

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Landwirtschaftliche Fakultät

Lehr- und Forschungsschwerpunkt
„Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“

Forschungsbericht

Nr. 147

**Auswirkungen des Anbaus vielfältiger Fruchtfolgen
auf wirbellose Tiere in der Agrarlandschaft
(Literaturstudie)**

Verfasser:

Matthias Schindler & Wolfgang Schumacher

Institut für Nutzpflanzenkunde und Ressourcenschutz
- Fachbereich Ökologie der Kulturlandschaft -

Herausgeber: Lehr- und Forschungsschwerpunkt „Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft“, Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Meckenheimer Allee 172 15, 53115 Bonn
Tel.: 0228 – 73 2285; Fax.: 0228 – 73 1776
www.usl.uni-bonn.de

Forschungsvorhaben im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Bonn, September 2007

ISSN 1610-2460

Projektleitung: Prof. Dr. Wolfgang Schumacher

Institut für Nutzpflanzenkunde und Ressourcenschutz
Fachbereich Ökologie der Kulturlandschaft
- Geobotanik und Naturschutz -
Karlrobert-Kreiten-Str. 13
53115 Bonn
Tel.: 0228-732147, Fax: 0228-731695
www.geobotanik.uni-bonn.de

Projektbearbeiter: Dr. agr. Matthias Schindler

Institut für Nutzpflanzenkunde und Ressourcenschutz
Fachbereich Ökologie der Kulturlandschaft
- Tierökologie -
Melbweg 42
53127 Bonn
Tel.: 0228-910190, Fax: 0228-9101930
www.tieroekologie.uni-bonn.de

Zitiervorschlag:

SCHINDLER, M. & W. SCHUMACHER (2007): Auswirkungen des Anbaus vielfältiger Fruchtfolgen auf wirbellose Tiere in der Agrarlandschaft (Literaturstudie). Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL, Nr. 147, 50 Seiten.

Abkürzungen:

AUM: Agrarumweltmaßnahmen

CC: CrossCompliance

ELER-VO: Verordnung zur Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes durch den Europäischen Landwirtschaftsfond für die Entwicklung des ländlichen Raumes

FFH: Fauna Flora Habitatrichtlinie

GAK: Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“

GAP: Gemeinsame Agrarpolitik

GIP: Gute landwirtschaftliche Praxis

MUNLV: Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

MSL: Markt- und standortangepasste Landbewirtschaftung

NQZ: Naturschutzqualitätsziele

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
1 Einführung	6
2 Methoden	8
3 Agrarumweltmaßnahmen als Förderschwerpunkt im NRW-Programm „Ländlicher Raum“	10
3.1 Zielsetzung und Struktur der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“	12
3.2 Umsetzung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ in der Praxis	14
4 Auswirkungen erweiterter Fruchtfolgen auf Wirbellose	16
4.1 Auswirkungen auf epigäische Bodenarthropoden	16
4.2 Auswirkungen auf blütenbesuchende Insekten	21
5 Bewertung der AUM Maßnahme „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ aus Sicht des biotischen Ressourcenschutzes	29
6 Ausblick	36
7 Literaturverzeichnis	37
Anhang	48

Kurzfassung

In fast allen landwirtschaftlichen Systemen wird heute nur noch eine geringe Anzahl an Kulturarten und Varietäten angebaut. Das Ergebnis ist die Nivellierung der Bodenstruktur und der Vegetationsstrukturen, die wiederum Einfluss auf Mikroklima und Lichtverhältnisse haben. Darüber hinaus können durch die geringere Vielfalt bei den Kultivaren und deren spezifische Eigenschaften die Blühzeiträume enger werden. Sämtliche Maßnahmen zur Pflege und Ernte der angebauten Kulturen führen großflächig zu einer meist gleichförmigen Veränderung von Ackerbiotopen. Die Auswirkungen dieser Bewirtschaftung auf die Ackerzoözenosen können sich in einem messbaren Rückgang der Diversität sowie in der Nivellierung der Artenzusammensetzung zeigen.

Das NRW-Programm „Ländlicher Raum“ unterstützt die Entwicklung einer ökologisch und ökonomisch stabilen Land- und Forstwirtschaft sowie attraktiver ländlicher Räume. Bestandteil des Programms sind im Rahmen des Förderschwerpunktes 2 die „Agrarumweltmaßnahmen“ (AUM).

Die AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ wurde 2003 als Teilmaßnahme der „Markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung (MSL) im Rahmen der Modulation“ aufgestellt. Nachdem in Nordrhein-Westfalen im ersten Förderjahr 387 Betriebe mit einer Gesamtfläche von etwa 24.500 ha an dieser Maßnahme teilgenommen haben, umfasste die Gesamtfläche 2006 insgesamt ca. 60.800 ha.

Im Rahmen der vorliegenden Literaturstudie wurde - exemplarisch für verschiedene Wirbellosen-Gruppen - analysiert, ob der „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ zur Erhöhung der Artenvielfalt in Agrarökosystemen beitragen kann. Neben der Ausgestaltung der Fruchtfolgen wurden auch die möglichen Funktionen bestimmter Kulturpflanzen als Habitate oder Teilhabitate für blütenbesuchende Insekten in die Betrachtung mit einbezogen. Vorschläge für die Modifikation der AUM „Anbau vielgliedriger Fruchtfolgen“ zur Verbesserung des biotischen Ressourcenschutzes werden gegeben.

Die Analyse erfolgte am Beispiel von Laufkäfern (Carabidae) und Spinnen (Aranea) sowie Schmetterlingen (Lepidoptera), Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) und Wildbienen (Hymenoptera, Apiformes). Die genannten Gruppen weisen zahlreiche Arten auf, die typische Besiedler von Offenlandbiotopen sind.

Für die untersuchten Tiergruppen gilt gleichermaßen, dass die Eignung eines Gebietes als Lebensraum vom Vorhandensein geeigneter Reproduktions- und Nahrungshabitate abhängt. Neben der räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeit dieser Ressourcen haben vor allem für

epigäische Arthropoden, die sich überwiegend im Bereich der Streu- und Krautschicht aufhalten, auch das Mikroklima sowie die Bodenstruktur im Habitat eine Bedeutung. Blütenbesuchende Insekten sind auf das Vorkommen geeigneter Kulturpflanzen bzw. Ackerwildkräuter als Nahrungsressourcen bzw. Futterpflanzen für die Larven angewiesen. Faktoren, die Einfluss auf die Diversität und Abundanz der betrachteten Tiergruppen in Ackerbiotopen haben, lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Spinnen-Zönosen werden durch ackerbauliche Maßnahmen erheblich beeinflusst. Zwischen den Kulturen können spezifische Unterschiede bezüglich des Artenspektrums, der Individuenzahlen und des Dominanzspektrums bestehen. In Abhängigkeit von der Feldfrucht ist die Vegetationsstruktur unterschiedlich ausgeprägt. Dies kann Einfluss auf das Mikroklima im Nutzpflanzenbestand haben. Auch das Beutespektrum der Spinnen wird durch die Kultivare beeinflusst. Der Bearbeitungsmodus der Feldfrüchte hat wesentliche Auswirkungen auf netzbauende Spinnen. Die Besiedlungsdauer der Ackerflächen hängt hier von der Kulturphase bzw. dem Erntezeitpunkt ab. Boden-Spinnen werden insbesondere durch den Vegetationsbedeckungsgrad und die Bodenstruktur beeinflusst.
- Laufkäfer-Zönosen können in Abhängigkeit von der Kultur zwar gewisse Unterschiede bei der Zusammensetzung des Artenspektrums zeigen, eine Veränderung nach einem Fruchtwechsel ist aber aufgrund der langen Generationszeit nicht zu erwarten. Arten, die als Imago überwintern, bevorzugen in der Regel Flächen mit dichter Vegetation, die ein kühlfeuchtes Mikroklima aufweisen. Neben mikroklimatischen Parametern wirken sich z.B. Bodenart und Düngung (günstiges Nahrungsangebot) auf die Artengemeinschaften aus. Die unterschiedlichen Bodentypen beeinflussen stärker die Zusammensetzung der Carabidenfauna als verschiedene Anbaupflanzen. Dies ist auf die unterschiedlichen Feuchteverhältnisse zurückzuführen. Nährstoffreiche, schwere Böden sind produktiver und bieten daher meist mehr Nahrung für Laufkäfer.
- Schwebfliegen-Zönosen werden wesentlich durch mikroklimatische Faktoren und das verfügbare Nahrungsspektrum geprägt. Die meisten Syrphiden auf Äckern sind polyphag und bilden mehrere Generationen im Jahr aus. Viele ernähren sich von Blattlausarten. Nach einem Fruchtwechsel werden die Felder in der Regel von den umgebenden Habitaten aus neu besiedelt. Das Artenspektrum unterschiedlicher landwirtschaftlicher Kulturen unterscheidet sich nur wenig. Eine Ausnahme bilden Begleitarten, die aus angrenzenden Biotopen in die Felder einwan-

