt. Die Reizmerkmale des Blinkens werden so erhöht. Die Abbildung 5.31 vermittelt den Eindruck der beschriebenen Farbkontraste am Beispiel von interaktiv-animierten Flächenkartenzeichen.

Das zweite Visualisierungsverfahren der interaktiv-animierten Flächenkartenzeichen verwendet die blinkende Darstellung in einem markanten für die Animation festgelegten Farbton. In diesem Fall muss jedoch ein Farbton gewählt werden, der Assoziationen mit den in der Kartengraphik dargestellten Kartenzeichen anderer Objektarten ausschließt. Die so animierten Kartenzeichen sind in der Kartengraphik gut perzeptiv wahrnehmbar, und der Bezug zur Legende lässt sich schnell bilden. Ist ein ähnlicher Farbton auf Grund der Vielzahl der qualitativen Objektarten vorhanden, sollte man dieses Verfahren konsequent ablehnen.

Existieren mehrere Objektarten mit arealer Ausprägung die semantisch eine Gruppe im Sinne einer übergeordneten Objektart bilden, so bietet es sich an, für diese Objektarten bei der durch Interaktion ausgelösten Visualisierungsänderung denselben Farbton zu verwenden. Die Farbwahl kann dabei einen assoziativen Bezug zur übergeordneten Objektart herstellen. Weisen die Objektarten jedoch semantisch keine Gleichartigkeit auf, so ist dieser Sachver-

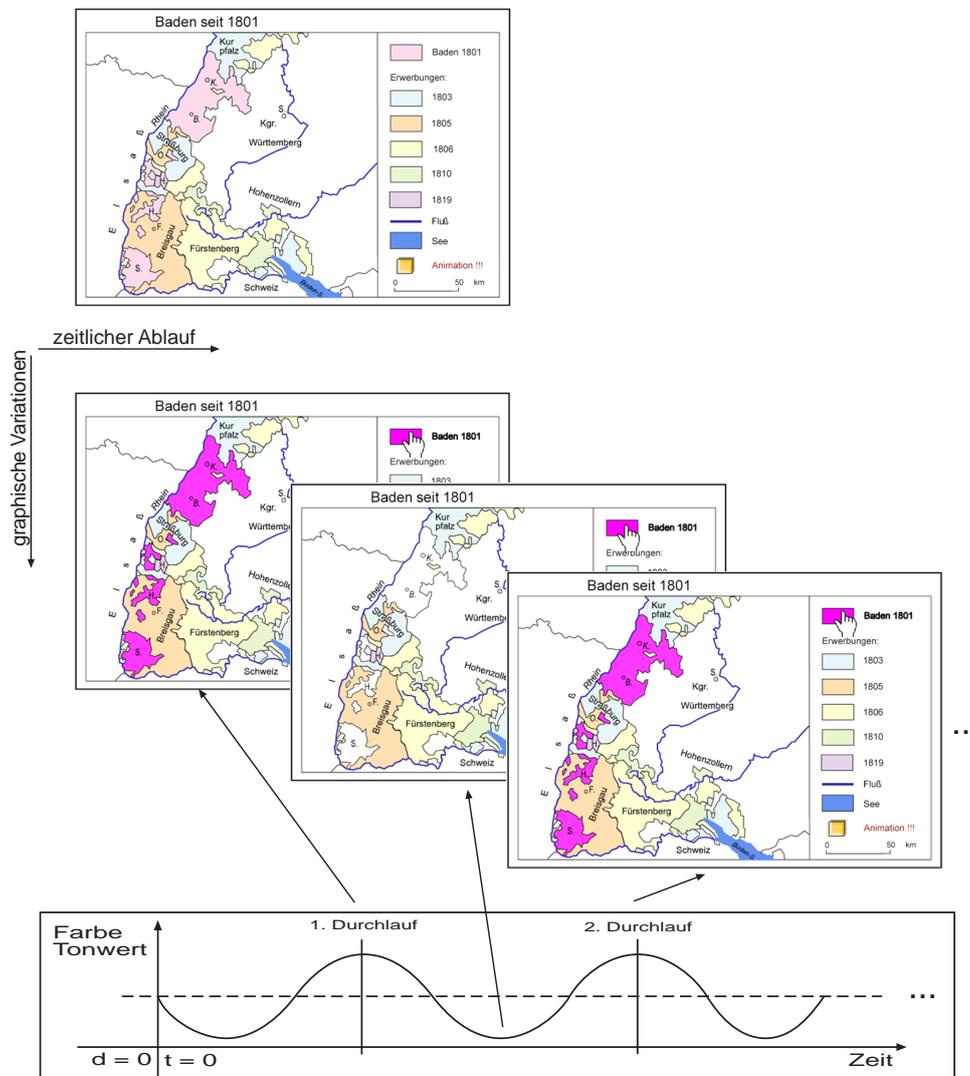


Abbildung 5.31: Interaktiv-animierte Flächenkartenzeichen. - [Interaktives Web-Beispiel 9]

halt deutlich durch die Verwendung einer differenzierten Farbgebung darzustellen.

Eine weitere Möglichkeit der interaktiv-animierten Visualisierung besteht im Highlighten der Umrisskontur des Kartenzeichens. Das bedeutet, die Kontur blinkt innerhalb eines festgelegten Zeitraums unter einer bestimmten Frequenz auf. Allerdings muss deutlich werden, auf welche Seite der Umrisskontur sich die Information bezieht. Entscheidend ist auch, dass das entsprechende Flächenkartenzeichen vollständig auf dem Bildschirm angezeigt wird. Ist nur eine Teilfläche sichtbar, so ist dieses Mittel weniger geeignet.

Bewertung der graphischen Darstellungsmethoden

Die interaktiv-animierten Flächenkartenzeichen führen unter Nutzung möglichst starker Kontraste der Farbwerte, durch Abstimmung von Helligkeits- und Sättigungsparameter oder durch Wahl eines festgelegten, markanten Farbtönen zu einer prägnanten kinematischen Präsentation der jeweils interaktiv angesteuerten Objektart. Für die graphischen Gestaltungsmittel gelten die Kriterien aus Abschnitt 5.3.1, allerdings unter Einfluss der sekundären Variablen Veränderung, die der Darstellung von Bewegungen und Prozessen oder wie hier als Mittel der Aufmerksamkeitsförderung dient. Das Blinken eines Kartenzeichens setzt starke optische Reize. Dies kann in Zusammenhang mit einer klar strukturierten graphischen Gestaltung ausdrucksstarke Bildschirmkarten erzeugen.

Im Allgemeinen ist es schwierig, den zeitlichen Ablauf von interaktiv-animierten Kartenzeichen benutzerorientiert zu gestalten, da die Dauer und die Periodizität von den individuellen Bedürfnissen des einzelnen Anwenders abhängen. Animierte Kartenzeichen bieten den Vorteil, dass einzelne oder auch wenige räumlich verteilte, blinkende Kartenzeichen schnell aus der Kartengraphik aufgefunden und isoliert betrachtet werden können. Hier ermöglichen sie eine gute Selektion. Nachteilig erweist sich dieses Prinzip allerdings bei vielen räumlich stark ausgedehnten Agglomerationen von Kartenzeichen, da sie nicht einzeln, sondern nur assoziativ im Verbund vom Betrachter wahrgenommen werden können. Animierte Kartenzeichen vereinfachen zwar das Auffinden der Kartenzeichen, aber erschweren deren explorative Auswertungen. Zur Analyse von Flächenkartenzeichen, die wie beispielsweise in Kartogrammen thematische Bezugsflächen bilden, ist die interaktiv-statische Darstellungsänderung zu bevor-

Interaktion	
Primäre graphische Variablen	Sekundäre graphische Variablen
Richtung	k.A.
Größe	k.A.
Form	k.A.
Helligkeit (Farbe)	geeignet
Farbton (Farbe)	geeignet
Sättigung (Farbe)	geeignet
	Transparenz (Sonderfall: Farbe) bedingt geeignet
	Anordnung (Muster) bedingt geeignet
	Textur (Muster) bedingt geeignet
	Veränderung / Bewegung geeignet
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> geeignet </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: gray; margin-right: 5px;"></div> bedingt geeignet </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: white; margin-right: 5px;"></div> nicht geeignet </div>

Abbildung 5.32: Bewertung der graphischen Variablen nach dem Erweiterungsvorschlag in Abschnitt 3.3.6 in Bezug auf die Eignung zur effizienteren Informationsübermittlung durch interaktive Änderung der Darstellung. (k.A. - keine Anwendung möglich.)

zugen, da sich hier eine zeitunabhängige Visualisierung der Flächenkartenzeichen unter Aufrechterhaltung der Interaktion den kognitiven Fähigkeiten des Benutzers am besten anpasst.

5.4 Visualisierung monothematischer Karteninformation aus Komplexkarten

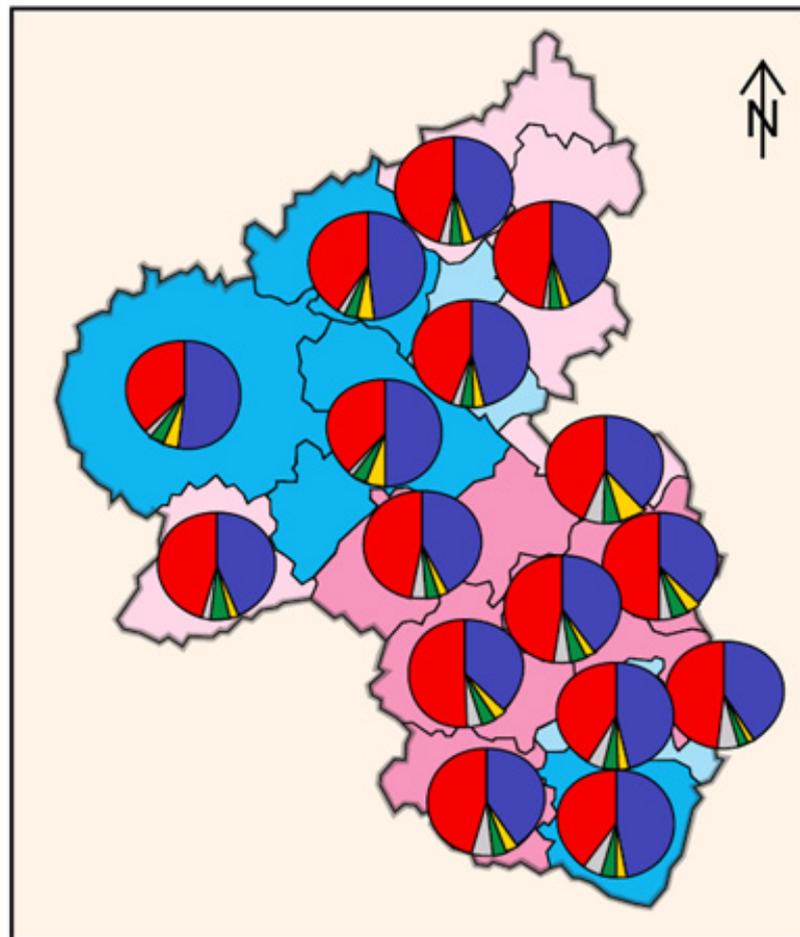
Nach den Ausführungen zur interaktiv-statischen und interaktiv-animierten Änderung der Darstellung von Objektarten unter dem Fokus der graphischen Grundprimitiva (Abschn. 5.1 - 5.3) werden hier aus einer polythematischen Kartendarstellung zur schnelleren Wissensakquisition monothematische Auszüge auf Grundlage der gleichen Darstellungsgeometrie visualisiert.

Die Abbildung 5.33 zeigt das Beispiel einer solchen polythematischen Kartengraphik beziehungsweise Komplexkartengraphik. Unter dem Einfluss von Interaktion können monothematische, analytische Kartenebenen aus der originären Darstellung visualisiert werden. Die Präsentation der Information erfolgt interaktiv-statisch, da die einzelnen analytischen Kartendarstellungen nur temporär visualisiert werden, genau solange der Mauszeiger auf dem entsprechenden Zeichenschlüssel ruht. Die Bildschirmkarte visualisiert die Thematik der Ergebnisse der Bundestagswahl 1998 in einem Kombinationskartogramm. Die Kombination setzt sich aus einem Flächenkartogramm und einem Kartodiagramm zusammen. Die Kreissektoren des Kartodiagramms geben die proportionale Verteilung der Direktmandate an. Der Zweitstimmenanteil kommt durch das Flächenkartogramm zum Ausdruck. Die Intention zur Erzeugung dieser Bildschirmkarte, die polythematische Inhalte in analytische Karten zergliedert, liegt darin dem Betrachter die Fülle an Informationen, inhaltlich strukturierter und reduzierter darzubieten, um ihm zu einen zeitlichen Vorteil bei der Interpretation der Vielzahl an Informationen zu verhelfen. Alle Informationen, die der Betrachter der jeweiligen neuen analytischen Karte (s. Abb. 5.34 u. 5.35) entnehmen kann, sind bereits in der Komplexkarte transkribiert.

Die Abbildung 5.34 visualisiert die Verteilung der Direktmandate bezogen auf die Wahlbezirke. Zu jeder Objektart (Partei) kann ein Flächenkartogramm aus der originären Kartengraphik übertragen werden. Die Einteilung der einzelnen Objektarten des Flächenkartogramm (Direktmandate pro Wahlbezirke der Partei) wurde vorab durch Analyse der Datensätze ermittelt. Die Farbgebung der Kartogrammdarstellung ist assoziativ in Anlehnung an die jeweilige Partei gewählt. Die weißen Flächen stellen die Nullklassen dar. Die hierarchische ordinale Struktur der Transkription der Objektarten des Flächenkartogramms erfolgt durch Helligkeitsstufen.

Ebenso könnten die durch Interaktion angestossenen Objektarten der originären Bildschirmkarte die entsprechenden statistischen Zahlenwerte der Kreissektoren in lokale Kartenzeichen eines sogenannten Signaturenkartogramms abbilden. Die Signaturenkartogramme (s. Abb. 5.35) zeigen die prozentuale Verteilung der Direktmandate der jeweiligen Parteien pro Wahlkreis.

Ergebnisse der Bundestagswahl 1998 Rheinland-Pfalz



Direktmandate
(Erststimme)



Zweitstimmenanteil



 Landesgrenze

 Wahlkreisgrenze

© IKG Uni Bonn, 2002

Abbildung 5.33: Ergebnisse der Bundestagswahl 1998 in Rheinland-Pfalz.

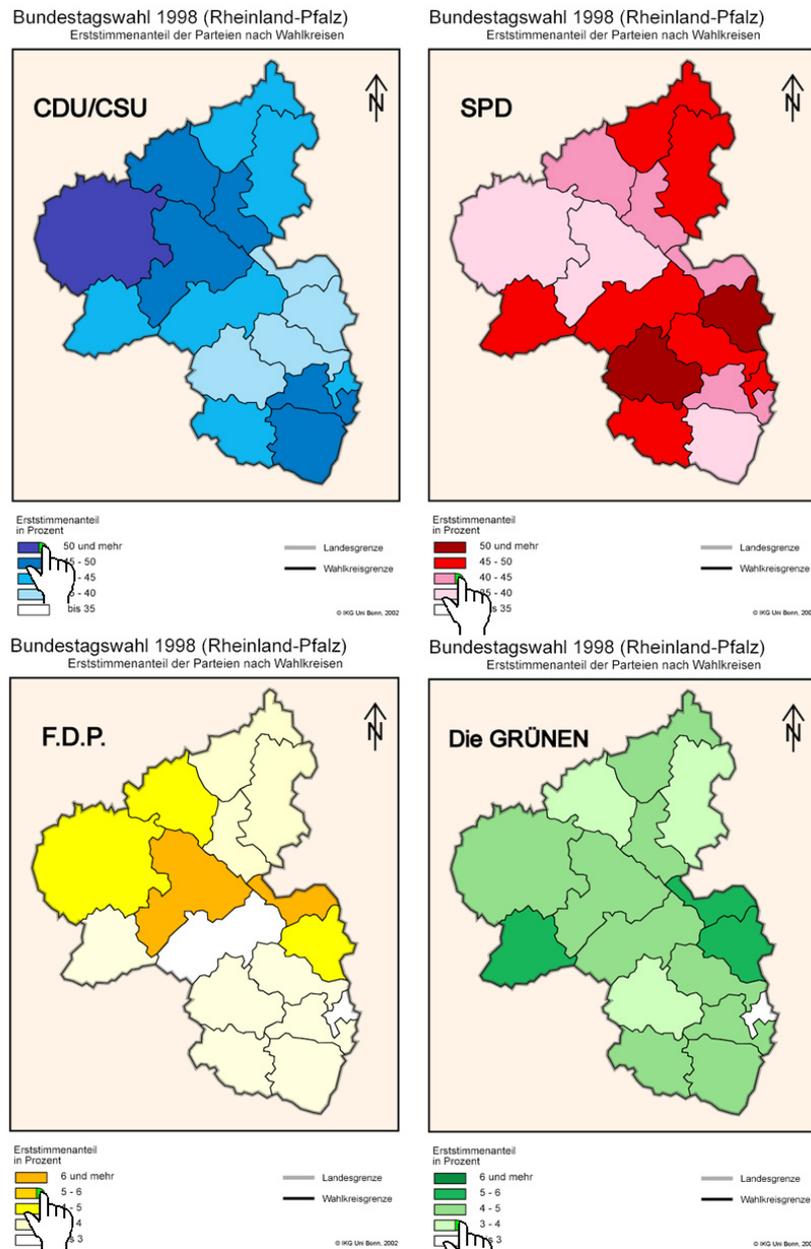


Abbildung 5.34: Interaktiv-statische Visualisierung der Direktmandate pro Wahlbezirk der jeweiligen Partei. Die analytische Darstellung zeigt ein Flächenkartogramm. - [Interaktives Web-Beispiel 10]