dern. Felder mit mehrjährigem Leguminosenanbau zeigen eine Sukzession hinsichtlich der Schwebfliegenzönosen. Im zweiten und dritten Kulturjahr dominieren hier vor allem Arten der Wiesen.

- Tagfalter-Zönosen auf Äckern sind vergleichsweise artenarm. Bestimmte Kulturpflanzen können von den Imagos zwar als Nahrungspflanze genutzt werden, sind als Reproduktionshabitat aber oft ungeeignet. Die Kultivare können als Nahrungspflanzen für die Larvalstadien nur von wenigen Tagfalterarten genutzt werden. Nur euryöke Arten und Pionierarten können unter günstigen Bedingungen die Larvenentwicklung erfolgreich durchlaufen. Struktureiche Ackerbachsen, die vegetationsarme Bereiche und eine vielfältige Spontanvegetation aufweisen, können günstige Lebensräume für Tagfalter darstellen.
- Wildbienen-Zönosen von Ackerbiotopen sind bislang nicht eingehend untersucht worden. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass durch die geringe Verfügbarkeit geeigneter Nistplätze und Nahrungsquellen die Artenvielfalt in solchen Lebensräumen sehr gering ist. Bestimmte Wildbienenarten können die Begleitflora oder geeignete Feldkulturen als Nahrungshabitat (Nektar- bzw. Pollenquelle) nutzen. Extensiv bewirtschaftete Ackerflächen oder solche, auf denen temporär keine Bodenbearbeitung durchgeführt wird, können für im Boden nistende Wildbienen als Larvalhabitat geeignet sein. Insbesondere für soziale Arten (z.B. Hummeln) oder Nahrungsgeneralisten können blühende Feldkulturen (Haupt- und Zwischenfrüchte) eine erhebliche Bedeutung als Nektar- und Pollenquelle in Ackerbaugebieten haben.

Nach Auskunft der Landwirtschaftskammer-NRW wurden 2006 im Rahmen der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ auf etwa 54 % der Fläche (ca. 60.800 ha) Getreide, auf 14 % Ackerfutter, auf 13 % Hackfrüchte, auf 8 % Ölsaaten, auf 6 % Eiweißpflanzen, auf 3 % Gemüse und sonstige Handelsgewächse und auf 1 % sonstige Kulturen angebaut. Bezogen auf die Anbaufläche können etwa 22 % der angebauten Nutzarten bzw. Gemische potentiell zur Verbesserung der Habitatfunktion für Wirbellose - hier insbesondere der Blütenbesucher - in intensiv genutzten Ackerbaugebieten beitragen (s. Abb. A). Gründe hierfür sind zum Beispiel die stärkere Verfügbarkeit von Blüten als Nektar bzw. Pollenquelle sowie die Erhöhung der allgemeinen Strukturvielfalt auf den Ackerflächen (vielfältigere Vegetationsstruktur, Unterschiede bei der Art und dem Zeitpunkt der Bewirtschaftungsmaßnahmen).

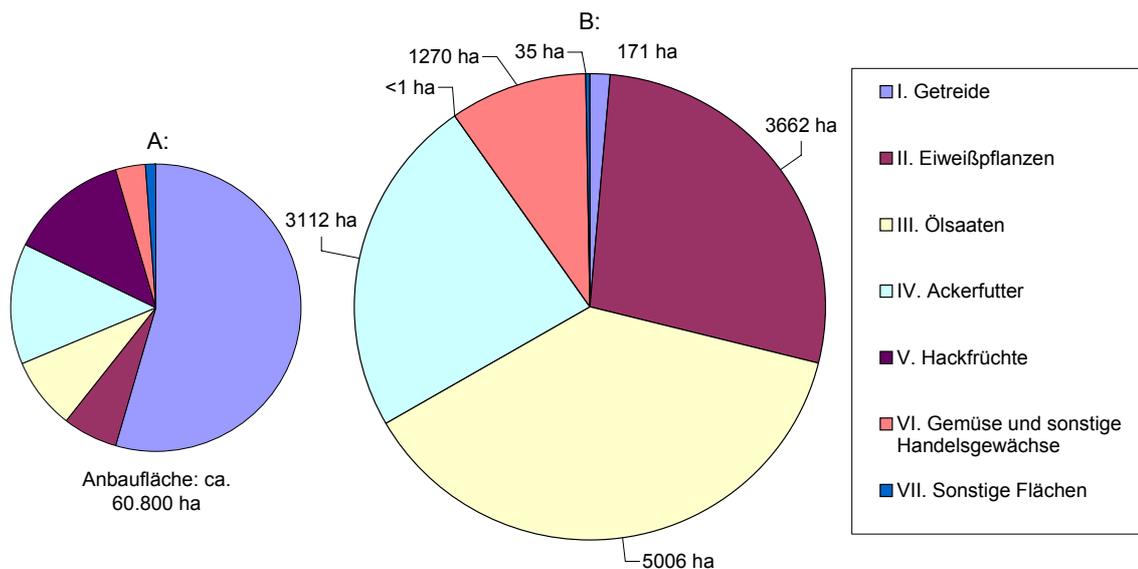


Abb. A: Relativer Anteil der angebauten Kulturen (Wirtschaftsjahr 2006) in der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ (A) sowie Anteile der Nutzarten bzw. Gemische mit möglichen positiven Auswirkungen insbesondere auf blütenbesuchende Insekten (B) [LWK-NRW 2007].

Die AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ in NRW trägt insgesamt zu einer Verbesserung der Lebensraumfunktionen von Ackerflächen für Wirbellose bei. Neben der Förderung der allgemeinen Strukturvielfalt sind vor allem Kulturen von Bedeutung, die sich positiv auf blütenbesuchende Insekten auswirken. Hierbei muss vor allem der vergleichsweise hohe Leguminosenanteil (Fördervoraussetzung: 7 %) hervorgehoben werden, wobei Klee-Gras günstiger zu beurteilen ist als Ackerbohnen oder Erbsen. Letztere sind aufgrund ihres Blütenbaus für viele Blütenbesucher als Pollen- und Nektarquelle nicht uneingeschränkt nutzbar. Rapskulturen können zumindest für einen begrenzten Zeitraum eine wichtige Ressource für Blütenbesucher darstellen. Auch der Anbau blühender Zwischenfrüchte kann sich positiv auf Blütenbesucher auswirken. Insgesamt wird das allgemeine Ziel „Erhöhung der Wertigkeit der Feldflur als Lebensraum für die Fauna“ durch die derzeitige Ausgestaltung der AUM erreicht. Die prognostizierte Wirkungskette (Abb. B) wird als realistisch eingestuft.

Durch eine entsprechende Ausgestaltung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ könnten die positiven Effekte auf den biotischen Ressourcenschutz weiter verstärkt werden. Die Integration mehrjähriger Klee-Gras Flächen oder Rotationsbrachen (bei entsprechender Anpassung der Rahmenbedingungen) würden beispielsweise temporär eine Stabilisierung von Habitaten bzw. Teilhabitaten bewirken und zur Förderung wirbelloser Tiere beitragen. Darüber hinaus kann von diesen Habitaten eine Wiederbesiedlung der Ackerflächen schneller erfolgen. Auch die Kombination der AUM „Vielfältige Fruchtfolgen“ mit derzeit nicht geförderten Maßnahmen, wie Brachen und Blühstreifen, würden sich positiv auswirken.

1 Einführung

Landwirtschaftliche Produktionsverfahren beeinflussen in unterschiedlicher Weise die Dynamik und Struktur der Zoozöosen von Äckern (BATHON 1997, FUCHS & SAACKE 2006). Der kurze Zeitraum von der Ackerbestellung bis zur Entnahme der Ernte prägt die Lebensbedingungen der Fauna auf Äckern (BLAB 1993: 353 ff). Faktoren wie Zeitpunkt und Art der Bodenbearbeitung, die Einsaatdichte, der Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln, der Erntezeitpunkt oder auch die Wuchsform der Kulturarten beeinflussen die Abundanz und Diversität der vorkommenden Tierarten (WERNER et al. 2006). Typische Acker-Zoozöosen sind an den Wechsel bzw. die kurzen Stabilitätsphasen in diesen Lebensräumen angepasst und zur raschen Neubesiedlung der Flächen generell in der Lage.

Die Ackerzoozöosen Mitteleuropas umfassen etwa 2800 bis 3000 Organismenarten, ein Großteil davon sind Wirbellose (BLAB 1993: 352 ff). Viele Tier- und Pflanzenarten dieser Offenlandhabitate sind wärmeliebend. Die Lebensgemeinschaften haben sich mit dem Vordringen des Ackerbaus (seit ca. 5000 Jahren) herausgebildet. Äcker als „Habitate“ schließen sämtliche Flächen ein, auf denen Kulturpflanzen angebaut werden. Außerdem werden Flächen dazu gezählt, die im Rahmen der Bewirtschaftung für ein oder mehrere Jahre nicht bearbeitet werden (Brachen) (FUCHS & SAACKE 2006).

Bei den Auswirkungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Wirbellosenfauna sind neben direkten Einflüssen (s.o.) auch indirekte Einflüsse über die Kulturpflanze oder die Veränderung der Ackerbegleitflora beteiligt. Der Bestand an Organismen auf einer Ackerfläche wird von Jahr zu Jahr durch die jeweiligen Pflanzenkulturen und landwirtschaftlichen Maßnahmen modifiziert (ANDRÉN et al. 1990, TISCHLER 1990). Ob Ackerbiotop neben ihrer Funktion als Nahrungs- oder Überwinterungslebensraum auch als Reproduktionslebensraum geeignet sind, hängt wesentlich von der Anpassungsfähigkeit der Wirbellosen an die Bearbeitungs-Periodik ab (vgl. PURVIS & FADL 2002). Artenvielfalt und Biomasse der epigäischen und temporär endogäischen Wirbellosenfauna reagieren unterschiedlich auf verschiedene Landnutzungssysteme (FLADE et al. 2003).

Die Wirbellosen-Zöosen der epigäischen und temporär endogäischen Arten auf Ackerflächen setzen sich überwiegend aus Vertretern der Zweiflügler (Diptera), Käfer (Coleoptera), Spinnen (Araneae), Hautflügler (Hymenoptera), Wanzen (Heteroptera) sowie Zikaden (Auchenorrhyncha) zusammen. Neben jagenden, räuberisch lebenden Arten, wie Wolfsspinnen (Lycosidae), Laufkäfern (Carabidae) und Kurzflügelkäfern (Staphylinidae) kommen saprophage Arten, wie Doppelfüßler (Diplopoden) und Asseln (Isopoda) vor (HEYDEMANN

1997). Bei der Besiedlung der Flächen spielt für viele Arten die Verfügbarkeit von Nist- oder Nahrungsressourcen, das Mikroklima sowie die Bodenstruktur eine wichtige Rolle. Blütenbesuchende Insekten, wie z.B. Schmetterlinge (Lepidoptera), Schwebfliegen (Syrphidae) oder Wildbienen (Apiformes), sind auf das Vorkommen geeigneter Kulturpflanzen bzw. Ackerwildkräuter als Nahrungsressourcen bzw. Raupenfutterpflanzen angewiesen. Darüber hinaus werden solche Pflanzen auch von phytophagen Arten, wie z.B. Blattwespen (Symphyta) oder Rüsselkäfern (Curculionidae), als Habitat oder Teilhabitat genutzt (z.B. FRITZ-KÖHLER 1996). HEYDEMANN & MEYER (1983) wiesen bei Untersuchungen an 100 typischen Ackerwildkräutern durchschnittlich 12 phytophage Tierarten pro Pflanzenart nach, SAURE et al. (1999) dokumentierten bei einer einjährigen Untersuchung an Rapskulturen rund 60 Wildbienen-, 30 Schwebfliegen- und 30 Blattwespenarten.

Die intensive Bewirtschaftung auf den Produktionsflächen und der Rückgang von Biotopstrukturen außerhalb dieser Flächen haben in vielen Ackerbaugebieten zu einem starken Rückgang der Artenvielfalt sowie einer Nivellierung des Artenspektrums geführt (z.B. KAULE 1991: 174 ff, PLACHTER 1991: 83, BLAB 1993: 357 f, MÜHLENBERG & SLOWIK 1997, FUCHS & SCHUMACHER 2006).

In dem Konzept „Nationale Strategie Deutschlands für die Entwicklung des ländlichen Raums“ wird für den Bereich des Umwelt- und Naturschutzes unter anderem das Ziel formuliert, die biologische und landschaftsstrukturelle Vielfalt in ländlichen Räumen zu erhalten und zu fördern (BMELV 2006). Als Instrument zur Umsetzung werden von den Bundesländern verschiedene Agrarumweltmaßnahmen (AUM) angeboten. Mit der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolge“ werden Ackerbaubetriebe gefördert, die zusätzliche Kulturen in ihre Fruchtfolgen aufnehmen. Die Maßnahme zielt darauf ab, die Feldflur als Lebensraum für Flora und Fauna zu verbessern (MUNLV 2004). Obwohl die möglichen Effekte für den floristischen Artenschutz eher unbedeutend sind (SCHUMACHER mündl.), sind positive Effekte beispielsweise bei wirbellosen Tieren zu erwarten (vgl. ALBRECHT et al. 2002, FUCHS & SCHUMACHER 2006).