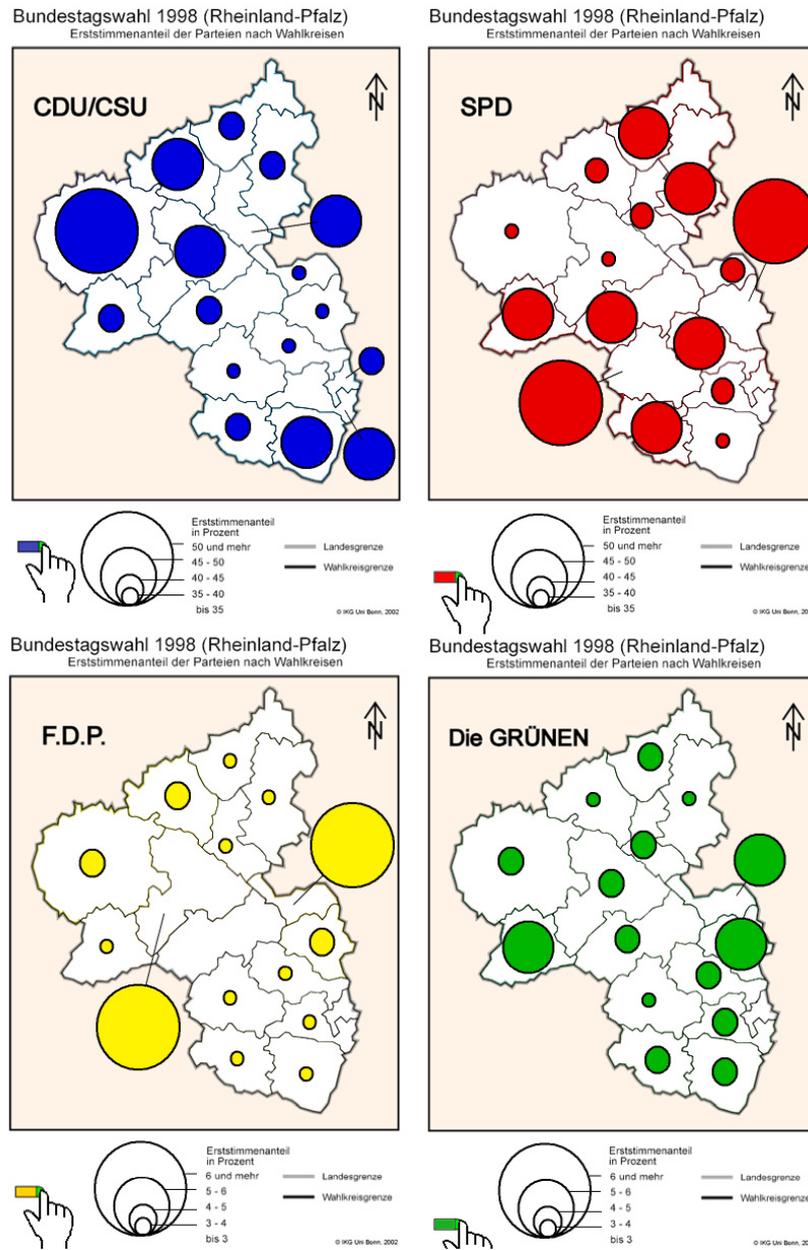


Abbildung 5.35: Interaktiv-statische Visualisierung der Direktmandate pro Wahlbezirk der jeweiligen Partei. Die analytische Darstellung zeigt ein Signaturenkartogramm.

5.5 Animation zur Darstellung von Sachverhalten ohne Zeitbezug

Um eine *Animation zur Darstellung kartographischer Sachverhalte ohne zeitlichen Bezug* handelt es sich, wenn eine Animation zur Verdeutlichung eines Kartenthemas eingesetzt wird, dass seiner Semantik nach keinen Zeitbezug aufweist. Die Zielsetzung der Animation ist hier vielmehr die räumliche und inhaltliche Darstellung von Strukturen und Zusammenhängen. In der Literatur wird diese Art der Animation auch als *nontemporale Animation* bezeichnet [DRANSCH 1995].

Die nontemporale Animation bietet im Kontext der vorliegenden Arbeit die Darstellungsmöglichkeiten:

- Veränderung des dargestellten Inhalts und
- Änderung der graphischen Variationen von Kartenzeichen.

Sie unterstützt die subjektive Wahrnehmung des Betrachters und erleichtert die Interpretation der Karteninformation durch inhaltliche Systematisierung und graphische Strukturierung der kartographischen Informationen.

5.5.1 Veränderung des dargestellten Inhalts

Die Veränderung des dargestellten Inhalts entspricht einer Änderung der Präsentation der thematischen Darstellung. So kann beispielsweise der Datenbestand in der Form modifiziert werden, dass der originäre Karteninhalt nun in eine Animation gebettet strukturierter dargeboten wird. Die Kartenzeichen werden hierbei unabhängig von raumzeitlichen Aspekten visualisiert. Möglichkeiten der Veränderung des dargestellten Inhalts bestehen in dem sukzessiven Anzeigen von Kartenzeichen einer Objektart oder von mehreren Objektarten sowie dem variablen Kombinieren verschiedener Objektarten [DRANSCH 1995]. Dabei ist letzteres im Sinne einer nachhaltigen Informationsübermittlung zu vermeiden, da das variable Kombinieren von Objektarten zu Fehlinterpretationen und Verwirrungen seitens des Nutzers führen kann.

Das sukzessive Einblenden der Kartenzeichen steuert die kognitive Wahrnehmung des Nutzers, indem die Objektarten in einer vorab definierten Reihenfolge

präsentiert werden. Diese Darstellungsart erhöht die perzeptive Informationsaufnahme und ermöglicht dem Nutzer ein schnelles Auffinden und Zuweisen der Kartenzeichen zur entsprechenden Objektart. Die Reihenfolge der Darbietung kann frei gewählt werden; erfolgt sie jedoch in Anlehnung an die Stufung der Objektarten, so sind die Informationen strukturierter und nachvollziehbarer für den Betrachter.

Im Folgenden wird ein Beispiel für die Anwendung der kartographischen Animation zur Darstellung von Sachverhalten ohne Zeitbezug auf Isolinien vorgestellt (s. Abb. 5.36 u. 5.37). Die Bildschirmkarte zeigt einen unmaßstäblichen Ausschnitt aus einer topographischen Karte (TK50). Gegenstand der Betrachtung sind Isolinien, in diesem Fall Höhenlinien als lineare Kartenzeichen.

Die Erfassung der Geländeform aus einer topographischen Karte (TK50) stellt für den Kartenbetrachter eine relativ anspruchsvolle Aufgabe dar. Denn die Höhenlinien sind in der Kartengraphik untergeordnet und daher optisch relativ schwierig zu erfassen. Des Weiteren stehen die Höhenzahlen in der TK50 nur vereinzelt im Verlauf der Höhenlinie. Will der Betrachter die Höheninformation an einer bestimmten Stelle erfahren, so ist eine visuelle Verfolgung der Linie bis zur nächsten Höhenzahl erforderlich. Die Richtung des Gefälles kann der Betrachter entweder indirekt bestimmen indem er beispielsweise Bachläufe und Berggipfel in seine Betrachtung miteinbezieht, was eine gewisse Übung erfordert, oder er muss visuell dem Verlauf zweier benachbarter Höhenlinien folgen.

Diese anspruchsvolle Aufgabe der Erfassung der Geländeform kann durch die Bildschirmkarte deutlich vereinfacht werden. Die Darstellung wurde in diesem Beispiel im Vergleich zur analogen TK50 geringfügig modifiziert (s. Abb.5.36). So beinhaltet dieser Ausschnitt der topographischen Karte keine Höhenzahlen. Der dargestellte Bereich ist so klein, daß auch das analoge Vorbild in diesem Ausschnitt keine Höhenzahlen enthält. Außerdem sind die Höhenangaben bei Verwendung einer interaktiven Darstellung auch nicht erforderlich, da die Bildschirmkarte diese Informationen einfacher und schneller vermitteln kann; siehe hierzu die in Kapitel 6 beschriebenen Verfahren.

Auch die Darstellung der Höhenlinien weicht in diesem Beispiel geringfügig von der TK50 ab. Diese klassifiziert die Höhenlinien in unterschiedliche Objektarten. So werden die 100 Meter Linie in normaler Strichstärke, die 10 Meter Linie dünn, die 5- und 2,5 Meter Linie dünn gestrichelt dargestellt. Dadurch wird in

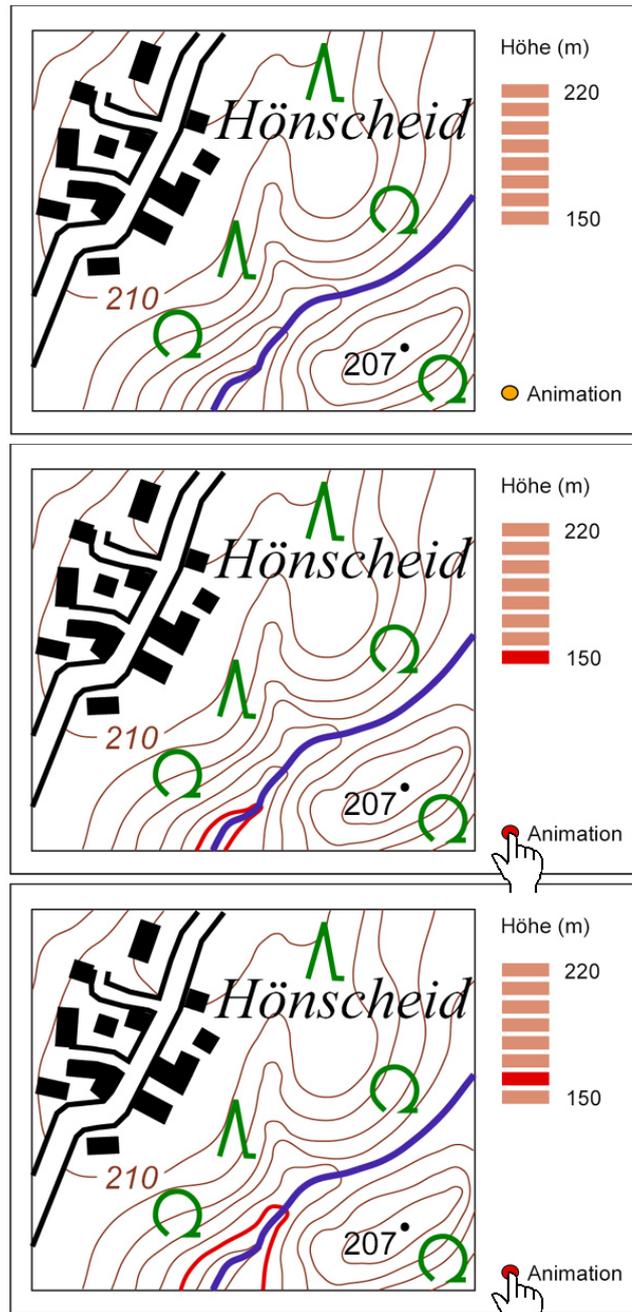


Abbildung 5.36: Kartographische Animation zur Darstellung von Sachverhalten ohne Zeitbezug; hier zur Beschreibung der Geländeform durch Animation der Höhenlinien.

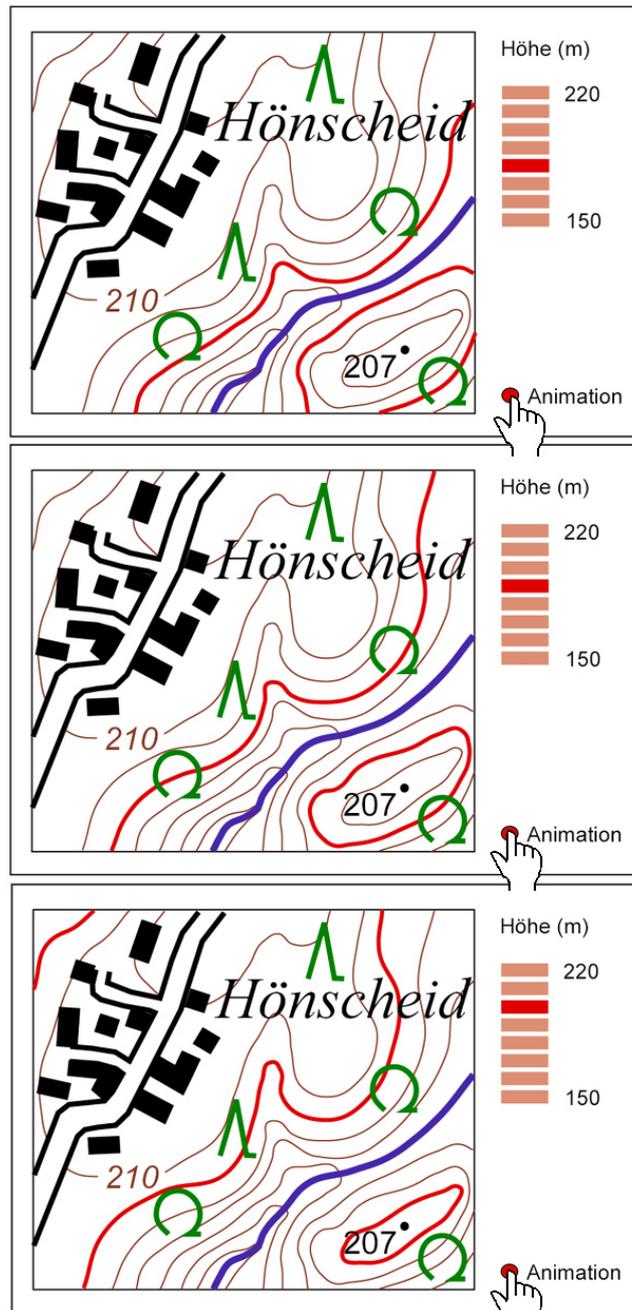


Abbildung 5.37: ... Fortsetzung zu Abbildung 5.36. - [Interaktives Web-Beispiel 11]

der analogen Darstellung sowohl die visuelle Verfolgung der Linie, als auch das Abzählen der Höhenlinien für den Betrachter erleichtert. Die Bildschirmkarte der Abbildungen 5.36 und 5.37 visualisiert nur 10er Höhenlinien. Eigentlich müsste die 200er Höhenlinie nach den Musterblättern der TK50 anders dargestellt werden. Dies würde bei dem kleinen Ausschnitt den Betrachter aber eher verwirren als unterstützen.

Einen weiteren Unterschied zur analogen Karte bildet die Transkription der Höhenangaben in der Kartenlegende. Hier wurde für jeden Höhenwert eine Objektart gebildet. In der Legende wird eine achtstufige Skala mit 10 Metern Schrittweite abgebildet, wobei jedem Höhenwert eine Stufe zugeordnet ist.

Die Geländeform der dargestellten Situation kann mit einem gewissen Zeitaufwand auch durch die analoge Darstellung übermittelt werden. Durch Erfahrung und logische Rückschlüsse gelangt der Betrachter zu der Erkenntnis, dass das Gelände in Richtung des Flusses, hier durch die blaue Linie gekennzeichnet, abfällt und jenseits des Tales zur Ortschaft hin wieder ansteigt. Einen schnelleren Zugang zur Information bietet an dieser Stelle die nontemporale Animation der Höhenlinien. Die einzelnen linearen Kartenzeichen werden von der Isolinie mit dem kleinsten Wert, in diesem Fall 150 Meter, bis zu der Isolinie mit dem höchsten Wert, der 220 Meter Isolinie im zeitlichen Abstand von einer Sekunde visualisiert. Diese Animation der Isolinien sollte relativ schnell erfolgen, da ansonsten die Information nicht gut nachvollziehbar ist. Außerdem bietet es sich an, die Linienstärke wie in diesem Beispiel, zu erhöhen, denn bei feinen Linien wird die Farbvariation sonst nicht gut wahrgenommen. Den deutlichen Mehrwert einer Animation sieht man schnell bei dem Vergleich zu den beiden Abbildungen 5.36 und 5.37, die den Ablauf der Animation verdeutlichen aber hier gedruckt sind. Zwar wird die jeweilige Höhenlinie mit der entsprechenden Skalenangabe in der Kartenlegende visualisiert und die einzelnen Bilder sind nach dem Ablauf der Animation hintereinander dargestellt, trotzdem wirken sie verwirrend und erfordern eine eingehende Betrachtung. Gerade bei diesem Beispiel wird wieder deutlich, dass sich die erweiterten Visualisierungsmöglichkeiten der Bildschirmkarte im Druck nur unzureichend wiedergeben lassen. Während die Animation schnell einen guten Überblick über die Geländeform verschafft, wirkt die im Druck dargestellte Bildfolge eher verwirrend und vermittelt nur einen schlechten Eindruck von der Wirkung der eigentlichen Animation. Zum Vergleich wird empfohlen, die eigentliche Animation auf einem Bildschirm zu betrachten.

5.5.2 Änderung der graphischen Variation von Kartenzeichen

Die Änderungen der Darstellung bezieht sich auf rein graphische Aspekte der Ausgestaltung von Kartenzeichen. Ist das Kartenzeichen georeferenziert und syntaktisch einwandfrei transkribiert, dann kann die nontemporale Animation zur Visualisierung einer bestimmten Semantik, dargestellt durch die graphische Änderung von Kartenzeichen, beitragen. Sie dient nicht der Darstellung von raumzeitlichen Veränderungen. Die nontemporale Animation kann Schwellenwerte oder Extremwerte verdeutlichen und damit auf bestimmte Daten hinweisen [DRANSCH 1995].