In verschiedenen wissenschaftlichen Einzelarbeiten wurde bislang die Zusammensetzung von Wirbellosengruppen in Beständen bestimmter Kulturpflanzenarten untersucht. Wenig Beachtung fand hierbei allerdings die Frage, welchen Effekt die Erweiterung und die Gestaltung von Fruchtfolgen auf die Diversität von Zoozönosen auf Ackerstandorten haben. Im Rahmen dieser Literaturstudie soll – exemplarisch für epigäische Arthropoden und blütenbesuchende Insekten – analysiert werden, ob die Erweiterung von Fruchtfolgen eine geeignete Maßnahme zur Erhöhung der Artenvielfalt in Agrarökosystemen darstellen kann. Hierbei werden neben der Ausgestaltung der Fruchtfolgen auch die mögliche Funktion von Kultur-

pflanzen als Habitate oder Teilhabitate für die betrachteten Tiergruppen einbezogen. Vorschläge für die Modifikation dieser AUM werden gegeben.

2 Methoden

In der vorliegenden Literaturstudie werden die potentiellen Auswirkungen der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“¹ auf wirbellose Tiere in der Agrarlandschaft untersucht. Da diese Thematik bislang in wissenschaftlichen Arbeiten nicht differenziert bearbeitet wurde, wurden themenverwandte Publikationen ausgewertet.

In die Recherche wurden die relevanten wissenschaftlichen Fachzeitschriften und Literaturdatenbanken (z.B. agricola, web of science, sciencedirect) sowie verschiedene Fach-Datenbanken und Informationsportale im Internet einbezogen (s. Tab. 1). Außerdem wurden – soweit möglich – wissenschaftliche Arbeiten (Diplomarbeiten, Dissertationen, Forschungsberichte) der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn berücksichtigt. Zur Darstellung der aktuellen Anbauverhältnisse im Rahmen der Agrarumweltmaßnahme „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ wurden bei der Landwirtschaftskammer NRW Auskünfte eingeholt.

Tab. 1: Datenbanken/ Informationsportale, die zur Thematik „Auswirkungen vielfältiger Fruchtfolgen auf blütenbesuchende Insekten und Bodenarthropoden in der Agrarlandschaft“ ausgewertet wurden.

Institution	Internet-Adresse	Letzte Recherche
Agrar-Fachinformationssystem für Bund und Länder	www.fis-agrar.de	Februar 2007
Biologischen Bundesanstalt (BBA)	www.bba.bund.de	Februar 2007
BLE: Ref. 513 – Informations- und Koordinationszentrum für Biologische Vielfalt (IBV) -	www.genres.de/CF/genres/ibv/	Februar 2007
Bundesamt für Naturschutz (BfN)	www.bfn.de	Februar 2007
Bundesamt für Naturschutz (BfN) – DNL-Online	www.dnl-online.de	April 2007
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)	www.ble.de	Februar 2007

¹ Als Bezeichnungen für diese AUM-Maßnahme werden in verschiedenen Publikationen „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“, „Vielfältige Fruchtfolgen“, „Fruchtartendiversifizierung“ synonym verwendet.

Forts. Tab. 1

Institution	Internet-Adresse	Letzte Recherche
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)	www.fal.de	November 2006
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)	www.bmu.de	Januar 2006
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL)	www.bmelv.de	Februar 2007
Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG)	www.dlg.org	Februar 2007
Fachinformationssysteme Ernährung, Land- und Forstwirtschaft (FIS-ELF)	www.fiz-agrar.de/elfis/	Januar 2007
Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL)	www.fibl.org	Februar 2007
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV)	www.lanuv.nrw.de	Dezember 2006
Landwirtschaftskammer NRW	www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/foerderung/laendlicherraum/index.htm	April 2007
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB)	www.atb-potsdam.de	Januar 2007
Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)	www.munlv.nrw.de/landwirtschaft/ agrarumweltmassnahmen	April 2007
Organic Eprints	www.orgprints.org	Februar 2007
Portal BMVEL-Forschung	www.bmvel-forschung.de	Januar 2007
Zentralstelle für Agrardokumentation und -information (ZADI)	www.zadi.de	Januar 2007
Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e.V. (ZALF)	www.zalf.de	Februar 2007

3 Agrarumweltmaßnahmen als Förderschwerpunkt im NRW-Programm „Ländlicher Raum“

Im Rahmen der Politik zur Entwicklung des ländlichen Raums bietet die EU verschiedene Maßnahmen zur Förderung des Schutzes der landwirtschaftlich genutzten Umwelt und ihrer Artenvielfalt an. Hierzu zählen unter anderem Agrarumweltmaßnahmen, mit denen solche Produktionsverfahren zum Schutz der Umwelt und der Landschaftspflege gefördert werden, die über die Grundanforderungen der "guten landwirtschaftlichen Praxis" (GLP) hinausgehen (EUROPÄISCHE KOMMISSION GENERALDIREKTION LANDWIRTSCHAFT 2003).

Im Zuge der Agrarreform der Europäischen Union von 1992 wurden Agrarumweltprogramme als Element der "Flankierenden Maßnahmen" (EG-Verordnung 2078/92) in die Gemeinsame Europäische Agrarpolitik eingeführt. Im Rahmen der Agenda 2000 wurden die Agrarumweltprogramme Teil der Verordnung "Ländlicher Raum" (EG-Verordnung 1257/99).

Die Ziele der Förderinstrumente der EU werden zum Teil durch Bund und Länder als Fördermaßnahmen im Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) vorgelegt. Diese Fördermaßnahmen können von den Bundesländern in ihren Programmen umgesetzt werden.

Der Rahmenplan von Bund und Ländern zur Erfüllung der GAK umfasst als Teil der Grundsätze für die Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung unter anderem die Förderung extensiver Produktionsverfahren im Ackerbau oder bei Dauerkulturen (Rahmenplan der GAK 2007 bis 2010, Deutscher Bundestag, Drucksache 16/5324 vom 15. 05. 2007). Folgende Maßnahmen sind für die Dauer von fünf Jahren förderungsfähig:

- Anbau von jährlich mindestens fünf verschiedenen Hauptfruchtarten auf der Ackerfläche des Betriebes,
- Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten im Ackerbau oder die Begrünung von Dauerkulturen,
- Anwendung von Mulch- oder Direktsaat oder Mulchpflanzverfahren im Ackerbau,
- Ausbringen von flüssigem Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland mit besonders umweltfreundlichen Ausbringungsverfahren,
- Anwendung erosionsmindernder Produktionsverfahren des Ackerfütterbaus,
- Verzicht auf die Anwendung von Herbiziden im Betriebszweig Dauerkulturen,
- Anlage von Blühflächen oder Blüh- bzw. Schonstreifen auf höchstens 15 Prozent der Ackerflächen des Betriebes zur Schaffung von zusätzlichen Flächen- oder Streifenstrukturen, von Übergangsflächen zu ökologisch sensiblen Bereichen, zur nach-

haltigen Verbesserung der Produktionsverfahren einschließlich der Schaffung von Verbindungskorridoren oder Schutz-, Brut- oder Rückzugflächen für Wildtiere in der Agrarlandschaft,

- Anwendung biologischer oder biotechnischer Maßnahmen des Pflanzenschutzes.

Die Maßnahmen zum Schutz der landwirtschaftlich genutzten Umwelt werden im Rahmen von Kulturlandschafts-, Vertragsnaturschutz- und Landschaftspflegeprogrammen sowie von Programmen zur Förderung von umweltgerechten Haltungsverfahren oder entsprechenden Programmen der Länder mit anderer Bezeichnung gefördert (BMVEL 2005). Art und Ausgestaltung von Agrarumweltmaßnahmen (AUM) in den Programmen der 16 Bundesländer weisen zum Teil erhebliche Unterschiede auf (HARTMANN et al. 2006).

In Nordrhein-Westfalen ist das NRW-Programm „Ländlicher Raum“ seit 2000 der wesentliche Pfeiler der Förderpolitik für die Land- und Forstwirtschaft, die (Agrar-) Umwelt sowie die ländlichen Räume (MUNLV 2005). Im NRW-Programm Ländlicher Raum (2007-2013) werden im Schwerpunkt II „Umwelt und Landmanagement“ folgende Maßnahmen aufgeführt:

- Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete
- Agrarumweltmaßnahmen und Vertragsnaturschutz
- Ausgleichszahlung (FFH-Ausgleich)
- Forstwirtschaftliche Maßnahmen

Bei den AUM der Förderperiode 2007 bis 2013 werden im Vergleich zur vorherigen Förderperiode keine neuen Maßnahmen angeboten. Folgende Maßnahmen können gefördert werden (MUNLV 2007):

- Ökologischer Landbau
- Betriebszweigbezogene Grünlandextensivierung²
- Vielfältige Fruchtfolge²
- Uferrandstreifenprogramm
- Zucht vom Aussterben bedrohter Haustierrassen

² nur Verlängerungen

3.1 Zielsetzung und Struktur der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“

Die AUM „Anbau vielfältige Fruchtfolgen“ wurde 2003 im Rahmen der fakultativen Modulation (Gesetz zur Modulation von Direktzahlungen (GAP) und zur Änderung des GAK Gesetzes, Bundesgesetzblatt 2002, Teil I, Nr. 29) als ackerbauliche Maßnahme zur Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung (MSL) aufgestellt. Bislang wird diese AUM in den Bundesländern Bayern, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Sachsen-Anhalt angeboten, wobei sie in Brandenburg und Sachsen-Anhalt ausschließlich im ökologischen Anbau beantragt werden kann (HARTMANN et al. 2006).

Mit der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ sollen Anreize für Ackerbaubetriebe geschaffen werden, zusätzliche Kulturen in ihre Fruchtfolgen aufzunehmen. Hintergrund ist die in den letzten Jahrzehnten zunehmende Einengung von Fruchtfolgen (z.B. MUNLV 2006). In NRW wird beispielsweise auf ca. 53 % der Ackerflächen Getreide angebaut, davon 75 % Winterweizen und Wintergerste. Enge Fruchtfolgen können zu Problemen mit Auswirkungen auf die Umwelt führen. Hier setzt das Förderangebot zur Erweiterung von Fruchtfolgen an. Folgende Ziele sollen erreicht werden:

- Bereicherung des Landschaftsbildes und Verbesserung der Feldflur als Lebensraum für Flora und Fauna,
- Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit durch den Anbau von Leguminosen und Leguminosengemengen,
- Verbesserung der relativen Vorzüglichkeit von Leguminosengemengen für die Futternutzung gegenüber Silomais,
- verstärkter Anbau heimischer Eiweißfuttermittel (Erbsen, Bohnen) für die Tierfütterung,
- Reduzierung von chemisch-synthetischen Pflanzenschutz- und Düngemitteln.

Für die Teilnahme an der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ ist in Nordrhein-Westfalen folgender Rahmen vorgegeben (www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/foerderung):

- Der Verpflichtungszeitraum beträgt 5 Jahre.
- Der Umfang des Dauergrünlands im Gesamtbetrieb, außer in den Fällen des Besitzwechsels, ist nicht zu verringern.
- Auf der Ackerfläche des Betriebes mit Ausnahme der stillgelegten Ackerfläche müssen mindestens fünf verschiedene Hauptfruchtarten angebaut werden.

- Außer bei Leguminosen oder Leguminosengemengen wird je Hauptfruchtart ein Mindestanteil von 10 Prozent der Ackerfläche eingehalten und ein Anteil von 30 Prozent der Ackerfläche nicht überschritten.
- Der Getreideanteil von zwei Dritteln der Ackerfläche wird nicht überschritten.
- Gemüse und andere Gartengewächse werden auf maximal 30 Prozent der Ackerflächen angebaut.
- Auf mindestens 7 Prozent der Ackerfläche werden Hauptfruchtarten angebaut, die aus Leguminosen oder einem Gemenge bestehen, das Leguminosen enthält.
- Nach Leguminosen ist eine über Winter bleibende Folge- oder Zwischenfrucht anzubauen.
- Werden mehr als 5 Hauptfruchtarten angebaut und wird der Mindestanteil einer oder mehreren Hauptfruchtarten nicht erreicht, können Hauptfruchtarten zusammengefasst werden.
- Die festgelegten Voraussetzungen beziehen sich auf die Ackerfläche des Betriebes, einschließlich der Flächen, auf denen gemäß Artikel 55 b) der VO (EG) Nr. 1782/2003 nachwachsende Rohstoffe angebaut werden, jedoch ohne die Flächen, die im Sinne des Artikels 54 Absatz 2 der VO (EG) Nr. 1782/2003 stillgelegt sind und ohne die Flächen, die nicht mehr für die landwirtschaftliche Erzeugung genutzt werden.

Die Änderungen für die AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ (s. Richtlinien zur Förderung einer markt- und standortangepassten Landbewirtschaftung; gemäß RdErl. d. MUNLV v. 4.6.2007 II-4 - 72.40.32) gegenüber der bis 2006 gültigen Förderbedingungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Tab. 2: Vergleich der Ausgestaltung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ in NRW in der alten und in der neuen Förderperiode.

2000 – 2006	2007 - 2013
Prämie: 50 €/ ha	Prämie: 40 €/ h, bei gleichzeitiger ökologischer Produktion 25 €/ha
Kernanforderungen:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ mindestens 5 Hauptfruchtarten ▪ mindestens 7 % Leguminosen oder Leguminosengemenge 	<p>Anforderungen unverändert</p> <p>nur Ersetzungs- bzw. Verlängerungsanträge möglich.</p>

3.2 Umsetzung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ in der Praxis

Im ersten Förderjahr (2003) betrug die Förderfläche der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ ca. 24.500 ha, dies entspricht etwa 2,9 % der nordrhein-westfälischen Ackerfläche. Rund die Hälfte der Fläche wurde mit Getreide (ohne Mais) bestellt. Die sechs häufigsten Kulturen waren: Winterweizen (~5.700 ha), Wintergerste (~3.200 ha), Zuckerrübe (~2.600 ha), Silomais (~1.600 ha), Triticale (~1.550 ha) und Kartoffel (~1.450 ha). Insgesamt wurden auf rund 15 % der Förderfläche Leguminosen angebaut, hierbei vor allem Ackerbohnen (FAL 2005). Klee gras wurde auf etwa einem Viertel der Leguminosen-Fläche angebaut, gefolgt von Erbsen und Bohnen. In der Niederrheinischen Bucht und am Niederrhein sind zahlreiche Gemeinden mit einer Förderfläche von über 2,5 % am Ackerland (vgl. Abb. 3) vertreten. Auch in den Börden und im Ostwestfälischen Hügelland wird diese AUM in größerem Umfang umgesetzt.