5.6 Animation zur Darstellung zeitbezogener Sachverhalte

Kartographische Animationen zur Darstellung zeitbezogener Sachverhalte, sogenannte *temporale Animationen*, beschreiben den Ablauf graphischer Bilder, die räumliche Veränderungen innerhalb bestimmter Zeitintervalle visualisieren. Gegenstand der temporalen Animation sind Zeit, Raumstrukturen und die damit zusammenhängenden Veränderungen [DRANSCH 1995].

Analoge Karten können zeitabhängige Veränderungen von Bewegungen oder Prozessen als kinematische Phänomene darstellen. Soll aus einer kinematischen Darstellung eine Bildschirmkarte generiert werden, können diese auch um eine temporale Animation erweitert werden. Die kinematische Präsentation des Kartenthemas wird durch Interaktion angestoßen und läuft autorenkontrolliert ab; der Kartenbetrachter hat dabei meist keinen Einfluss auf deren fest implementierten Ablauf. Solche Animationen ermöglichen eine prägnante und nachhaltige Art der Visualisierung einer Kartenthematik. Die graphischen Variationen der Zeichen können vom Kartenautor speziell für die Animation festgelegt werden.

5.6.1 Animation von lokalen Kartenzeichen

Betrachtet man die Darstellungen der analogen Kartographie, so wird man feststellen, dass kinematische Darstellungen von lokalen Kartenzeichen nur über die optische Zuweisung der Kartenobjekte zu epochalen Objektarten möglich

sind. Meist werden raumzeitliche Veränderungen durch den kinematischen Aspekt von Bewegungslinien visualisiert. Der Einsatz von temporalen Animationen lokaler Kartenzeichen in computeranimierten Karten erfolgte bisher selten. Sie sind allerdings ein effizientes Gestaltungsmittel, um kinematische Prozesse zu visualisieren.

Die Umsetzung des analogen Topogramms als Bildschirmkarte [nach BÄR 1976; s. Abb 5.5], bietet auf Grund der zeitbezogenen Thematik „Entstehung und Ausbreitung der mittelalterlichen Stadt bis 1250“, dargestellt durch farbige lokale Kartenzeichen, welche die einzelnen Zeitepochen verkörpern, eine ideale Voraussetzung zur Implementation dieser kinematischen Darstellung in einer temporalen Animation.

Die Implementation dieses Beispiels als kinematische Darstellung (Abb. 5.38 - 5.39), wird durch das Ablaufdiagramm (Abb. 5.40) beschrieben. In der ersten Szene zum Zeitpunkt $t = 0$ werden alle thematisch relevanten Kartenzeichen aus der Kartengraphik ausgeblendet. Zum Zeitpunkt $t = 1$ sieht man die lokalen Kartenzeichen, die auf ihre Mindestgröße reduziert sind, sukzessiv anschwellen. Ihr Durchmesser nimmt nun wiederum ab, um daraufhin erneut anzuschwellen (Bilder 5.40.3 - 5.40.6). Die Variation des graphischen Gestaltungsmittels Farbe wechselt während der animierten Größenänderung der Kartenzeichen einer Objektart von Orange zu einem kräftigen Rot. Dadurch kann der Betrachter im weiteren Verlauf der temporalen Animation, zum Zeitpunkt $t = 1 + i$, die neu eingeblendeten orangefarbenen Kartenzeichen schneller von den bereits animierten roten Kartenzeichen differenzieren. Die Größenänderung wird hier zweifach ausgeführt. Ein einfaches Anschwellen der Kartenzeichen auf eine festgelegte Größe (von Abb. Bilder 5.40.3 direkt zu 5.40.6) und die anschließende Farbänderung erzeugen in diesem Fall keinen so nachhaltig starken optischen Reiz. Die rote Signatur ist in Anlehnung an die bekannte lokale Darstellungsform für Stadtsignaturen in kleinmaßstäbigen Karten gewählt.

In einem nächsten Schritt werden nun die Kartenzeichen der zweiten Objektart zum Zeitpunkt $t = 2$ nach demselben Prinzip eingeblendet. Die Kartenzeichen der vorangegangenen Objektart verharren nach ihrer kinematischen Präsentation in ihrer graphischen Darstellung. Nach dem gleichem Konzept erfolgt die Präsentation der Objektarten für die weiteren Epochen.

Der Prozess des An- und Abschwells bewirkt starke optische Reize, die das Interesse des Betrachters wecken und seine Aufmerksamkeit auf die Visualisierung lenken. Der erste Manipulationsschritt lenkt die Aufmerksamkeit und

damit die perzeptive Wahrnehmung des Betrachters auf die Veränderungen der Kartenzeichen in der Kartengraphik. Erst in einem weiteren Schritt konzentriert sich der Betrachter auf die animierten Kartenzeichen.

Die Visualisierung der einzelnen historischen Epochen basiert auf einem temporalen Handlungskonzept. Der chronologische Zeitablauf wird neben der kinematischen Darstellung der Kartenzeichen innerhalb der Kartengraphik zusätzlich auch im Zeichenschlüssel der Kartenlegende visualisiert. Diese Darstellung ermöglicht eine permanente, kohärente, benutzerfreundliche Orientierung. Dabei wird die Signatur des Zeichenschlüssels in Farbe und Größe variiert. Zusätzlich wird die entsprechende textuelle Erläuterung in der Kartenlegende durch Änderung des Schriftbildes hervorgehoben.

5.6.2 Animation von linearen Kartenzeichen

Analoge kinematische Phänomene werden meist durch Bewegungslinien in Form von Linien-, Bänder- oder Pfeilsignaturen transkribiert. So werden beispielsweise unterschiedliche Zeitepochen in analogen historischen Karten durch lineare Bewegungssignaturen dargestellt. Diese Bewegungslinien können in einer Bildschirmkarte dynamisch generiert werden, wodurch die perzeptive Wahrnehmung des Betrachters effizienter als im analogen Medium angesprochen wird, da der Inhalt nun nicht mehr ausschließlich gelesen, sondern auch gesehen werden kann. Der Betrachter ergründet die Karteninformation explorativ. Praktische Anwendungen können Karten mit Migrationsbewegungen, Meeresströmungen, Windrichtungen etc. sein.

5.6.3 Animation von Flächenkartenzeichen

Typische Anwendungsfelder für temporale Animationen von Flächenkartenzeichen sind territoriale Ausbreitungen wie beispielsweise Stadtentstehungen, medizinische Statistiken bei Infektionskrankheiten, Ausbreitung von Emissionen oder auch durch kriegerische Interventionen bedingte Grenzänderungen.

Die Bildung der Zeitintervalle einer temporalen Animation kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Zeitintervalle müssen sich nicht zwangsläufig auf feste Einheiten beziehen. So kann die Veränderung in gleichabständigen Zeiteinheiten realisiert werden oder der temporale Ablauf der Animation folgt

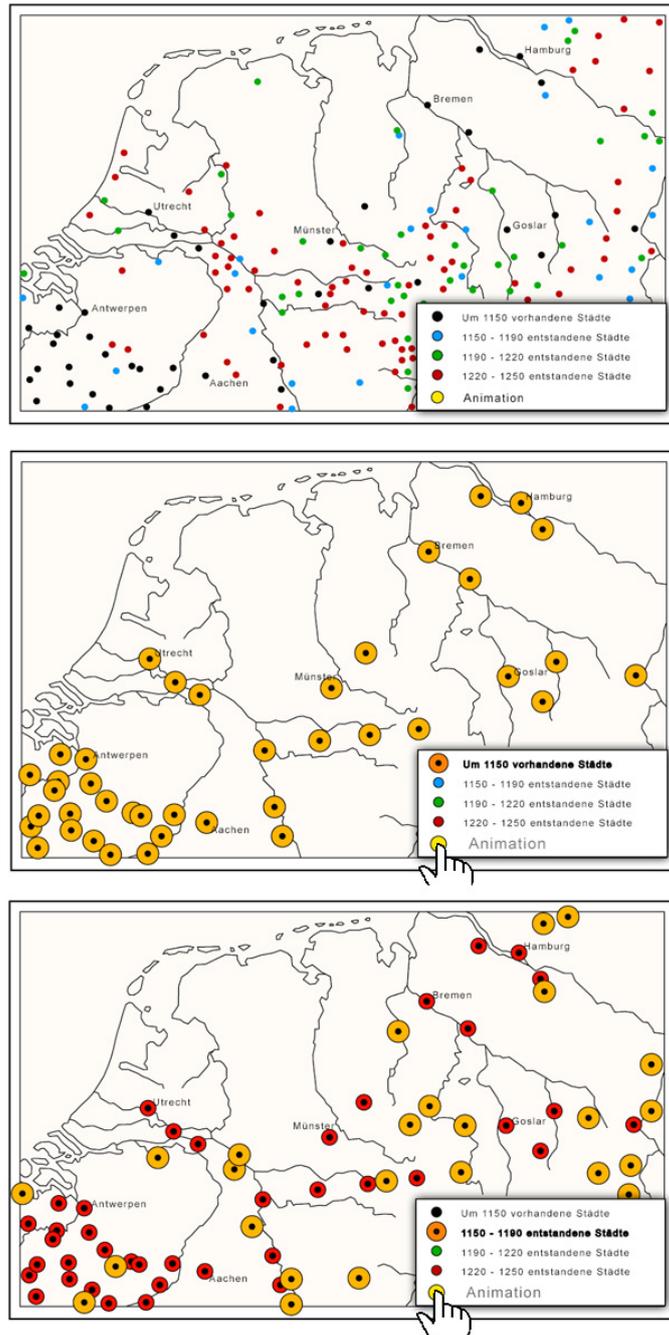


Abbildung 5.38: Temporale Animation des Kartenthemas:
Entstehung und Ausbreitung der mittelalterlichen Stadt.

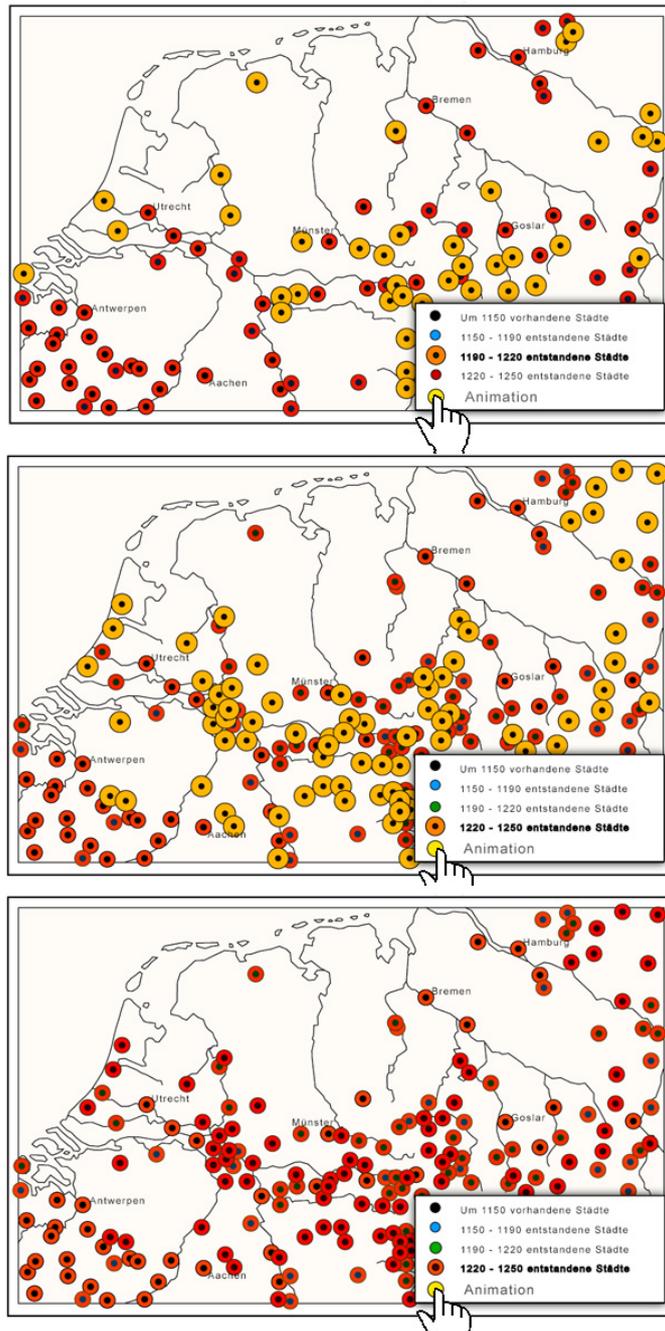


Abbildung 5.39: ... Fortsetzung zu Abbildung 5.38. - [Interaktives Web-Beispiel 12]

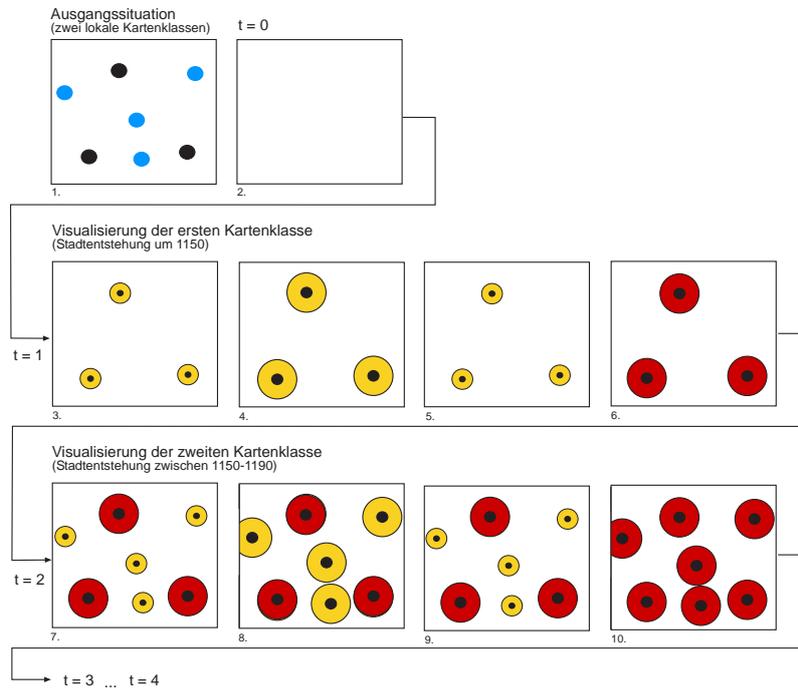


Abbildung 5.40: Ablaufdiagramm zur Abbildung 5.38.

beispielsweise den progressiven Zeitintervallen zwischen den Objektarten. Letzteres bedeutet einen zeitlich nicht konstanten Bildwechsel. Eine zusätzlich eingeblendete Zeitskala kann den zeitlichen Bezug dieser temporalen Animation verdeutlichen. Im Allgemeinen ist aber eine kinematische Animation, die in konstanten Zeiteinheiten abläuft, zu bevorzugen. Sie setzt kontinuierliche optische Reize, die eine bessere perzeptive Wahrnehmung der Karteninformationen ermöglicht.

Die analoge Karte mit dem Thema der Entstehung des Landes Baden um 1801 [nach BÄR 1976] wurde bereits in Abschnitt 5.3.1 vorgestellt. Auf Grund ihrer zeitbezogenen Thematik bietet sich bei der Umsetzung als Bildschirmkarte zusätzlich die Erstellung einer zusammenfassenden temporalen Animation an. Im Folgenden werden unterschiedliche Möglichkeiten der Darstellung dieses kinematischen Phänomens „Stadtausbreitung“ präsentiert.

Die Abbildung 5.41 zeigt den schematische Ablauf der territorialen Entwicklung von Baden, indem die einzelnen Ausbreitungsepochen sukzessiv als diskre-

te farbige Flächenkartenzeichen eingeblendet werden. Zudem wird der zeitliche Ablauf in der Legende visualisiert. Das aktuelle Jahr ist durch die fettgedruckte Schrift in der Kartenlegende gekennzeichnet. Bereits eingeblendete Flächenkartenzeichen vorangegangener Epochen sind durch einen festgelegten Farbton der Animation gekennzeichnet; hier Magenta. Die aktuell eingeblendeten Flächenkartenzeichen können nicht von den zuvor bei der Animation durchlaufenen Objektarten differenziert werden.

Im Gegensatz dazu, gibt die Animation in Abbildung 5.42 den augenblicklichen Visualisierungsstand des Animationsablaufs durch den Magentafarbton wieder. Ebenso wie im vorherigen Beispiel werden die Flächen nacheinander eingeblendet. Das Einblenden erfolgt zunächst in dem für die Animation festgelegten Farbwert. Anschließend werden die bereits animierten Flächenkartenzeichen in ihrem originären Farbton dargestellt. Diese kinematische Darstellung zeigt ein schlechtes Beispiel. Sie wirkt wenig strukturiert und eher verwirrend auf den Betrachter.

Einen gut strukturierten Überblick durch den temporalen Ablauf bietet die Abbildung 5.43. Hier kann der Betrachter zwischen der aktuell durch Interaktion angestossenen Objektart und den bereits von der Animation durchlaufenen Objektarten deutlich auf Grund der Farbgebung, sowohl in der Kartengraphik als auch in der Kartenlegende, differenzieren.

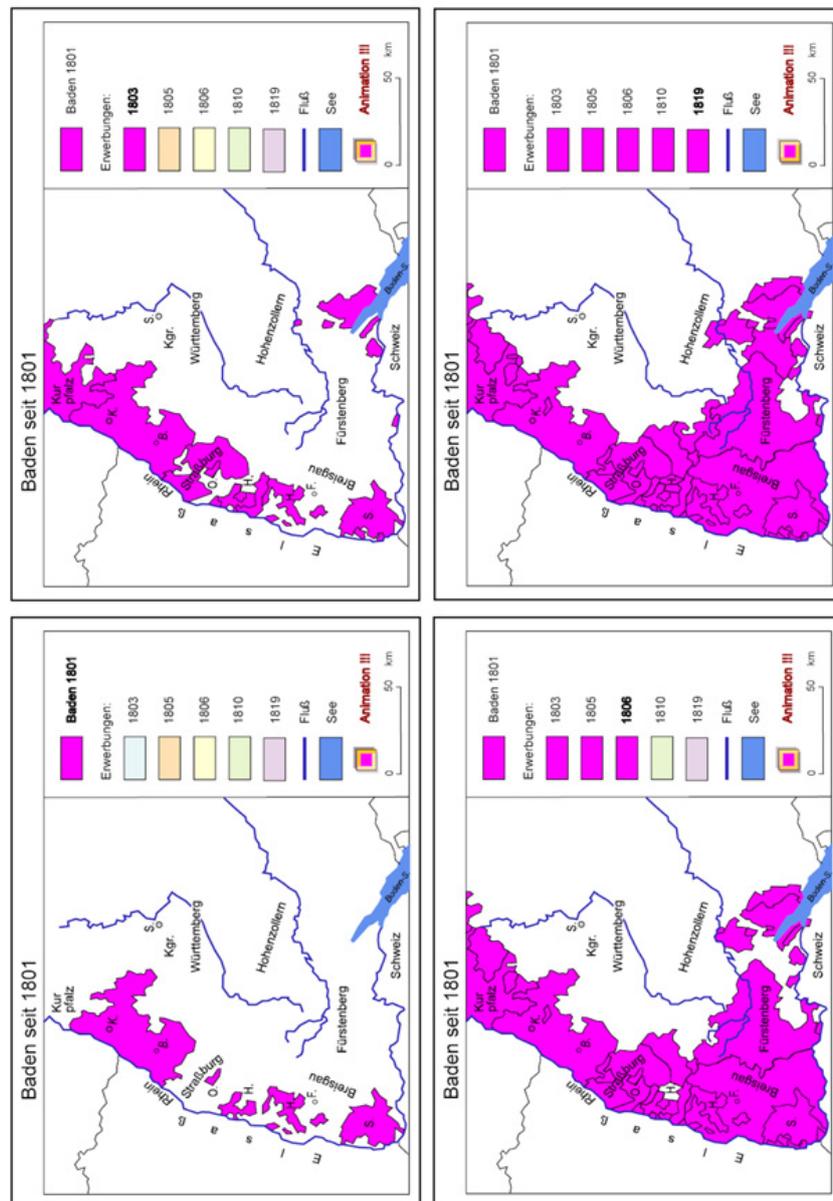


Abbildung 5.41: Kinematische Darstellung einer territorialen Ausbreitung. Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart werden in einem für die Animation festgelegten Farbton visualisiert; hier Magenta. - [Interaktives Web-Beispiel 13]

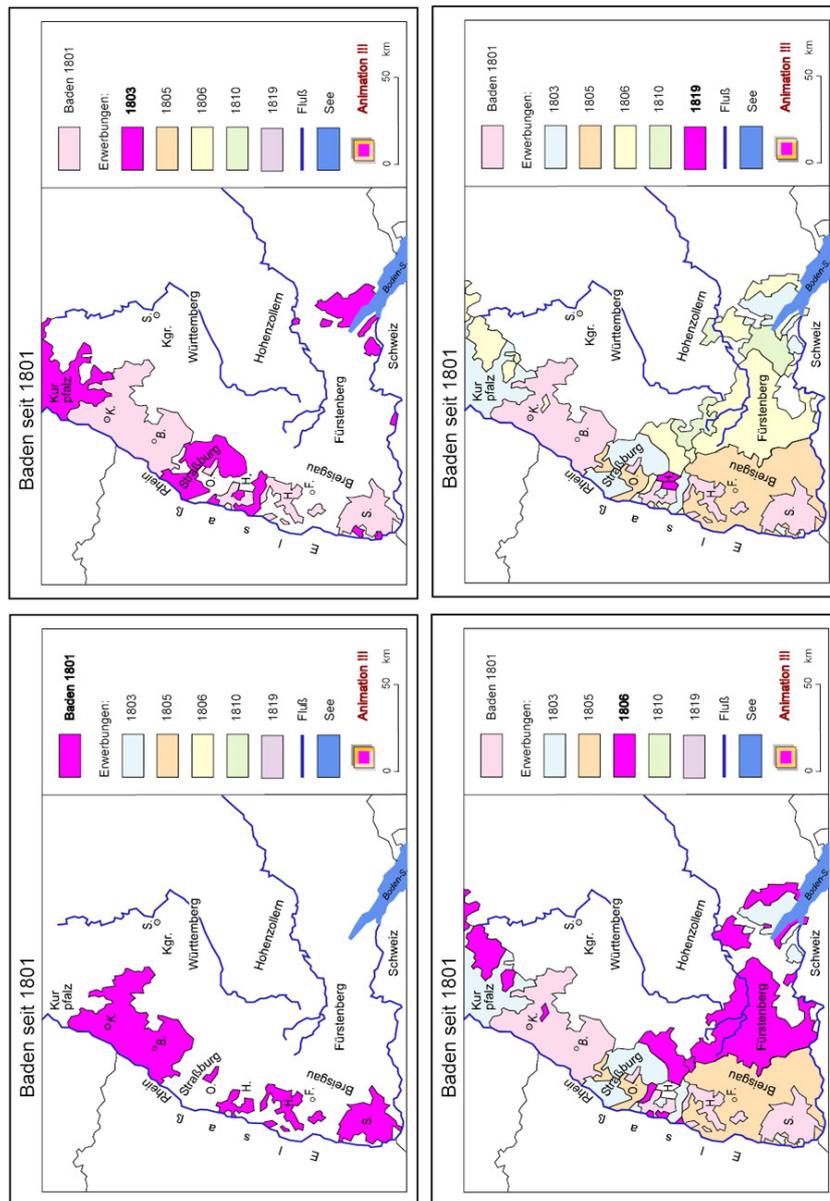


Abbildung 5.42: Kinematische Darstellung einer territorialen Ausbreitung. Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart werden in einem festgelegten Farbton dargestellt, die bereits animierten Flächenkartenzeichen werden in ihrer originären Farbdarstellung visualisiert. - [Interaktives Web-Beispiel 14]

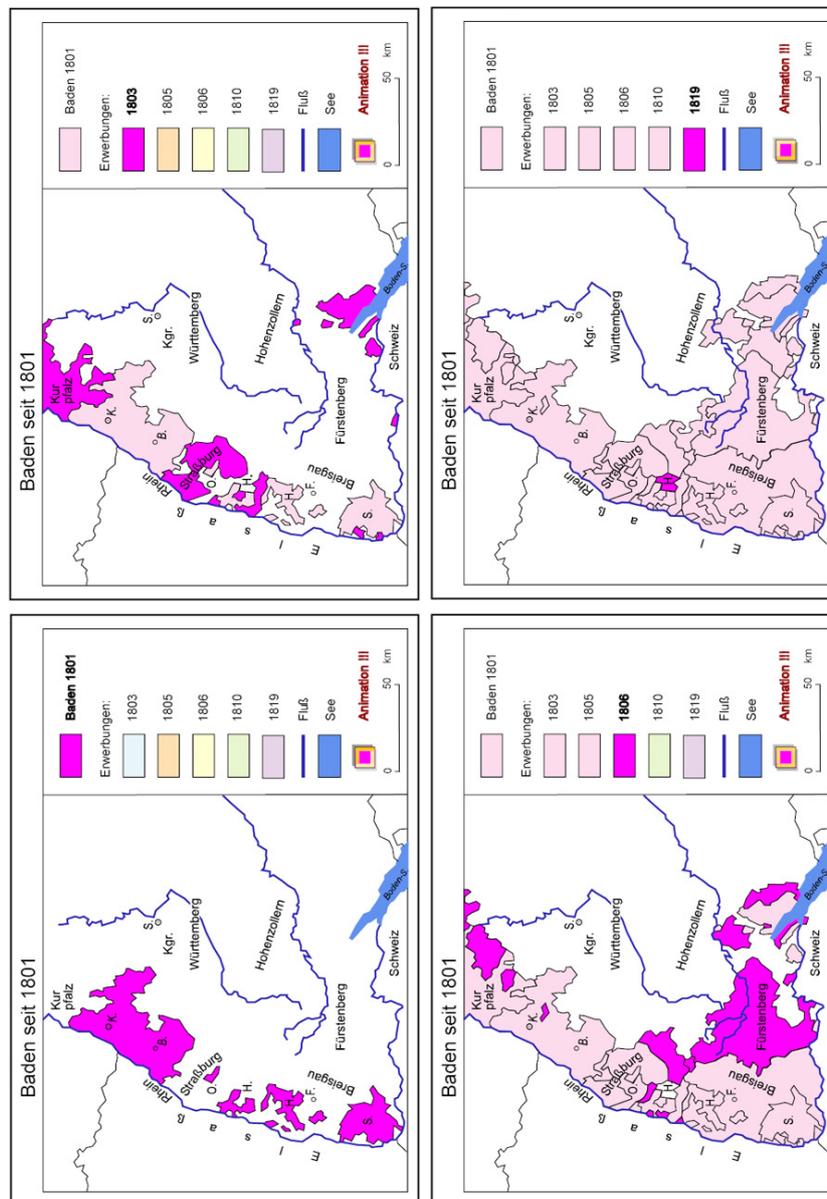


Abbildung 5.43: Kinematische Darstellung einer territorialen Ausbreitung. Alle Flächenkartenzeichen der aktivierten Objektart werden in einem festgelegten Farbton, die bereits animierten Flächenkartenzeichen werden im einheitlichen Farbton visualisiert. - [Interaktives Web-Beispiel 15]

Kapitel 6

Interaktive Kartengraphik

Die Karte beschreibt einen bestimmten realen Landschaftsausschnitt. Dabei werden Objekte der realen Umwelt maßstabsgerecht verkleinert und verebnet über einen abstrakten Zeichenschlüssel abgebildet. Die Kartengraphik entspricht einem Zeichensystem im Sinne der Semiotik. Die Kartosemiotik umfasst die Gesamtheit der für Karten aller Art typischen Gestaltungsmöglichkeiten. Das Kartenzeichen kann für sich alleine oder in Verbindung mit anderen Kartenzeichen vielfältige Aussagen über Eigenschaften und georäumliche Referenzierung von Objekten verkörpern. Die Objektmerkmale können durch folgende Fragen transkribiert werden:

- Um welches Kartenobjekt handelt es sich?
- Welche Beziehungen bestehen zwischen diesem und anderen Kartenobjekten?

Kartenzeichen sind spezielle künstliche, bildliche oder abstrakte Zeichen zur Darstellung von Erscheinungen und Sachverhalten des geographischen Raums, sogenannte Geoobjekte. Zeichen werden zum Kartenzeichen, wenn jene Merkmale gelten, die die formale Bildung der Kartenzeichen ausmachen. Diese Merkmale sind die Substitution eines realen Objektes (inhaltliches substantielles Attribut) und der immanente Raumbezug (georäumliches Attribut). Eine Ausnahme bildet die Kartenschrift. Als erläuterndes Kartenelement verfügt sie über keinen exakten Lagebezug.

Im Gegensatz zu Kapitel 5 „Interaktive Kartenlegende“, das Methoden zur effizienten Informationsübermittlung basierend auf interaktionsbezogener Darstellungsänderung aller Kartenzeichen einer Objektart beschreibt, werden an dieser Stelle interaktive Visualisierungsmöglichkeiten einzelner Kartenzeichen bezüglich ihrer Kommunikationseffizienz untersucht. Die interaktive Kartengraphik umfasst Kartenzeichen, die innerhalb der Kartengraphik interaktiv durch einen Mausklick angesprochen werden können. Diese interaktiven Kartenzeichen sollen ihre objektbezogene Relation zur Objektart über den Zeichenschlüssel der Kartenlegende visualisieren und damit über die inhaltlich substantiellen Merkmale des jeweiligen Kartenzeichens informieren. Somit wird der Betrachter bei der Beantwortung der Frage - „Um welches Kartenobjekt handelt es sich?“ - visuell unterstützt.

6.1 Lokales Kartenzeichen

Die interaktiv-statische Darstellungsänderung einzelner lokaler Kartenzeichen innerhalb der Kartengraphik dient der effizienteren Zuordnung einzelner Kartenobjekte zu ihrer Objektart. Der Bildschirm bietet die Möglichkeit, dass die Beziehung zwischen dem Kartenzeichen und seinem Signatureschlüssel eindeutig visuell verknüpft dargestellt werden kann. Zuweisungs- und daraus resultierende Interpretationsfehler werden vermieden. Je prägnanter die Darstellungsmittel sind, desto schneller erfolgt die Perzeption der Objektinformation. Diese Form der Rückkopplung wird sogar verbessert, wenn sich neben dem Signatureschlüssel des jeweiligen Kartenzeichens auch der zugehörige Erläuterungstext graphisch ändert.

Implementation einer qualitativen Darstellung lokaler Kartenzeichen

Lokale Kartenzeichen werden meist, im Gegensatz zu Flächenkartenzeichen, durch intensive gesättigte Farbtöne dargestellt. Insbesondere zur Transkription qualitativer Aussagen.

Die Abbildungen 6.1 und 6.2 stellen unterschiedliche Möglichkeiten der graphischen Dekodierung der Beziehungen zwischen dem einzelnen Kartenzeichen und dem zugehörigen Signatureschlüssel vor. Ziel eines jeden Beispiels 6.1.a

bis 6.2.l ist eine zeitnahe und eindeutige Informationsübermittlung, wobei die eine oder andere Darstellung, in Abhängigkeit des Kartenthemas und der daraus resultierenden Kartengraphik, als prägnanter zu werten ist. Alle Beispiele zeigen eine Anfrage an ein bestimmtes Kartenzeichen, dass durch Benutzerinteraktion ausgelöst eine graphische Darstellungsänderung in der Legende realisiert und somit eine effiziente Dekodierung des entsprechenden Signatureschlüssels ermöglicht. Für die graphische Visualisierung dieses Zusammenhangs bieten sich vielfältige Möglichkeiten an. Die Abbildungen 6.1 und 6.2 zeigen die Screenshots einer Implementation. Diese bilden aber nur ein kleines Spektrum der graphischen Variationen ab.

Neben der graphischen Dekodierung der Information kann auch das Kartenzeichen, das den Zugang zur Information auslöst, entsprechend seines aktivierten Status gekennzeichnet werden (s. Abb. 6.1.e, 6.1.f, 6.2.g, 6.2.h, 6.2.i und 6.2.l). Diese zusätzliche Kennzeichnung ist nicht zwingend, da der Kartennutzer das Kartenzeichen bewusst gewählt hat und daher seine Lage innerhalb der Kartengraphik kennt (s. Abb. 6.1.a, 6.1.b, Abb. 6.1.c, 6.1.d und 6.2.k). Ob neben dem Signatureschlüssel der Legende nun auch die Kartenzeichen graphisch hervorgehoben werden sollten, ist stets im Kontext des thematischen Sachbezugs und der graphischen Dichte der Darstellung abzuwägen.

Für die praktische Anwendung dieser Funktionalität bieten sich Planungskarten mit großen komplexen Legenden an. So verfügt beispielsweise die analoge Ausgabe des Wege- und Gewässerplans der Flurbereinigung über zirka 100 verschiedene Signaturen. An dieser Stelle kann die Bildschirmvisualisierung - obwohl nur Teilausschnitte des großmaßstäbigen Plans und eine aus diesen Daten generierte Legende am Bildschirm visualisiert werden können - einen bedeutenden Beitrag zur effizienten Dekodierung der einzelnen Kartenzeichen leisten.

Bewertung der graphischen Darstellungen

6.1.a: Ausgelöst durch Interaktion mit dem Kartenzeichen wird ein breiter gelber Balken unter dem entsprechenden Signatureschlüssel der Objektart visualisiert. Diese bewusst sehr auffällig gewählte Darstellung ermöglicht eine schnelle Perzeption seitens des Nutzers. Des Weiteren begünstigt sie die Bildung einer Einheit von Signatur und Erläuterungstext. Die Abbildungen 6.1.b und 6.1.c stellen modifizierte Ausprägungen dar.