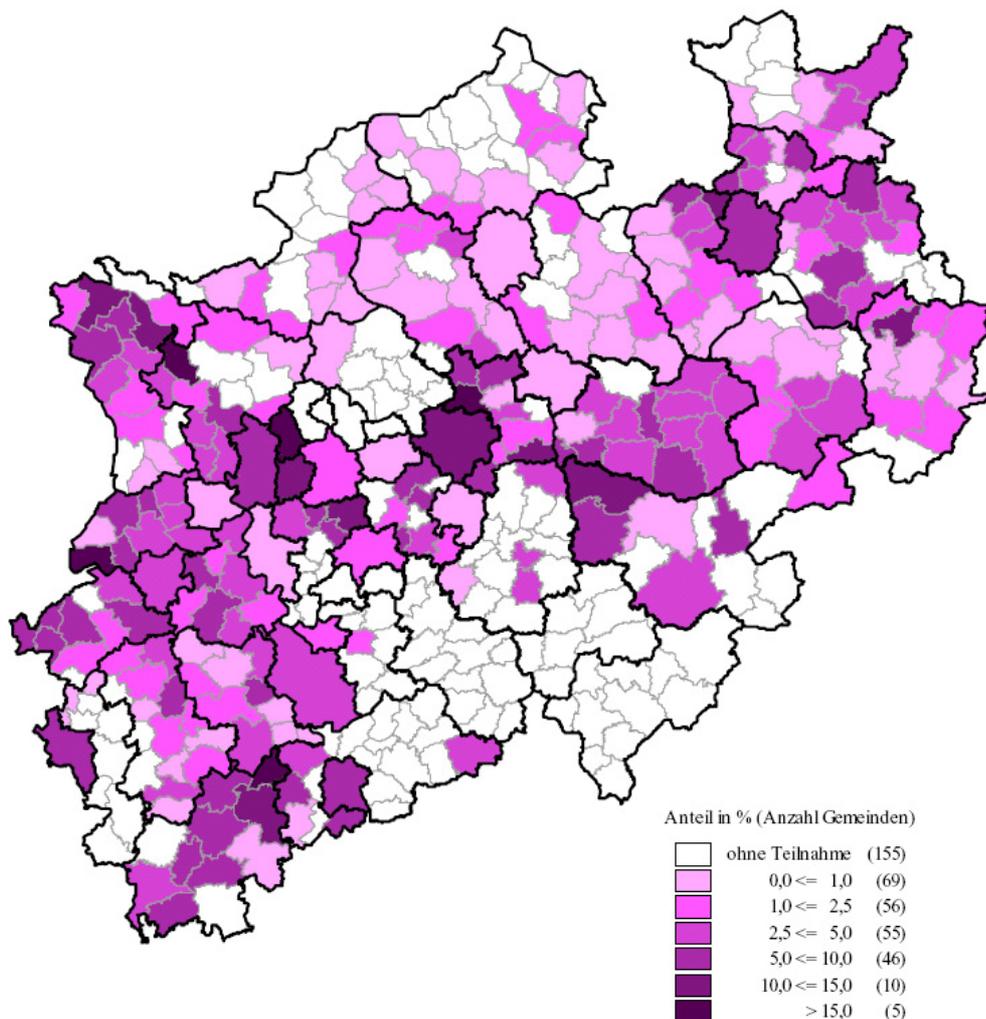


Abb. 3: Anbau vielfältiger Fruchtfolgen in Nordrhein-Westfalen. Anteil der geförderten Fläche am gesamten Ackerland auf Gemeindeebene (aus FAL 2005).

Im Wirtschaftsjahr 2005/2006 wurden nach Auskunft der Landwirtschaftskammer-NRW im Rahmen der AUM „Anbau vielfältige Fruchtfolgen“ 60. 800 ha Ackerfläche bewirtschaftet. Rund die Hälfte der geförderten Ackerfläche war mit Getreide (ohne Mais) bestellt. Die sechs häufigsten förderfähigen Kulturen waren: Winterweizen, Wintergerste, Zuckerrüben, Silomais, Triticale und Kartoffeln. Insgesamt wurden auf ca. 13,5 % der Förderfläche Leguminosen angebaut. Der Anteil der angebauten Kulturen ist in Tabelle I im Anhang dargestellt.

4 Auswirkungen erweiterter Fruchtfolgen auf Wirbellose

Die Auswirkungen des Anbaus vielgliedriger Fruchtfolgen auf wirbellose Tiere wurden bislang nicht eingehend untersucht. Mögliche Effekte solcher Maßnahmen lassen sich dennoch aus einer Reihe wissenschaftlicher Arbeiten ableiten. In diesen Arbeiten wurden neben dem Einfluss unterschiedlicher Bewirtschaftungsmethoden bzw. Landnutzungssysteme vor allem mikroklimatische Faktoren, die Bodenstruktur und die Vegetationsstruktur auf den Ackerflächen betrachtet. Nicht berücksichtigt wurden direkte Effekte, wie zum Beispiel die Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln.

Bei der Auswertung wurden neben Effekten, die durch Fruchtfolgeglieder erzielt werden, auch Brachen und Wildkrautstreifen (Blühstreifen) einbezogen. Letztere sind im Rahmen der AUM nicht förderfähig. Dennoch lassen sich aus den Ergebnissen der entsprechenden Untersuchungen auch Rückschlüsse über die Auswirkungen einer Diversifizierung von Fruchtfolgen auf die Artenvielfalt von Wirbellosen ableiten.

4.1 Auswirkungen auf epigäische Bodenarthropoden

Unter den epigäischen Bodenarthropoden in ackerbaulich genutzten Gebieten wurden vor allem Spinnen und Laufkäfer bislang intensiver untersucht. Beide Gruppen eignen sich durch ihre zum Teil spezifischen Ansprüche an den Lebensraum als Indikatororganismen für den Zustand von Ökosystemen. Der Kenntnisstand über die Biologie und Verbreitung der einheimischen Spinnen- und Laufkäferarten kann allgemein als gut eingestuft werden (TRAUTNER 1992, BARTHEL 1998, BLICK 1999, TRAUTNER & FRITZE 1999). Spinnen und Laufkäfer stellen funktional bedeutsame Prädatorengruppen in Agrarökosystemen dar, die in vielen terrestrischen Lebensräumen mit hohen Arten- und Individuenzahlen vertreten. Insgesamt kommen in Deutschland etwa 956 Spinnenarten und etwa 520 Laufkäferarten vor. Nachfolgend werden für beide Gruppen die generellen Lebensraumanprüche sowie die Besiedlungsfaktoren in Ackerbaubiotopen dargestellt.

Spinnen (Araneae)

Spinnen besetzen in Kulturpflanzenbeständen auf Ackerstandorten verschiedene Straten (FOELIX 1992: 246 f). Man unterscheidet am Boden, in der Bodenstreu sowie in der Krautschicht lebende Arten. Die horizontale und vertikale Verteilung der Spinnen und die Zusammensetzung der Spinnenzönosen werden durch physikalische Umweltparameter (Feuchte, Temperatur, Licht, Wind), durch strukturelle Faktoren, wie z.B. Bodenart, Streuschicht, Aufwuchs oder die Struktur eines Landschaftsraumes sowie durch das verfügbare Beutespektrum beeinflusst. Durch die Anpassungsfähigkeiten der verschiedenen Arten werden örtlich und zeitlich verschiedene Nischen besetzt. Die Verteilung im Biotop ist insbesondere von

den vorherrschenden Faktorengradienten abhängig. Hinsichtlich der jahreszeitlichen Aktivität gibt es unterschiedliche Formen der Spezialisierung.

Jungspinnen und viele kleinere Spinnenarten sind in der Lage, sich durch Winddrift (aeronausch) auszubreiten. Dieses so genannte „ballooning-behaviour“ ermöglicht eine rasche Rekolonisierung devastierter Lebensräume (z.B. PLAISIR & SCHULTZ 1991, PLATEN 1996). Es zeigt außerdem, dass sich Änderungen in der Biotopqualität verhältnismäßig schnell anhand der Spinnenfauna dokumentieren lassen (KIECHLE 1992).