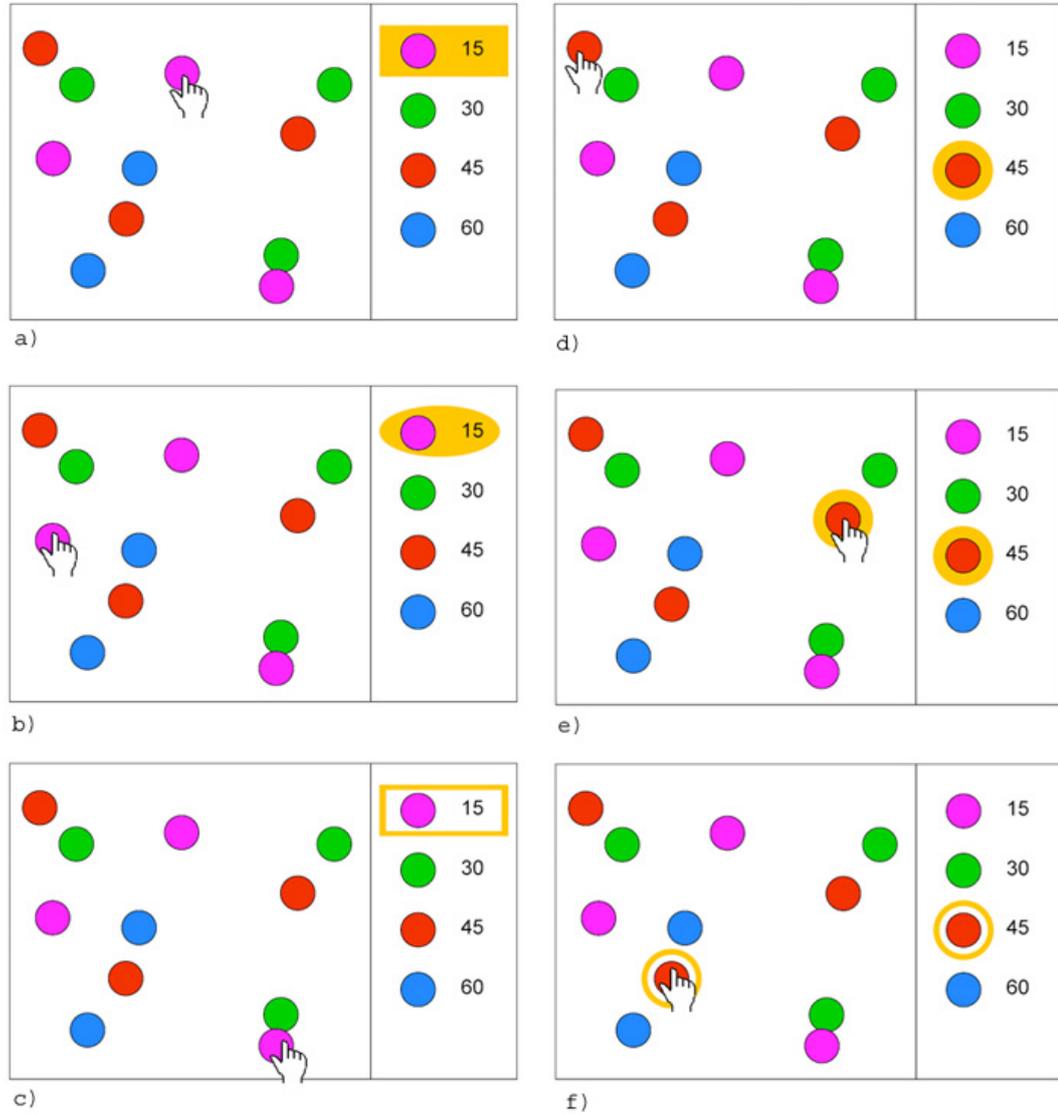


Abbildung 6.1: Graphische Variationen zur effizienten Dekodierung des Signaturenschlüssels.

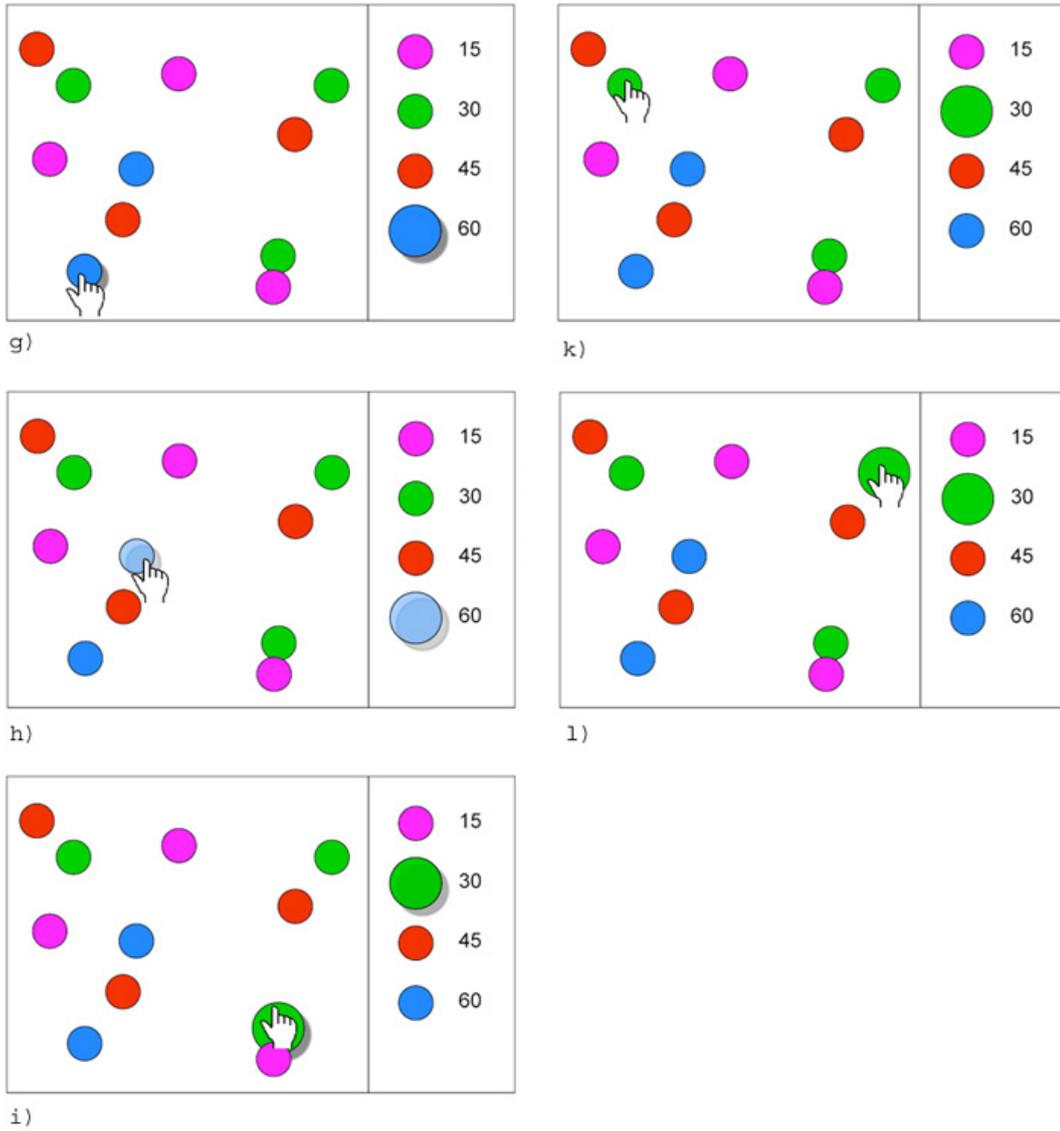


Abbildung 6.2: ... Fortsetzung zu Abbildung 6.1. - [Interaktives Web-Beispiel 16]

6.1.d: Die Abbildung zeigt die Betonung des entsprechenden Signaturenschlüssels durch einem farbigen Saum. Die Farbe Gelb bietet sich im Farbkontext dieser Darstellung an, da sie keinen Bezug zur Kartengraphik aufweist. Die Abbildungen 6.1.e und 6.1.f beinhalten zusätzlich die graphische Änderung des Kartenzeichens. Abbildung 6.1.f visualisiert einen konzentrischen Ring um die jeweiligen Kartenzeichen.

6.2.g: Das Kartenzeichen und der Signaturenschlüssel werden durch einen graphischen Schattenwurf optisch hervorgehoben, wobei die Referenz des Kartenzeichens zusätzlich durch eine Vergrößerung dargestellt ist. Abbildung 6.2.h ist um das Gestaltungsmittel Transparenz erweitert. Darstellungen, die scheinbar neuartige Darstellungsformen wie beispielsweise Transparenz und Schatteneffekte anwenden, wirken innovativ und attraktiv. Der Schattenwurf hebt das Kartenzeichen optisch aus der Kartengraphik hervor, es wirkt als stehe es etwas über der Darstellung, dadurch könnte man zu dem Fehlschluss gelangen, dass dort, wo der Schatten sichtbar ist das Kartenobjekt positioniert ist. Dies ist aber nicht der Fall, sondern das Kartenzeichen wird mit einem um einen bestimmten Betrag verschobenen Schatten unterlegt. Der lokale Bezug ist nach wie vor an das Kartenzeichen gebunden und nicht an den Schatten, wie die Darstellung leicht suggerieren könnte. Abbildung 6.2.i stellt zusätzlich die Vergrößerung des Kartenzeichens dar.

6.2.k: Diese Abbildung stellt die Beziehungen durch einfache Vergrößerung des Signaturenschlüssels dar. Abbildung 6.2.l zeigt die modifizierte Darstellung, indem auch das Kartenzeichen vergrößert wird.

Resümee: Jedes der aufgeführten Beispiele erfüllt die Funktion der effizienten Informationsübermittlung, wobei einige, z.B. Abbildung 6.1.a, subjektiv als prägnanter empfunden werden können, als andere. Zur signifikanten Kennzeichnung des durch Interaktion ausgelösten aktivierten Zustands wurde bei allen Umsetzungen eine graphische Änderung im Signaturenschlüssel vollzogen. Die hier aufgeführten Beispiele belegen deutlich, dass jede dieser interaktiven Bildschirmkarten das Auffinden der Informationen in der Kartenlegende erleichtert und den dazu benötigten Zeitfaktor verbessert. Interaktive Bildschirmkarten, deren Kartenzeichen mit der Kartenlegende verknüpft sind, können die Informationen effizienter übermitteln als traditionelle analoge Karten oder gescann-

te statische Bildschirmkarten. Den größtmöglichen Nutzen erbringen sie, wenn der Nutzer mit dem Legendenschlüssel nicht vertraut ist.

Des Weiteren kann die Aufmerksamkeit des Betrachters durch die Bildung von komplexeren Kartenzeichen gesteigert werden (s. Abb. 6.1 und 6.2). Eine Variante besteht in der Anwendung eines graphischen Schattenwurfs. Zusätzlich kann der Erläuterungstext durch Änderung der Schriftbreite und -größe die Informationsübermittlung vereinfachen.

Implementation einer quantitativen Darstellung lokaler Kartenzeichen

Die Abbildung 6.3 zeigt die Darstellung lokaler Kartenzeichen zur Transkription quantitativer Aussagen. Die Objektgröße beschreibt das primäre metrische Merkmal, die Helligkeitsvariation stützt sekundär die ordinale Darstellungshierarchie der Kartenzeichen. Die konsequente Benutzerführung wird durch eine signifikante Farbe, hier durch Einsatz der Komplementärfarbe, ermöglicht. Dieses Darstellungsmittel eignet sich besonders zur Unterscheidung von Kartenobjekten benachbarter Objektarten, da sie häufig nur schwer in ihrer Größen- und/oder Helligkeitswertperzeption differenziert werden können. Dadurch kann der zeitliche Aspekt der Informationsaufnahme deutlich gesteigert werden, da nur ein sehr signifikant anderswertiger Farbton aus der Kartengraphik isoliert werden muss. Der durch Interaktion hervorgehobene Erläuterungstext unterstützt die Perzeption des Zeichenschlüssels zusätzlich.

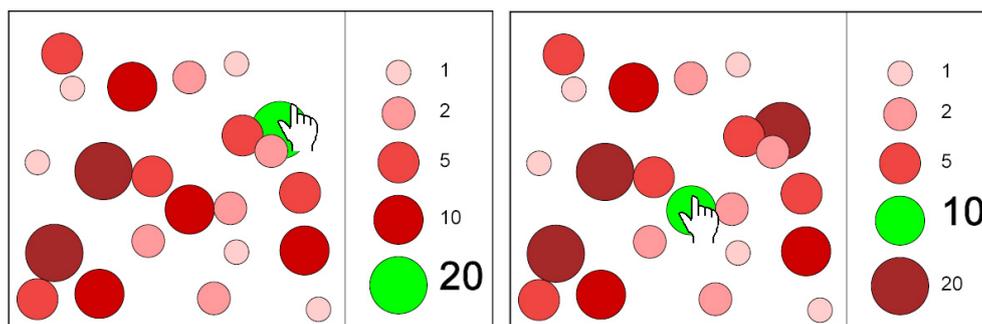


Abbildung 6.3: Graphische Variationen nach Farbe zur effizienten Dekodierung des Signatureschlüssels. - [Interaktives Web-Beispiel 17]

Beide Beispiele zu den lokalen Kartenzeichen, sowohl das der qualitativen Darstellung (Abb. 6.1 bzw. 6.2) als auch das der quantitativen Darstellung (Abb. 6.3), veranschaulichen die Schlüsselfunktion der Legende zur Informationsdekodierung. Beide Varianten sind gleichermaßen geeignet, die Effizienz einer Darstellung nachhaltig zu steigern.

6.2 Lineares Kartenzeichen

Die interaktiv-statische Darstellungsänderung eines Kartenzeichens zur Visualisierung der Beziehung zwischen Kartenzeichen und Zeichenschlüssel ist insbesondere dann interessant, wenn das Kartenzeichen mehrere thematische Informationen kodiert. Das folgende Beispiel veranschaulicht diese Darstellungsmethode am Beispiel eines Topogramms dessen Kartenzeichen jeweils zwei thematische Sachinformationen transkribieren.

Implementation am Beispiel eines Topogramms - „Dichte des Straßenverkehrs 1952/53“

Ausgangssituation: Die Abbildung 6.4 „Dichte der Straßenverkehrs 1952/53“ zeigt eine vierfarbige Banddarstellung in digitaler Umsetzung. Die stark generalisierten Bänder skizzieren den Verlauf der Fahrzeuge des motorisierten Personen- und Güterverkehrs je 24 Stunden im Jahresdurchschnitt. Dabei sind die Bandbreiten in sechs Objektarten einer progressiven Skala untergliedert. Die Farben dienen der Differenzierung der Bänder nach Straßenklassen: Bundesautobahn in hellem Rot, Bundesstraße in Blau, Landstraßen I. Ordnung in Grün und Landstraßen II. Ordnung in Orange.

Erweiterung durch graphische Gestaltungsmittel der Bildschirmkarte: Die Bildschirmkarte zeigt eine Topogrammdarstellung deren Kartenzeichen raumtreu wiedergegeben werden. Die linearen Darstellungen verkörpern qualitative und quantitative Aussagen. Die Qualität wird über den Farbton beschrieben, der zugeordnete Farbton entspricht dem jeweiligen Straßentyp. Die Farbe unterstützt hierbei nicht die ordinale Wahrnehmung der Straßenhierarchie. Die Quantität wird durch die Breite der Bandsignatur verkörpert. Die Interaktion erfolgt über die maussensitiven Kartenzeichen. Durch einen gelben

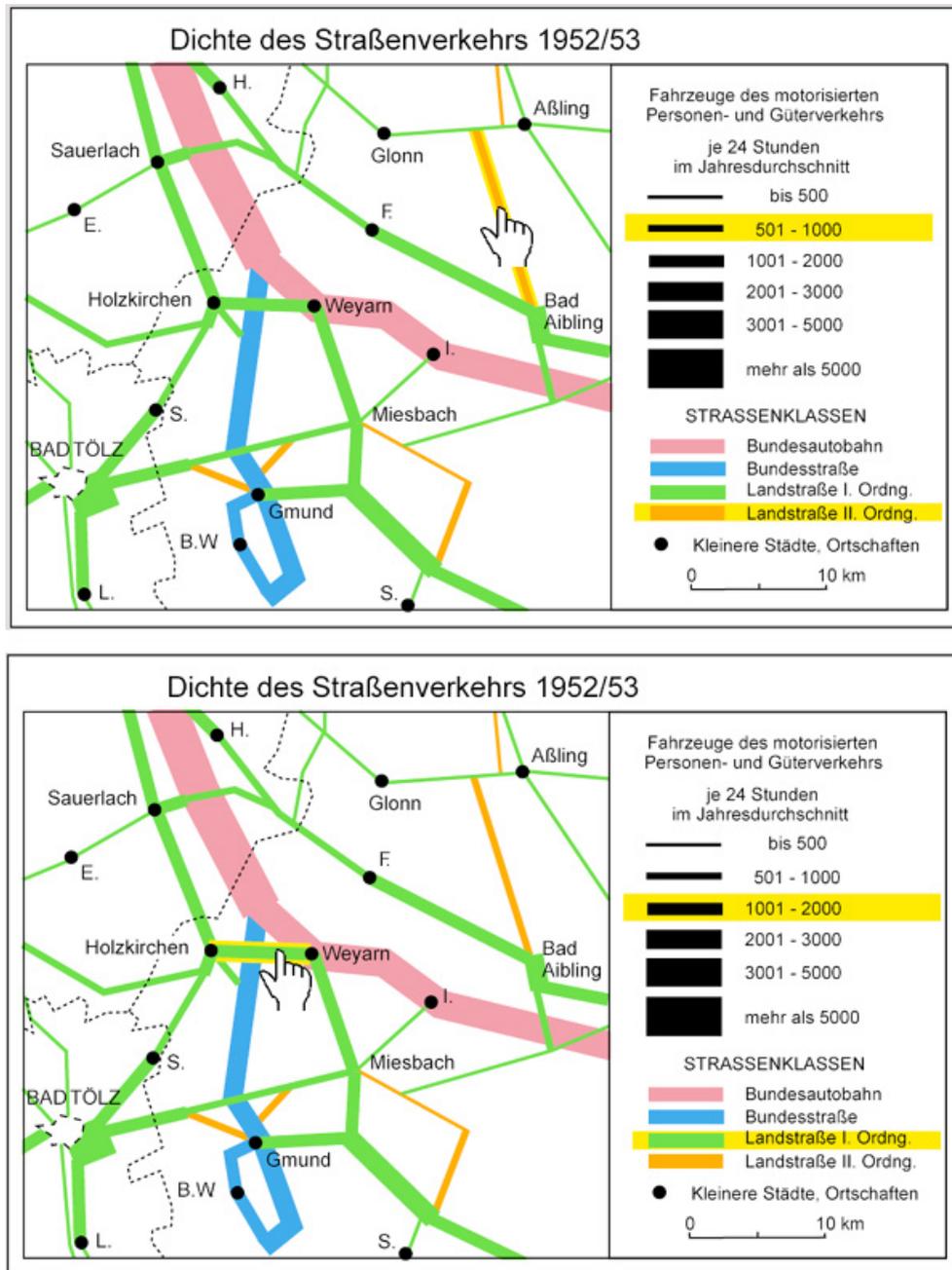


Abbildung 6.4: Bildschirmkarte mit linearen Kartenzeichen [nach BÄR 1976 (n. DPA-Bayern)]. - [Interaktives Web-Beispiel 18]

Farbsaum wird die Darstellungsänderung am Kartenzeichen visualisiert, zeitgleich werden die beiden zugehörigen Zeichenschlüssel in der Legende durch eine lange, breite, gelbe Markierung unterstrichen. Diese Darstellungsmethode ermöglicht eine sehr schnelle Transkription. Die zeitnahe Interpretationsoption stellt einen deutlichen Mehrwert gegenüber dem konventionellen Produkt dar. Wo die analoge Karte eine intensive eingehende Betrachtungen zwischen der Kartengraphik und der Legende fordert, vermittelt diese Bildschirmkarte schnell Aufschluss über die transkribierten Werte und dient damit dem Ziel einer effizienten Informationsakquisition.

6.3 Flächenkartenzeichen

Im Gegensatz zu den in Abschnitt 5.3 beschriebenen Methoden der Flächenwiedergabe durch die visuelle Verknüpfung aller Kartenzeichen einer Objektart über den Zeichenschlüssel der Kartenlegende, befasst sich dieser Abschnitt mit der effizienten Dekodierung einzelner Kartenzeichen.

Implementation am Beispiel einer kartenverwandten Darstellung - „Kommunale Entwicklung“

Ausgangssituation: Die Abbildung 6.5 „Kommunale Entwicklung“ zeigt die Umsetzung einer analogen thematischen Karte als digitale Bildschirmkarte. Die Wiedergabe des Stadtgebiets um das Jahr 1600 und der jeweiligen zeitlichen Erweiterungen wird durch deutlich abgegrenzte Areale dargestellt. Dabei wird eine Folge von Spektralfarben zur Flächenfärbung angewendet.

Erweiterung durch graphische Gestaltungsmittel der Bildschirmkarte: Die Karte visualisiert die räumliche Information klar strukturiert, bedingt durch weitgehendst große Flächen mit stark differenten Farbabgrenzungen. Bei Interaktion in der Kartengraphik wird der entsprechende Signatureschlüssel des jeweiligen Kartenzeichens in der Legende optisch hervorgehoben. Die Interaktion wird durch maussensitive Kartenzeichen realisiert. Der jeweilige Zeichenschlüssel in der Legende wird bei Interaktion durch ein cyanfarbiges Rechteck unterlegt. Zusätzlich wird der Erläuterungstext verstärkt. Die Farbwahl des unterlegten Rechtecks ist in Abstimmung mit den in der Graphik angewendeten

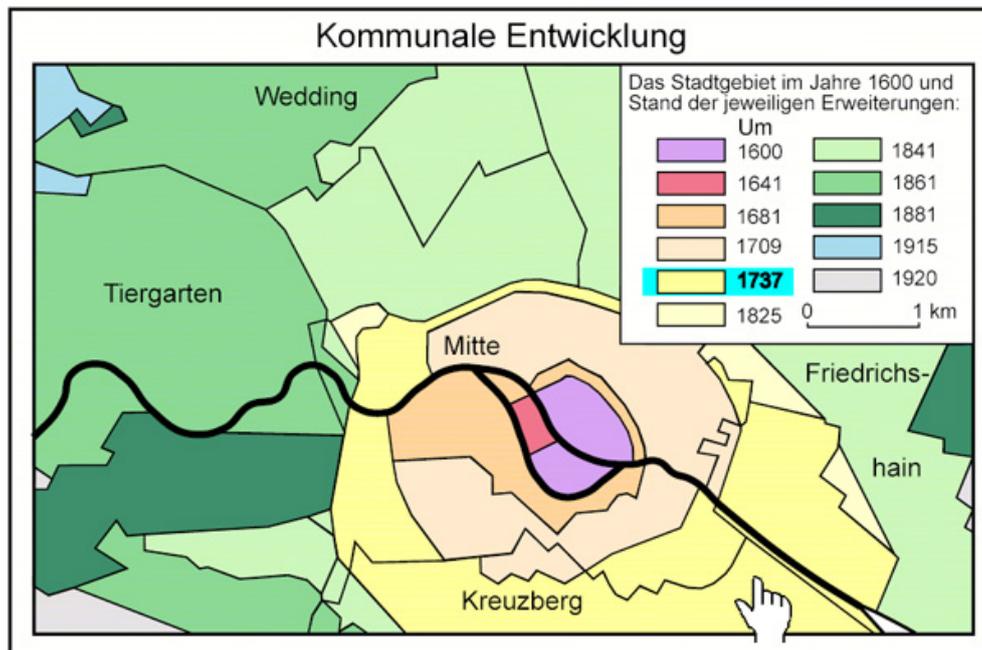


Abbildung 6.5: Bildschirmkarte einer Flächendarstellung [nach BÄR 1976 (n. DPA-Schleswig-Holstein)]. - [Interaktives Web-Beispiel 19]

Farben zu bestimmen. Eine markante, stark gesättigte, intensive Vollfarbe mit signalisierendem Charakter ist perceptiv gut wahrnehmbar und daher gut geeignet. Eine korrespondierende Einfärbung des jeweiligen Kartenzeichens wird in diesem Fall als nicht notwendig erachtet, da die Farben gut differenzierbar und die Flächen überwiegend groß sind. Des Weiteren weiß der Betrachter auf welchem Kartenzeichen sich der Mauszeiger befindet.

Das Beispiel veranschaulicht an nur einer von vielen Möglichkeiten den Mehrwert von Bildschirmkarten gegenüber den traditionellen, auf konventionellem Wege erzeugten Papierkarten. Bildschirmkarten können durch Nutzung von Methoden, die das Darstellungsmedium bereitstellt, Informationen sowie Zusammenhänge effizienter übermitteln und somit den Aufbau von mentalen Modellen seitens des Betrachters fördern.

Implementation am Beispiel einer Choroplethenkarte - „Verteilung der Pendelwanderer“

Ausgangssituation: Die Abbildung 6.6 zeigt die Darstellung eines Flächenkartogramms mit der Thematik „Verteilung der Pendelwanderer“, umgesetzt als Bildschirmkarte. Das Kartogramm umfasst eine neunstufige Farbskala, die die Anzahl der Auspendler von je 100 Erwerbspersonen von Hellgelb über Mittelorange bis zu einem Rotbraun darstellt. Die Stadtareale lassen sich insbesondere durch die feinen Konturen voneinander abgrenzen. Die Differenzierung der Objektarten ist bei der verwendeten Farbskala und der Vielzahl von Kartenobjekten nur schwer wahrnehmbar. Erst durch eine zeitintensive Analyse erschließt sich die Objektinformation. Eine Bildschirmkarte kann an dieser Stelle einen effizienteren Zugang zur Karteninformation bieten.

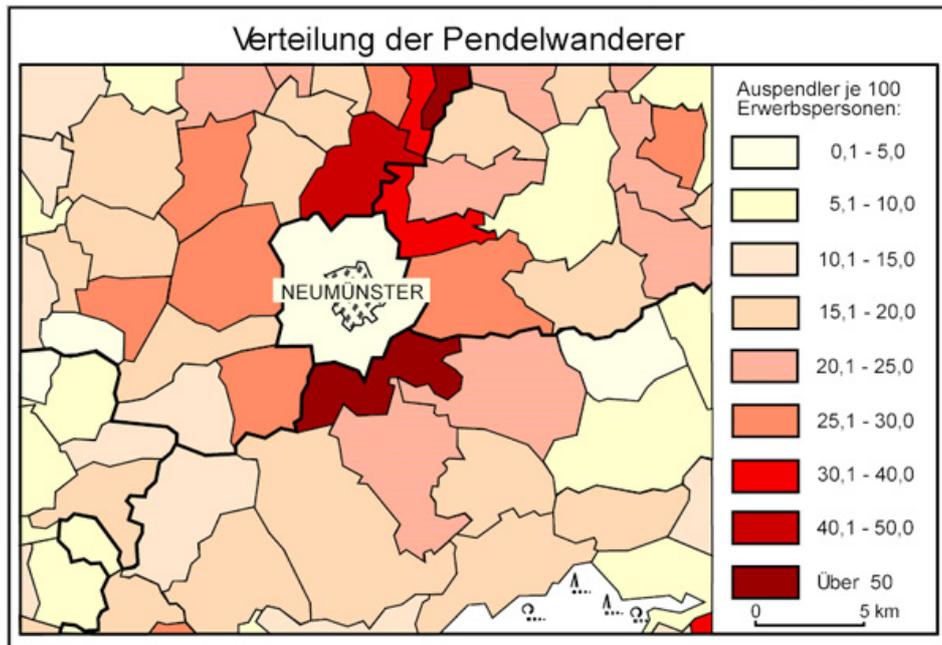


Abbildung 6.6: Bildschirmkarte einer Flächendarstellung [nach BÄR 1976 (n. DPA-Schleswig-Holstein)].

Erweiterung durch graphische Gestaltungsmittel der Bildschirmkarte: Im Folgenden werden mehrere Möglichkeiten der interaktiv graphischen

Umsetzung am Beispiel vorgestellt. Dabei stellt jede Einzelne für sich betrachtet im Vergleich mit dem analogen Produkt effizientere Methoden der Informationsübermittlung bereit.

Die Abbildung 6.7 zeigt das durch Interaktion angesprochene Flächenkartenzeichen sowie dessen Bezug zur entsprechenden Objektart innerhalb der Kartenlegende. Der Farbton, der die Interaktion visualisiert, steht in starkem Kontrast zur angewendeten Farbskala. Die komplementäre Farbwahl wird schnell vom Betrachter adaptiert und dient somit der zeitnahen, eindeutigen Dekodierung der Kartenobjektinformation. Bei der Visualisierung der Beziehung innerhalb der Kartenlegende ist es wichtig, dass die Information des Signaturenfeldes erhalten bleibt und nicht durch eine Farbänderung verdeckt wird. Daher wird hier bewusst ein grüner Balken zur Darstellung der Beziehung verwendet. Die Anzeige des jeweiligen aktivierten Flächenkartenzeichens hilft dem Betrachter bei der Orientierung innerhalb der Kartengraphik. Diese Technik ist insbesondere bei feinstufigen Farbskalen und Kartengraphiken mit einer Vielzahl an Kartenobjekten zu empfehlen.

Die Abbildung 6.8 beschreibt eine weitere Variante. Die Kartengraphik und die Kartenlegende werden bei Interaktion mit einem Grauschleier versehen. Das aktivierte Kartenzeichen und der entsprechende Zeichenschlüssel bleiben in ihrer Darstellung erhalten, während alle nicht durch Interaktion angesprochenen Kartenzeichen abgedunkelt werden. Das gleiche Darstellungsprinzip wird auch in der Kartenlegende angewendet. Die Relation zwischen Kartenzeichen und Legendeninformation ist deutlich zu erkennen. Trotzdem ist diese graphische Darstellung durch die starke Densität der Karte bei diesem Beispiel als zu dunkel zu werten. Die Graphik wirkt schwer und unattraktiv. Die Darstellungsmethode ist im Zusammenhang dieses Flächenkartogramms als nicht geeignet einzustufen.

Die Abbildung 6.9 zeigt eine modifizierte Darstellung der Abbildung 6.7. Allerdings wird bei dieser Umsetzung keine Information verdeckt, sondern die originäre Information bleibt durch die Verwendung einer Schraffur für den Betrachter weiterhin sichtbar.

Resümee: Abschließend lässt sich festhalten, dass alle der in den Kapiteln 6.1, 6.2 und 6.3 vorgestellten Bildschirmkarten die Informationsakquisition maßgeblich erleichtern. Jede der Abbildungen 6.1 bis 6.9 veranschaulicht

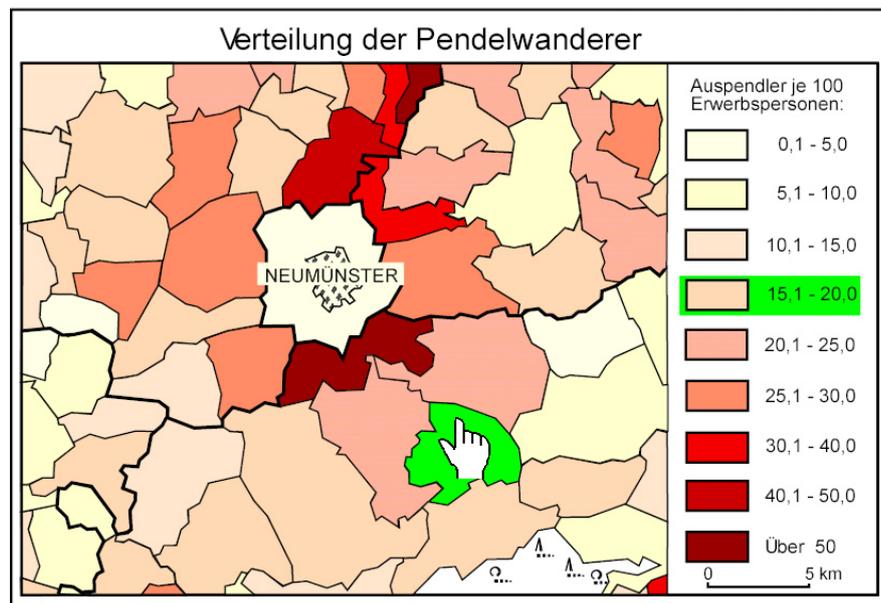


Abbildung 6.7: [Interaktives Web-Beispiel 20]

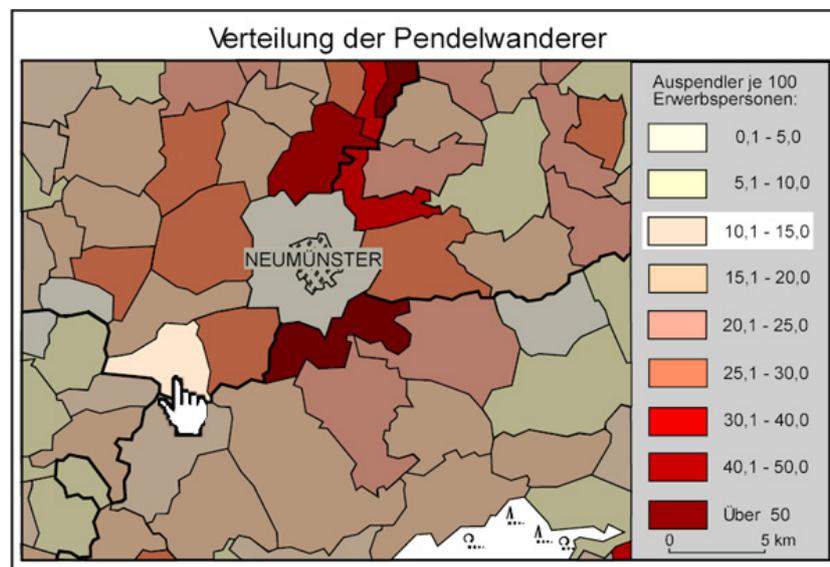


Abbildung 6.8: [Interaktives Web-Beispiel 21]

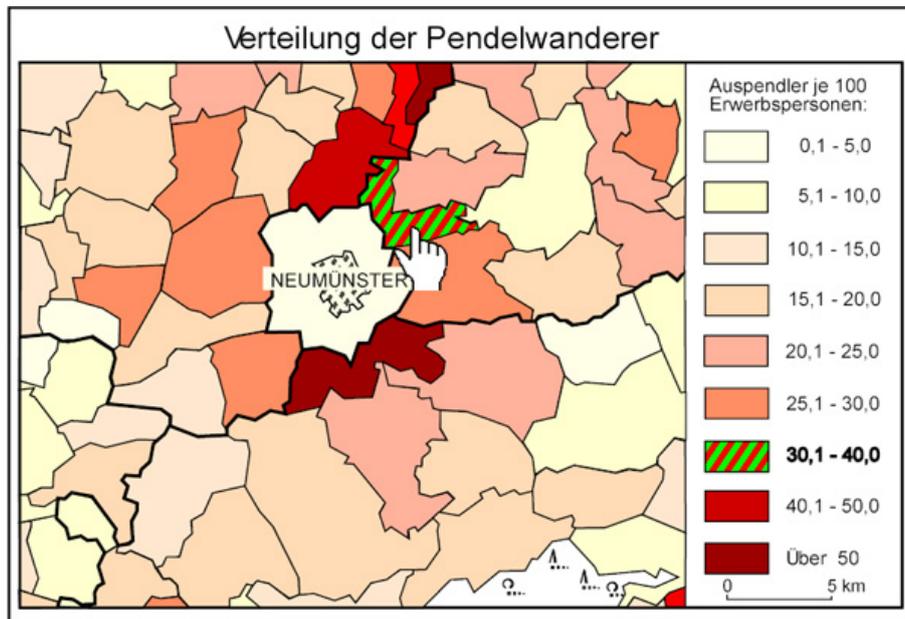


Abbildung 6.9: [Interaktives Web-Beispiel 22]

die Schlüsselfunktion der Informationsübermittlung durch die Kartenlegende, wobei die Effizienzsteigerung durch jeweils unterschiedliche Gestaltungsmittel erreicht werden kann. Ferner muss das Kartenzeichen, das die Interaktion auslöst, nicht zwingend seine Darstellung für diesen temporären Zeitraum innerhalb der Kartengraphik ändern, da der Betrachter die Interaktion mit dem Kartenzeichen bewusst steuert und so seine Aufmerksamkeit komplett auf die Kartenlegende richten kann. Allerdings kann eine Kennzeichnung des Kartenzeichens die explorative Analyse verbessern. So kann dies bei Kartogrammdarstellungen, die über eine große Anzahl von Flächenkartenzeichen verfügen, eine sinnvolle Anwendung bedeuten.