Spinnen werden aufgrund ihrer Artenvielfalt und ihren relativ hohen Abundanzen zu den bedeutendsten Prädatoren in Agrarökosystemen gezählt (EKSCHEMITT et al. 1997, MARC et al. 1999, COLE et al. 2003). Die Zusammensetzung der Spinnenfauna von Äckern wird wesentlich durch die ackerbaulichen Maßnahmen beeinflusst (HEYDEMANN 1997: 342). WIEDEMEIER & DUELLI (2000) fanden auf Äckern (Intensivkulturland) 46 Spinnenarten. Hohe Aktivitätsdichten wurden ausschließlich während der Vegetationsperiode festgestellt. Im Winter kamen auf den Äckern fast ausschließlich juvenile Baldachinspinnen und Zwergspinnen vor. Allerdings findet die Überwinterung von Zwerg- und Baldachinspinnen wahrscheinlich überwiegend in naturnahen Lebensräumen statt (MARC et al. 1999, LEMKE & POEHLING 2002).

Für viele Spinnenarten ist die Persistenz wichtiger raumstruktureller Parameter von Bedeutung (AGRICOLA et al. 1996a). Bei den Auswirkungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Spinnenfauna von Ackerbiotopen ist neben der Struktur des Pflanzenbestandes auch die Bodenstruktur von Bedeutung. Verschiedene Arbeiten haben gezeigt, dass sich vor allem Bodenbearbeitungsmaßnahmen negativ auf die Spinnenfauna von Äckern auswirken (z.B. KRAUSE 1987, RATSCHKER 2001).

Der Umbruchszeitpunkt im Herbst oder Frühjahr bestimmt entscheidend die Lebensraumqualität eines Ackerschlages (für mehrere Monate). Erntestoppeln stellen für Spinnen wichtige Überwinterungshabitate dar. Durch die Saatbettbereitung werden Wohnröhren im Erdreich, Schlupfwinkel unter Steinen und Ernteresten weitgehend zerstört. Gleichzeitig wird durch das Entfernen bzw. Unterpflügen der Erntereste die Nahrungsgrundlage für wirbellose Streuzersetzer entzogen und damit die Verfügbarkeit dieser potentiellen Beuteobjekte von Spinnen reduziert. Andererseits bleibt Spinnen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen, die im Frühjahr durchgeführt werden, ein kürzerer Zeitraum zur Wiederbesiedlung eines Ackers (NYFFELER & BENZ 1979). Möglicherweise könnte sich die Direktsaat – als Alternative zum Pflugeinsatz - günstig auf die Spinnenfauna und andere epi- und endogäische Taxa auswirken (FRIEBE et al. 1991, HEIMBACH et al. 1997; SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2005, VOLKMAR & KREUTER 2006).

Auf Getreidefeldern dominieren vor allem Zwergspinnen (Erigoninae) und Baldachinspinnen (Linyphiinae) (SAMU & SZINETÁR 2002, NYFFELER & SUNDERLAND 2003). Die meisten Arten sind vergleichsweise mobil. Neben Arten aus der Familie der Linyphiidae treten vor allem Wolfsspinnen (Lycosidae) und Kieferspinnen (Tetragnathidae) der Gattung *Pachygnatha* auf. In verschiedenen Arbeiten wurde belegt, dass mit dem Rückgang regelmäßiger Störungen die relative Häufigkeit von Wolfsspinnen ansteigt (ZITATE in LEMKE et al. 2000). Diese reagieren besonders sensibel auf Bodenbearbeitungsmaßnahmen und sind z.T. zur Vollendung ihres zweijährigen Entwicklungszyklus auf stabile Habitate angewiesen.

Die Artenvielfalt der in der Krautschicht lebenden Spinnen wird durch die Vegetationsstruktur beeinflusst (ANDRELIK-WESINGER et al. 1996). Höherwüchsige Pflanzen haben dabei eine wichtige Bedeutung. Aus diesem Grund sind Spinnenzönosen der Krautschicht auf Äckern meist artenarm (BARTHEL 1997). Wesentliche Ursachen sind die Bearbeitungsintensität bzw. die starke Veränderung der Vegetationsstruktur auf diesen Flächen. Getreideäcker z.B. bieten während etwa 4-5 Monaten bis zur Ernte der Kultur einen Lebensraum. Spinnen der Krautschicht zeigen einen zeitlich-dynamischen Besiedlungsprozess und sind auf unbewirtschafteten Äckern erst nach 3 Jahren stärker vertreten.

Eine Neubesiedlung von Äckern nach einem Fruchtwechsel kann vor allem durch aeronautische Arten (s.o.), wie z.B. Zwerg- und Baldachinspinnen relativ schnell erfolgen (vgl. THORBEK et al. 2002). Andere Arten müssen aus angrenzenden Lebensräumen in die Äcker erneut einwandern. Eine Wiederbesiedlung von Flächen nach der Ernte der Kulturfrucht und den nachfolgenden Bearbeitungsmaßnahmen erfolgt vor allem aus strukturreichen Lebensräumen, die an die Felder grenzen (KRAUSE 1987). SCHMIDT (2004) stellte fest, dass das Vorkommen wenig mobiler Arten durch den Strukturreichtum auf kleinen Skalen von 0,5 bis 1 km bestimmt wird, während höhere Abundanzen von Baldachinspinnen noch bei Präsenz strukturreicher Quell-Lebensräume in 2 bis 3 km Entfernung zum Acker messbar waren. Hohe Anteile naturnaher Lebensräume in der umgebenden Landschaft konnten den Artenreichtum bodenlebender Spinnen sowohl in ökologisch als auch in konventionell bewirtschafteten Weizenfeldern von durchschnittlich 12 auf 20 Arten pro Feld erhöhen.

Durch die Monotonisierung bei den Anbaufrüchten ist bei Spinnen insgesamt eine Abnahme der Artendiversität zu erwarten, da in solchen Einheitshabitaten nur wenige Arten ihren bevorzugten Lebensraum finden können (RATSCHKER 2001). Dies spiegelt sich in niedrigeren Werten der Artendiversität als auch einer einseitigen Arten-Individuenrelation wieder. Bewirtschaftungspausen auf Ackerflächen können dagegen eine besonders vielfältige Spinnenfauna fördern. Dies ist insbesondere auf den Rückgang von Störungen und die Erhöhung des

Strukturangebots zurückzuführen (vgl. HASKINS & SHADDY 1986, PFIFFNER & LUKA 2003, SCHMIDT 2004).

Laufkäfer (Carabidae)

Das Vorkommen von Laufkäfern wird durch Umweltfaktoren, wie z.B. Bodenfeuchte, Temperatur und edaphische Faktoren (Struktur und Chemismus des Bodens), bei einigen Arten auch durch das Vorhandensein spezifischer Nahrung beeinflusst (z.B. ECKEL 1988, TRAUTNER 1991, GIERS-TIEDTKE et al. 1998, TRAUTNER & FRITZE 1999). Eine genaue Indikation der Parameter für bestimmte Arten ist allerdings bislang nur bei wenigen Arten möglich (vgl. MÜLLER-MOTZFELD 1989).

Die Mehrzahl der Laufkäfer lebt räuberisch, einige Arten phytophag. Hinsichtlich der Reproduktionsbiologie werden Frühjahrsbrüter und Herbstbrüter unterschieden. Frühjahrsbrüter überwintern als adulte Käfer und sind bereits im Frühjahr aktiv. Bei Herbstbrütern liegt die Aktivitätsphase der Adulten in den Sommermonaten und im Frühherbst. Viele Arten gehen in den Sommermonaten in eine Sommerdiapause und pflanzen sich dann im Herbst fort.