6.4 Interaktiv-animiertes Kartenzeichen

Die Funktion des interaktiv-animierten Kartenzeichens besteht in der Zuordnung des Kartenzeichens zu der in der Legende transkribierten Information der jeweiligen Objektart. Theoretisch kann ein auffälliges Blinken des Signatureschlüssels sowie des Erläuterungstextes das Auffinden der Objektart beschleunigen.

nigen und so die Dekodierung der Objektinformation vereinfachen.

Im Vergleich zu Kapitel 5 „Interaktive Legende“ betrachtet dieses Kapitel den umgekehrten Fall. Der Nutzer der interaktiven Kartenlegende kennt die Merkmale der Objektart bereits, bevor er die zugehörigen Objektinstanzen durch Interaktion zur animierten Darstellung anregt. Interaktiv-animierte Kartenzeichen beschleunigen das Auffinden dieser innerhalb der Kartengraphik. Das Blinken ist in diesem Kontext eine sehr effiziente Visualisierungstechnik, da animierte Kartenzeichen starke optische Reize setzen und dem Betrachter auch bei großer graphischer Dichte eine schnelle, sichere und nachhaltige Perzeption ermöglichen. Hier, im Kontext dieses Kapitels, wird allerdings die Interaktion durch ein einzelnes Kartenzeichen ausgelöst dessen Position in der Kartengraphik bereits bekannt ist. Die Anordnung der Legende auf dem Bildschirm erschließt sich dem Betrachter auf den ersten Blick. Er weiß wohin er sein Augenmerk richten muss, damit die optischen Bezüge, die für die Dekodierung des Signaturenschlüssels relevant sind, eingeblendet werden. Da sich die Informationsdekodierung durch die Legende nur auf einem lokal eng begrenzten Bereich bezieht, ist das Auffinden der Legendeninformation als unproblematisch zu werten. Daher benötigt man keine auffällige Visualisierungstechnik wie einen animierten Signaturenschlüssel. Die interaktiv-animierte Darstellung entspricht in diesem Zusammenhang zwar einem innovativen, aber dennoch eher übertriebenen Effekt und kann daher als stressfördernd anstatt informationsübermittelnd empfunden werden. Falls der Kartenautor aus stilistischen Erwägungen eine animierte Darstellung einsetzt, empfiehlt sich der zurückhaltende Gebrauch von animierten Signaturen; denn weniger ist oft mehr. Permanent aufblinkende Kartenzeichen strapazieren und reizen das menschliche Auge, zudem erzeugen sie Konfusion statt Information. Wild blinkende Signaturen schrecken den Betrachter ab. Eine zudem animierte Erläuterungsschrift steigert die Komplexität der Animation, fördert aber nicht zwangsläufig das Verständnis seitens des Nutzers.

Kapitel 7

Fazit

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der effizienten Informationsübermittlung durch Bildschirmkarten. Interaktive Bildschirmkarten ermöglichen eine Verbesserung der kartographischen Kommunikation, indem die räumliche Information, die von der Karte bereitgestellt wird, durch Nutzerinteraktion in ihrer Darstellung geändert visualisiert werden kann. Dieses Gestaltungsmittel kann für einzelne Kartenzeichen oder alle Kartenzeichen einer Objektart eingesetzt werden. Die Darstellungsänderung wird vom Perzipienten über einen interaktiven Zeichenschlüssel der Legende oder interaktive Kartenzeichen innerhalb der Kartengraphik ausgelöst. Dabei kommen quasistatische oder kinematische Visualisierungstechniken zum Einsatz. Diese interaktionsbezogenen Eigenschaften der Bildschirmkarte bieten eine verbesserte Wahrnehmung in Bezug auf die Explanat, Exploration und Kognition von räumlichen Sachverhalten. Fasziniert von den innovativen vielfältigen Technologien missachten viele Kartengestalter den zweckgebundenen, sachgerechten Umgang mit den kartographischen Gestaltungsmitteln. Allerdings können die interaktiven Bildschirmkarten bei entsprechendem Wissen um die Anwendung der Gestaltungsmittel ein wertvolles Medium zur effizienten Wissensvermittlung über georäumliche Sachverhalte darstellen.

Im 2. Kapitel wird die Motivation dieser Arbeit dargelegt. Hier werden die vorhandenen Arbeiten im Kontext der Bildschirmvisualisierung nach Bereichen wie Kognition von (Bildschirm-)karten, technischen Aspekten der Bildschirmvisualisierung, Erweiterung des Zeichensystems der Bildschirmkarten und Bild-

schirmkarten im Internet strukturiert. Anschließend erfolgt die Formulierung der Ziele dieser Arbeit.

Die kartographischen Grundlagen, die für das Verständnis dieser Arbeit von Belang sind, werden in Kapitel 3 erläutert. Nach der Beschreibung des kartographischen Zeichensystems und der graphischen Variablen für analoge Darstellungen folgt ein Einblick in die aktuelle Diskussion um die Erweiterung des graphischen Variablensystems in Bezug auf das neue Darstellungsmedium Bildschirm. Die Darstellungsmöglichkeiten werden systematisiert und nach formalen, syntaktischen Aspekten an das Variablensystem der kartographischen Zeichentheorie angepasst. Darauf basierend wird ein Vorschlag zu einem graphischen Variablensystem formuliert. Dieser sieht eine Differenzierung in primäre und sekundäre graphische Variablen vor. Auf Grund ihres besonderen Stellenwertes in der Kartographie werden die Farbtheorie und die bei der digitalen Kartenherstellung relevanten Farbmodelle erläutert. Im Weiteren folgt die Konkretisierung der Fachtermini im Umfeld der digitalen Kartographie. So wird der immer häufiger verwendete Fachbegriff der „dynamischen“ Karte an dieser Stelle präzisiert. Das Fachvokabular der klassischen Kartographie reicht zur Beschreibung einiger Darstellungsformen der Bildschirmkarte nicht aus. Dies ist anhand der digitalen Kartenbeispiele der Kapitel 5 und 6 nachvollziehbar. Um eine Grundlage für die fachliche Beschreibung der Beispiele zu gewinnen, wurden passende neue Begriffe eingeführt.

Des Weiteren bietet Kapitel 3 einen Einblick in den Stand, die Entwicklung und die Verfahren sowie die bisher gewonnenen Ergebnisse der Kognitionsforschung in der Kartographie. Dieser Abschnitt entstand auf der Suche nach Methoden, die eine objektive Bewertung der Kartenbeispiele aus Kapitel 5 und 6 zulassen. Eine Option bestand darin, diese Beispiele durch empirische Versuchsreihen zu evaluieren. Die empirischen Verfahren können allerdings nur unter enormen Aufwand (technische Geräte, Vielzahl an Probanden, Zusammenarbeit mit Psychologen etc.) betrieben werden. Ein weiteres Problem ist, dass die jeweils ermittelten Untersuchungsergebnisse zwar in sich stimmig, aber nicht auf einen beliebigen kartographischen Darstellungskontext übertragbar sind [VANECEK 1980; CASTNER 1983; PETCHENIK 1983; MACEACHREN 1995; MONTELLO 2002].

Die Standardtechnologien der graphischen Datenverarbeitung werden in Kapitel 4 beschrieben. Dabei wird auf die Vernetzung digitaler Fachinformationen, die Realisierung des Datenzugriffs, die Geoinformationssysteme, die Servlet-

Technologie und die Visualisierung dreidimensionaler Sachverhalte eingegangen. Ein weiterer Abschnitt befasst sich mit der Gestaltung von Karten unter Ausschöpfung der Möglichkeiten, die das Medium aus graphischer Sicht bereitstellt. So ist die Bildschirmkarte durch interaktive Änderung der kartographischen Darstellung unter Beibehaltung der Geometrie in der Lage, attributive Informationen effizienter zu vermitteln als rein statische Karten. Des Weiteren wird hier die technische Realisierung der in den folgenden Kapiteln vorgestellten Kartenbeispiele und der Bewertungsrahmen für die unterschiedlichen Darstellungsmethoden vorgestellt.

Die Kapitel 5 und 6 stellen Bildschirmkarten vor, die die Hypothese des Mehrwerts von Bildschirmkarten durch die verbesserte Perzeption der Karteninformation, im Gegensatz zur rein statischen Karte, signifikant belegen. Die Beispiele werden dabei systematisch nach der Art des Informationszugangs über die interaktive Legende oder die interaktiven Kartenzeichen der Kartengraphik, ihren graphischen Grundprimitiven und der kartographischen Animation untergliedert. Die praktische Anwendung der graphischen Variablen wird anhand der Beispielkarten unter kartographischen Gesichtspunkten und mit unterschiedlich starkem Grad der Durchdringung bewertet. Die Effizienzsteigerung von interaktiven Bildschirmkarten wird dabei auf der Grundlage von zahlreichen Beispielen manifestiert. Da die erweiterten Zeichenvariationen der Bildschirmkarte im Analogen, also auch für die Druckversion der vorliegenden Arbeit, nicht zur Verfügung stehen, sind die besprochenen Beispiele auf CD oder im Internet unter http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online/landw_fak/2005/ellsiepen_iris/bsp/index.html, verfügbar.

Die im Rahmen der Studie vorgestellten Bildschirmkarten belegen, dass die interaktiven graphischen Darstellungsänderungen den Kognitionsprozess seitens des Betrachters im Vergleich zu analogen Karten fördern. Welche graphischen Variablen, in Bezug auf die themenbezogene Transkription der georäumlichen Karteninformation, diesen Prozess am stärksten beeinflussen, könnte in einem weiteren Schritt durch empirische Versuchsreihen evaluiert werden.

Literaturverzeichnis

- [1] ASCHE, H.: *Modellierung und Nutzung elektronischer Karten*. In: KRETSCHMER/ KRIZ, 1996.
- [2] ARNBERGER, E.: *Handbuch der thematischen Kartographie*. Wien : Verlag Franz Deuticke 1966.
- [3] ARNBERGER, E.: *10 Jahre „Institut für Kartographie“ der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Rückblick und Arbeitsbericht)*. Sonderdruck aus Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Band 119, II, 1977.
- [4] ARNBERGER, E.: *Neuere Forschungen zur Wahrnehmung von Karteninhalten - (Ein Bericht über einschlägige Forschungsergebnisse in Österreich)*. In: Kartographische Nachrichten, Jg. 32, Heft 4, 1982, S. 121 - 132.
- [5] ARNBERGER, E.: *Thematische Kartographie*. 4. Auflage. Braunschweig: Westermann Verlag, 1993.
- [6] BÄHR, W.-F.: *Zur Methodik der Darstellung dynamischer Phänomene in thematischen Karten*. Frankfurter Geographische Hefte 51 - Karten- und Textband. Frankfurt am Main : Verlag Waldemar Kramer, 1976.
- [7] BEAUJARDIÈRE, J.: *Web Map Service Implementation Specification*. Projektdokument Referenznummer OGC 01-068r3 - Open GIS Consortium Inc., 2002.
- [8] BERTIN, J.: *Graphische Semiologie - Diagramme, Netze, Karten*. Übersetzt und bearbeitet nach der 2. Französischen Auflage (1967, 1973). Berlin, New York : Walter de Gruyter, 1974.

- [9] BERTIN, J.: *Graphische Darstellungen - Graphische Verarbeitung von Information*. Übersetzt und bearbeitet nach der Französischen Auflage (1977). Berlin, New York : Walter de Gruyter, 1982.
- [10] BOLLMANN, J.: *Aspekte kartographischer Zeichenwahrnehmung - Eine empirische Untersuchung*. Heidelberg, Bonn-Bad-Godesberg : Kirschbaum Verlag, 1981.
- [11] BOLLMANN, J.; KOCH, W. G. (Hrsg.): *Lexikon der Kartographie und Geomatik - A bis Karti*. Heidelberg, Berlin : Spektrum Akademischer Verlag, 2001.
- [12] BOLLMANN, J.; KOCH, W. G. (Hrsg.): *Lexikon der Kartographie und Geomatik - Karto bis Z*. Heidelberg, Berlin : Spektrum Akademischer Verlag, 2002.
- [13] BUZIEK, G.: *Überlegungen und Beispiele zur Gestaltung von Legenden für kartographische Animationen*. 1997.
<http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3_97/buziek/geovisc3.htm> <Version von Sept. 1997> (Zugriff im Dez. 2001).
- [14] BUZIEK, G.: *Dynamic Elements of Multimedia Cartography*. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. *Multimedia Cartography*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.
- [15] BUZIEK, G.; DRANSCH, D.; RASE, W.-D. (Hrsg.): *Dynamische Visualisierung - Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen*. Berlin : Springer Verlag, 2000.
- [16] BUZIEK, G.: *Eine Konzeption der kartographischen Visualisierung*. Habilitationsschrift, 2001.
- [17] BRODERSEN, L.; ANDERSEN, H.; WEBER, S.: *Augenbewegungsmessungen als Methode zur Beurteilung von Karten*. In: *Kartographische Nachrichten*, Heft 2, 2002, S. 60 - 65.
- [18] BROWN, A.; EMMER, N.; VAN DEN WORM; J.: *Cartographic Design and Production in the Internet Era: The Example of Tourist Web Maps*. In: *The Cartographic Journal*. Vol. 38, No. 1, June 2001, pp. 61 - 72.

- [19] BRÜHLMEIER, T.: *Interaktive Karten - Adaptives Zoomen mit Scalable Vector Graphics*.
<http://www.carto.net/papers/tobias_bruehlmeier/-2000_10_tobias_bruehlmeier_diplomarbeit_adaptives_zoomen.pdf>
<Version von Okt. 2002> (Zugriff im Nov. 2002).
- [20] BRÜMMER, H.: *Farben und Farbmanagement*.
<http://www.hans-bruemmer.de/publikationen/farb_manag.pdf>
<Version von März 2002> (Zugriff im Jan. 2003).
- [21] BRUNNER, K.: *Limitierungen bei der elektronischen Bildschirmanzeige von Karten* In: Schmidt, B. und Uhlenkücken, C. (Hrsg.): *Visualisierung raumbezogener Daten: Methoden und Anwendungen*, Band II. Beiträge zum 3. GeoViSC-Workshop 25. September 2000. IfGIprints, Band 8. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geoinformatik, S. 35 - 47.
- [22] BRUNNER, K.: *Kartengestaltung für elektronische Bildanzeige von Karten*. Kartographische Bausteine, Band 19, Dresden 2001, S. 76-88.
- [23] BRUNNER, K.: *Kartengraphik am Bildschirm - Einschränkungen und Probleme*. In: Kartographische Nachrichten, Heft 5, 2001, S. 233.
- [24] CASTNER, H.W.: *Research questions and cartography design*. In: D.R.F. TAYLOR (ed): *Graphic communication an design in contemporary cartography*. Chichester, U.K. : John Wiley & Sons. 1983, pp. 87 - 113.
- [25] CASTNER, H.W.; EASTMAN J. R.: *Eye-Movement Parameters and Perceived Map Complexity - I*. In: *The American Cartographer*, Volume 22, No. 2, October 1984.
- [26] CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. (eds.): *Multimedia Cartography*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.
- [27] CHANG, K.-T.: *Visual estimation of graduated circles*. In: *The Canadian Cartographer* 14, 1977, pp. 130 - 138.
- [28] CHANG, K.-T.; ANTES J.; LENZEN, T.: *The Effect of Experience on Reading Topographic Relief Information: Analyses of Performance and Eye Movements*. In: *The Cartographic Journal*, Volume 11, No. 2, December 1985.

- [29] DICKMANN, F.: Webmapping (Teil I*): *Kartenentwurf mit dem World Wide Web*. In: Geographische Rundschau, Heft 3, 2000, S. 42.
- [30] DICKMANN, F.: Webmapping (Teil II*): *Kartenentwurf mit dem World Wide Web*. In: Geographische Rundschau, Heft 5, 2000, S. 51.
- [31] DICKMANN, F.; ZEHNER, K.: *Computerkartographie und GIS*. Braunschweig : Westermann Schulbuchverlag GmbH, 2001.
- [32] DOBSON, M.W.: *Visual Information Processing and Cartographic Communication: The Utility of Redundant Stimulus Dimensions*. In: D.R.F. TAYLOR (ed): *Graphic communication an design in contemporary carography*. Chichester, U.K. : John Wiley & Sons, 1983, pp. 87 - 113.
- [33] DRANSCH, D.: *Temporale und nontemporale Computer-Animation in der Kartographie*. Dissertation. Reihe C - Kartographie - Band 15. Freie Universität Berlin : Selbstverlag Fachbereich Geowissenschaften, 1995.
- [34] DRANSCH, D.: *Einsatz und Konzeption von kartographischer Computer-Animation*. In: Kartographische Nachrichten, Heft 6, 1996, S. 219 - 225.
- [35] DRANSCH, D.: *Computer-Animation in der Kartographie*. Theorie und Praxis. Springer Verlag, Berlin, 1997.
- [36] DRANSCH, D.: *Funktionen der Medien bei der Visualisierung georäumlicher Daten*.
<http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3_97/dransch/dransch.htm> <Version von Sept. 1997> (Zugriff im Dez. 2001).
- [37] DRANSCH, D.: *Theoretical Issues in Multimedia Cartography*. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. *Multimedia Cartography*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.
- [38] EASTMAN, J.R.; CASTNER, H.W.: *The Meaning of Experience in Task-Specific Map Reading*. In: D.R.F. TAYLOR (ed): *Graphic communication an design in contemporary carography*. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons, 1983, pp. 115 - 148.
- [39] FELLNER, W.D.: *Computergraphik 2.*, vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim, Leipzig: BI-Wissenschaftsverlag, 1992.

- [40] FREITAG, U.: *Semiotik und Kartographie. Über die Anwendung kybernetischer Disziplinen in der theoretischen Kartographie.* In: Kartographische Nachrichten, Jg. 21, Heft 5, 1971, S. 171.
- [41] FREITAG, U.: *Can communication Theory Form the Basis of a General Theory of Cartography?* In: Karten- und Vermessungswesen, Verlag des Instituts für angewandte Geodäsie Frankfurt a. M., Heft 38, 1980, S. 17.
- [42] FREITAG, U.: *Die Kartenlegende - nur eine Randangabe?* In: Kartographische Nachrichten, Jg. 37, Heft 2, 1982, S. 42.
- [43] GARTNER, G.: *Internet-Kartographie: (R)Evolution oder Sackgasse?* In: Kartographische Nachrichten, Heft 3, 1999, S. 98.
- [44] GARTNER, G.: *Interaktive Karten im Internet.* Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 12, Wien 1999.
- [45] GILMARTIN, P.: *Twenty-five Years of Cartographic Research: A Content Analysis.* In: Journal of American Congress on Surveying and Mapping, Vol. 19, No.1, 1992, pp. 35 - 47.
- [46] GREBE, U.; SCHARLACH, H.; MÜLLER, J.-C.: *WebKartographie - Optimierung Thematischer Karten für das Internet.* In: Kartographische Nachrichten, Heft 4, 2000.
- [47] HAKE, G.: *Kartographie und Kommunikation.* In: Kartographische Nachrichten, Jg. 23, Heft 4, 1973, S. 137.
- [48] HAKE, G.: *Gedanken zu Form und Inhalt heutiger Karten.* In: Kartographische Nachrichten, Heft 2, 1988, S. 65.
- [49] HAKE, G.; GRÜNREICH, D.; MENG, L.: *Kartographie - 8. Auflage.* De Gruyter Lehrbuch. Berlin Walter de Gruyter 2002.
- [50] HEIDMANN, F.: *Wissenserwerb und Wissensveränderung durch hypermediale Kartensysteme in Schule und Hochschule.* In: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): *Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien.* Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96, Bern, 1996, S. 133-155.
- [51] HERRMANN, C.; ASCHE, H. (Hrsg.): *Web.Mapping 1 - Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet.* Heidelberg : Herbert Wichmann Verlag, 2001.

- [52] IMHOF, E.: *Thematische Kartographie*. Berlin, New York : Walter de Gruyter, 1972.
- [53] JÄHNE, B.: *Digitale Bildverarbeitung - 4.*, völlig neubearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 1997.
- [54] KELLER, C.P.; WOOD, C.H.: *Advances in Cartographic Design*. WOOD, C.H.; KELLER, C.P.(eds.): *Cartographic Design - Theoretical and Practical Perspectives*. Chichester, New York : John Wiley & Sons, 1996, pp. 279 - 286.
- [55] KIEHN, A.; TITZMANN, I.: *Typographie interaktiv! Ein Leitfaden für gelungenes Screen-Design*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 1998.
- [56] KOWANDA, A.: *Zur Gliederung des kartographischen Zeichensystems*. In: *Kartographische Nachrichten*, Heft 1, 1997, S. 1.
- [57] KRAAK, M.-J.: *3-D-mapping on the World Wide Web*. In: *Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag*, Berchtesgaden, 2001, S. 214 - 226.
- [58] KRAAK, M.-J.: *Trends in cartography*. In: KRAAK, M.-J.; BROWN, A. (Hrsg.): *Web Cartography - developments and prospects*. ITC - Division of Geoinformatics, Cartography and Visualisation, Enschede, The Netherlands. Padstow, Cornwall : Taylor & Francis, TJ International Ltd, 2001.
- [59] KRAAK, M.-J.; BROWN, A. (Hrsg.): *Web Cartography - developments and prospects*. ITC - Division of Geoinformatics, Cartography and Visualisation, Enschede, The Netherlands. Padstow, Cornwall : Taylor & Francis, TJ International Ltd, 2001.
- [60] KRYGIER, J.B.: *Advances in Cartographic Design*. WOOD, C.H.; KELLER, C.P.(eds.): *Cartographic Design - Theoretical and Practical Perspectives*. Chichester, New York : John Wiley & Sons, 1996, pp. 19 - 34.
- [61] KUDRASS, T.: *Grundlagen - Servlet-Technologie*.
<<http://www.imn.htwk-leipzig.de/~kudrass/ADIA/Servlets/servlets1.html>> <Version von o.J. > (Zugriff im Nov. 2002).

- [62] LUTTERBACH, D.: *Auswirkung der Bildschirm-Visualisierung auf die kartographische Darstellung der raumbezogenen Planung*. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 24, 1997.
- [63] MACEACHREN, A.M.: *Time as a cartographic Variable*. In: HEARNSHAW, H. M.; UNWIN, D. J. (eds.): *Visualization in Geographical Information Systems*. Baffins Lane, Chichester : John Wiley & Sons, 1994.
- [64] MACEACHREN, A.M.: *Introduction to advances in visualizing spatial data*. In: HEARNSHAW, H. M.; UNWIN, D. J. (eds.): *Visualization in Geographical Information Systems*. Baffins Lane, Chichester : John Wiley & Sons, 1994.
- [65] MACEACHREN, A.M.: *How Maps Work - Representation, Visualization, and Design*. New York, London : The Guilford Press, 1995.
- [66] MACEACHREN, A.M.; TAYLOR, D.R.F. (eds.): *Visualization in modern cartography*. Oxford : Pergamon Press, 1994.
- [67] MALIC, B.: *Physiologische und technische Aspekte kartographischer Bildschirmvisualisierung*. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 25, 1998.
- [68] MAYER, F.: *Thematische Kartographie heute - Impulse / Zukunftsaspekte*. In: Wiener Schriftenreihe zur Geographie und Kartographie, Band 6, 1993, S. 137.
- [69] MENG, L.: *Das Durchblättern des Georaums und das Eintauchen in die Information*.
<http://129.187.92.218/publications/meng/paper/durchblatt_berlin2001.pdf> <Version von März 2002> (Zugriff im Dez. 2002).
- [70] MONTELLO, D. R.: *Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches*. In: *Cartography and Geographic Information Science*, Volume 29, No. 3, July 2002, pp. 283 - 304.
- [71] MOORE, K.: *VRML and Java for Interactive 3D Cartography*. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. (eds.): *Multimedia Cartography*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.

- [72] MORGENSTERN, D.: *Raumbezogene Kommunikation - alltäglich und kartographisch*. In: Kartographische Nachrichten, Heft 3, 2003, S. 103.
- [73] MUCH, S.; WILFERT, I.: *Effektive rechnergestützte Herstellung thematischer Karten*. In: Kartographische Nachrichten, Heft 3, 1995, S. 85.
- [74] MÜLLER, J.-C.: *Wahrheit und Lüge in thematischen Karten - Zur Problematik der Darstellung statistischer Sachverhalte*. In: Kartographische Nachrichten, Heft 2, 1985, S. 44.
- [75] MÜLLER, J.-C.: *GIS, Multimedia und die Zukunft der Kartographie*. In: Kartographische Nachrichten, Heft 2, 1997, S. 41.
- [76] MUNDLE, H.; HURNI, L.: *Methana 3D - Kartographische Online-3-D-Plattform mit Datenbankanbindung der Halbinsel Methana (GR)*. In: HERRMANN, C.; ASCHE, H. (Hrsg.): *Web.Mapping 1 - Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet*. Heidelberg : Herbert Wichmann Verlag, 2001
- [77] NEUDECK, S.: *Zur Gestaltung topografischer Karten für die Bildschirmvisualisierung*. Dissertation. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, 2001.
- [78] NEUMANN, A.; WINTER, A.M.: *Kartographie im Internet auf Vektorbasis, mit Hilfe von SVG nun möglich*.
<http://www.carto.net/papers/svg/index_d.shtml#kap1>
<Version von Mai 2003> (Zugriff im Mai 2003).
- [79] OHLHOF, T.; KÖLLER, S.: *Ein Beitrag zur digitalen Herstellung thematischer Karten*. In: Kartographische Nachrichten, Heft 6, 1993, S. 221.
- [80] OLBRICH, G.; PRALLE, H.: *Multimedia- und Virtual-Reality-Techniken für die wissenschaftliche Visualisierung*. In: BUZIEK, G.; DRANSCH, D.; RASE, W.-D. (Hrsg.): *Dynamische Visualisierung - Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen*. Berlin : Springer Verlag, 2000.
- [81] OLBRICH, G.; QUICK, M.; SCHWEIKART, J.: *Desktop Mapping - Grundlagen und Praxis in Kartographie und GIS*. 3. überarb. und erw. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2002.

- [82] OLSON, J.M.: *Future Research Directions in Cartographic Communication and Design*. In: D.R.F. TAYLOR (ed): *Graphic communication and design in contemporary cartography*. Chichester, U.K. : John Wiley & Sons, 1983, pp. 257 - 284.
- [83] PATTERSON, T.: *Designing 3D Landscape*. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. (eds.): *Multimedia Cartography*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.
- [84] PETCHENIK, B.B.: *A Map Maker's Perspective on Map Design Research 1950 - 1980*. TAYLOR, D.R.F.(ed): *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*. Volume 2. Chichester, New York : John Wiley & Sons, 1983.
- [85] PETERSON, M. P.: *Interactive And Animated Cartography*. New Jersey : Prentice-Hall,1995.
- [86] PLÜMER, L.; STEINRÜCKEN, J.; KOLBE, T.H.: *Multimediale Visualisierung von Geoinformation im Internet*. Tagungsband des Symposiums Praktische Kartographie 2002 in Königslutter, Kirschbaum Verlag, Bonn, 2002.
- [87] QUODVERTE, P.: *La Représentation Cartographique, ou l'Art de Concevoir des Cartes*. In: Bulletin du Comité Français de Cartographie, Paris, 1997 , S. 19 - 31.
- [88] RÄBER, S.; JENNY, B.: *Aktive Web-Karten - ein Plädoyer für gute Kartographie*. In: Symposium Web.mapping.2001 - FH Karlsruhe-Hochschule für Technik, 15./16. Nov. 2001.
- [89] RASE, W.-D.: *Von 2D nach 3D - perspektivische Zeichnungen, Stereogramme, reale Modelle*. Deutsche Gesellschaft für Kartographie, Kartographische Schriften, Band 7: Visualisierung und Erschließung von Geodaten. Beiträge des Seminars GEOVIS, Hannover, 2003.
- [90] ROBINSON, A.H., PETCHENIK, B.B.: *The Nature of Maps*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 1976.
- [91] ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L.; MUEHRCKE, P.C.; KIMERLING, A.J.; CUPTILL, S.C.: *Elements of Cartography*. New York, Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

- [92] SALISHCHEV, K.A.: *Theoretical Issues of Cartography in the 80-s*. 11-th International Cartographic Conference (Warsaw 1982), Moscow State University, 1982.
- [93] SALICHTCHEV, K.A.: *Cartographic Communication: A Theoretical Survey*. TAYLOR, D.R.F.(ed): *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*. Volume 2. Chichester, New York : John Wiley & Sons. 1983, pp. 11 - 36.
- [94] SCHLIMM, R.: *Aufbau eines Kartographischen Informationssystems im World Wide Web*. In: *Kartographische Nachrichten*, Jg. 48, Heft 1, 1998, S. 1 - 8.
- [95] SCHOPPMEYER, J.: *Die Wahrnehmung von Rastern und die Abstufung von Tonwertskalen in der Kartographie*. Dissertation. Schriftreihen des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 9, Frankfurt am Main, 1978.
- [96] SCHOPPMEYER, J.: *Farbreproduktion in der Kartographie und ihre theoretischen Grundlagen*. Habilitationsschrift. Schriftreihen des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Heft 18, Frankfurt am Main, 1991.
- [97] SCHOPPMEYER, J.: *Farbe - Definition und Behandlung beim Übergang zur digitalen Kartographie*. In: *Kartographische Nachrichten*, Heft 42, 1992, S. 125.
- [98] SPERLING, W.: *Kartographische Didaktik und Kommunikation*. In: *Kartographische Nachrichten*, Jg. 32, Heft 1, 1982, S. 5.
- [99] SPIESS, E.: *Attraktive Karten - ein Plädoyer für gute Kartographie*. In: Schweizer Gesellschaft für Kartographie (Hrsg): *Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien - Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96 - zugleich 45. Kartographentag*, 1996.
- [100] STEINMETZ, R.: *Multimedia-Technologie - Grundlagen, Komponenten und Systeme*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.
- [101] SCHWANSON, J.: *The Cartographic Possibilities of VRML*. In: CARTWRIGHT, W.; PETERSON, M. P.; GARTNER, G. (eds.): *Multimedia Cartography*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 1999.

- [102] TAYLOR, D.R.F.: *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography: An Introduction*. TAYLOR, D.R.F.(ed): *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*. Volume 2. Chichester, New York: John Wiley & Sons. 1983, pp. 1 - 10.
- [103] TAYLOR, D.R.F.: *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography: An Introduction*. TAYLOR, D.R.F.(ed): *Graphic Communication and Design in Contemporary Cartography*. Volume 2. Chichester, New York : John Wiley & Sons. 1983, pp. 1 - 10.
- [104] TAINZ, P.: *Kommunikationsansätze zur Präsentation kartographischer Bildschirminformationen*. Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, Band 11, Universität Trier, 1997.
- [105] TERRIBILINI, A.: *Entwicklung von Arbeitsabläufen zur automatischen Erstellung von interaktiven, vektorbasierten topographischen 3D-Karten*. Dissertation. Institut für Kartographie ETH Zürich, 2001
<ftp://ftp.karto.ethz.ch/pub/pub_pdf/2001_Diss_Terribilini_screen.pdf> <Version von Sept 2001> (Zugriff im Jan. 2003)
- [106] THOENE, J.: *Einführung in die Servlet-Technologie*.
<<http://www.inf.fh-dortmund.de/personen/professoren/achilles/VorlesungFrueher/seminar2001/Seminar/Thoene/servlet.html>> <Version von Mai 2001> (Zugriff im Nov. 2002)
- [107] WATT; A.H.: *Designing SVG Web Graphics*. United States of America : New Riders Publishing, 2002.
- [108] WINTER; A.M.: *Internetkartographie mit SVG - Prototyp für einen thematischen Atlas*. Diplomarbeit. Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften der Universität Wien. Studienrichtung Geographie. Studienzweig Kartographie, 2000.
<http://www.carto.net/andre.mw/projects/atlas/internetkarto_svg_atlas_001206.pdf> <Version von Dez. 2000> (Zugriff im Mai 2002)
- [109] WINTER; A.M.: *Social Patterns of Vienna*. Projekt von carto.net.
<<http://www.carto.net/papers/svg/samples/wien.shtml>>
<Version von April 2003> (Zugriff im Mai 2003)

- [110] WITT, W.: *Thematischen Kartographie - Methoden und Probleme, Tendenzen und Aufgaben*. Hannover : Gebrüder Jänecke Verlag, 1967.
- [111] WITT, W.: *Thematische Kartographie - 2. Auflage*. Hannover : Gebrüder Jänecke Verlag, 1970.
- [112] WOOD, C.H.; GILHOOLY, K.J.: *The Practitioner's View? A Pilot Study into Empirical Knowledge About Cartographic Design*. WOOD, C.H.; KELLER, C.P.(eds.): *Cartographic Design - Theoretical and Practical Perspectives*. Chichester, New York: John Wiley & Sons, 1996, pp. 67 - 76.
- [113] VANECEK, E.: *Experimentelle Beiträge zur Wahrnehmbarkeit kartographischer Signaturen*. In: ARNBERGER, E.(Hrsg.) *Forschungen zur theoretischen Kartographie*. Band 6, Verlag der Österreichische Akademie der Wissenschaften Wien, 1980.
- [114] ZEDI, R.: *Interaktive und animierte 3D-Szenen in VRML*. In: BUZIEK, G.; DRANSCH, D.; RASE, W.-D. (Hrsg.), *Dynamische Visualisierung - Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen*. Berlin : Springer Verlag, 2000.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Kartographie und Geoinformation der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Die Anregung zu dieser Arbeit entstand aus meiner Mitarbeit im Projekt 'Geoinformation - Neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittfaches', das durch das BMBF gefördert wurde. Ganz herzlich danke ich Herrn Professor Dr.-Ing. Dieter Morgenstern, meinem akademischen Lehrer und Hauptreferenten der vorliegenden Dissertation, für die Betreuung und großzügige Förderung. Ich danke ihm für die Gewährung der großen Freiheit, für sein Vertrauen und seine Geduld. Ebenfalls ein großer Dank geht an meinen Korreferenten Herrn Professor Dr. rer. nat. Lutz Plümer für die freundliche Übernahme des Korreferats. Durch intensive Gespräche und hilfreiche Vorschläge hat Herr Professor Plümer maßgeblich zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen. Mein weiterer Dank gilt meinen Kollegen des IKG für Hinweise, konstruktive Kritik und anregende Diskussionen, insbesondere sei an dieser Stelle Herr PD Dr.-Ing. Schoppmeyer genannt. Für die Hilfsbereitschaft in allen Angelegenheiten jenseits der wissenschaftlichen Fragestellungen danke ich ganz besonders Frau Helga Koch und Herrn Dieter Brandenburg. Danken möchte ich auch meinem Schwiegervater Herrn Dr.-Ing. Hans-Peter Ellsiepen für wertvolle Hinweise und Anregungen. Ein weiterer Dank gilt all denen, die an der Korrekturlesung dieser Arbeit beteiligt waren. Schließlich bedanke ich mich ganz herzlich bei meiner Familie, welche meine Ausbildung ermöglicht hat und mich immer mit viel Geduld unterstützt und motiviert hat. Nicht zuletzt danke ich meinem Ehemann.

Sankt Augustin, im September 2004
Iris Ellsiepen