Die Laufkäferfauna von Äckern weist in Deutschland regional nur geringe Unterschiede auf (WACHMANN et al. 1995, HEYDEMANN 1997: 341). Insgesamt können mehr als 50 Arten auf Äckern vorkommen (KNAUER 1993: 34). Zahlreiche Laufkäferarten auf landwirtschaftlichen Nutzflächen stammen aus der Litoralfauna und sind durch die besonderen Bedingungen dieses Lebensraumes (Überstauung, Trockenfallen) an die Störungen des Kulturlandes (Pflügen, Ernte, Mahd) präadaptiert. Laufkäfergemeinschaften bestimmter Kulturen können gewisse Unterschiede aufweisen (WACHMANN et al. 1995). Koinzidenzen von Laufkäferarten mit bestimmten Feldfrüchten sind allerdings bislang nicht bekannt (vgl. THIELE 1977: 28, WEBER 1983).

85 % der Laufkäferarten durchlaufen in Kulturfeldern ihren vollständigen Entwicklungszyklus. Ein Drittel der hier vorkommenden Arten hat seine Entwicklungsphase während der Wintermonate (HEYDEMANN 1997: 341). Insbesondere Laufkäferarten, die als Larven überwintern (Herbstbrüter), werden durch die Bewirtschaftung der Flächen beeinträchtigt (BASEDOW 1987, BLAB 1993: 353, PURVIS & FADL 2002). Hierbei sind vor allem die späten Larvenstadien betroffen. Es wird angenommen, dass die Käferlarven durch die Kulturmaßnahmen geschädigt werden. Laufkäfer mit mehreren Brutzyklen pro Jahr und solche, die im Frühjahr mit ihrer Brutphase beginnen, werden nur in geringem Umfang durch Bearbeitungsmaßnahmen beeinträchtigt. FALTINAT (1991) stellte fest, dass neben dem Zeitpunkt der Bodenbearbeitung auch die Bodenbedeckung Einfluss auf Artenspektrum und Dominanzstruktur auf Ackerflächen hat. Auf Flächen mit Frühjahrsbodenbearbeitung wurde eine Beeinträchtigung von

Arten festgestellt, die ihre Fortpflanzungsperiode im Frühjahr haben. Arten mit Fortpflanzungsperiode im Herbst (*Pterostichus melanarius*) wurden dagegen durch Herbstbodenbearbeitung beeinträchtigt.

Aufgrund ihrer Hygrophilie bevorzugen viele Laufkäferarten eher stark bewachsene Flächen (LUCK 1989). GILGENBERG (1986) postuliert, dass eine Verlängerung der Bodenbedeckung auf Ackerflächen, z.B. durch den Anbau von Zwischenfrüchten, zur Förderung von Laufkäfern beitragen kann. Durch die Vegetationsstruktur wird einerseits für viele Arten ein günstiges Mikroklima geschaffen und andererseits das Beutetierspektrum erhöht. RASKIN et al. (1992) stellen fest, dass Carabiden in Kulturen mit einer reichhaltigen Ackerbegleitflora aufgrund ihrer meist polyphagen Ernährungsweise von dem größeren Nahrungsangebot profitieren.

Bei der Besiedlung der Kulturen nehmen neben dem Mikroklima, dem Boden und dem Beutetierspektrum auch die Biotopstrukturen in der Umgebung der Ackerflächen Einfluss auf das Artenspektrum, die Artenvielfalt und die Abundanz von Laufkäfern (z.B. WOODCOCK et al. 2007). Beispielweise können Untersaaten allgemein eine günstige Wirkung für polyphage Arten haben, da eine Verbesserung des Nahrungsspektrums zu erwarten ist (FALTINAT 1991). Auf lückig bewachsene Flächen können sich Laufkäfer beispielsweise bei der Jagd von Beutetieren ungehindert bewegen (ECKEL 1988). Das Ausbreitungsvermögen der meisten Feldlaufkäfer ist vergleichsweise gering. Wanderbewegungen der Carabiden können durch Nahrungsengpässe auf Ackerflächen ausgelöst werden (KNAUST 1991). Auch das Reproduktionspotential auf intensiv genutzten landwirtschaftlichen Flächen muss als gering eingestuft werden (BASEDOW 1987). Die Erhöhung der Strukturvielfalt in Agrarlandschaft ist deshalb für die Besiedlung bzw. Wiederbesiedlung der Flächen besonders wichtig. Von besonderer Bedeutung sind hierbei auch geeignete Überwinterungsmöglichkeiten (BÜRKI & HAUSAMMANN 1993). Sowohl die Vegetationsbedeckung als auch eine ausgeprägte Streuschicht bieten für viele Arten geeignete Überwinterungsplätze. Stoppelfelder, Feldraine und Brachland sind potentiell geeignete Überwinterungsorte. STINNER & HOUSE (1990) schlagen „Multiple cropping“ als Maßnahme zur Verbesserung der Lebensbedingungen vor. „Multiple cropping“ schließt die Diversifizierung der angebauten Kulturen ein. Effekte sind ein besserer Bodenbedeckungsgrad sowie die Erhöhung der strukturellen Vielfalt.

4.2 Auswirkungen auf blütenbesuchende Insekten

Wild- und Kulturpflanzen stellen eine Nahrungsbasis für viele Insekten, darunter Blütenbesucher und phytophage Arten, dar. Zu den Blütenbesuchern werden diejenigen Arten gezählt, die als Imago (Ausgewachsenes Tier) und/oder Larve Pollen und Nektar als Nahrungsressourcen aufnehmen. Detaillierte Untersuchungen zu Blütenbesucherzönosen von Ackerbaugebieten wurden bislang nicht durchgeführt. Aufgrund ihrer funktionalen Bedeutung als Bestäuber oder Prädatoren stellen vor allem Wildbienen und Schwebfliegen wichtige Gruppen blütenbesuchender Insekten dar (z. B. KEVAN 1999, SOMMAGGIO 1999, CORBET 2000). Insbesondere Tagfalter und Wildbienen wird eine große Bedeutung bei der Bioindikation in Offenlandbiotopen beigemessen, da viele Arten sensibel auf Umweltveränderungen reagieren (vgl. SCHWENNINGER 1992, STEFFAN-DEWENTER & TSCHARNTKE 1994, TSCHARNTKE et al. 1998, HANSSEN & IRMLER 2006).

Der Kenntnisstand über die Biologie und Verbreitung dieser Tiergruppen kann allgemein als gut eingestuft werden (vgl. WESTRICH 1989, GRELL & MARTIN 1999, MÜHLHOFER 1999). Insgesamt kommen in Deutschland etwa 550 Bienenarten und 440 Schwebfliegenarten vor. Tagfalter (Rhopalocera) umfassen einschließlich der Hesperidae 185 Arten. Nachfolgend werden für beide Gruppen die generellen Lebensraumsprüche sowie die Besiedlungsfaktoren in Ackerbaubiotopen dargestellt.

Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae)

Die Zusammensetzung von Schwebfliegenzönosen wird wesentlich durch die Verfügbarkeit bestimmter Larvalhabitate geprägt (z.B. BASTIAN 1986, JAUKER et al. 2004). Pollen- und Nektarressourcen als wichtige Nahrungsressource für die Imagines haben nur einen geringen Einfluss auf die Differenzierung des Artenspektrums. Auch mikroklimatische Parameter können das Vorkommen bestimmter Schwebfliegen beeinflussen, wobei bei vielen Arten die Bindungen eher unspezifisch sind.

Adulte Schwebfliegen sind obligatorische Blütenbesucher, die eiweißhaltigen Pollen für die Ovarien- und Eireifung benötigen. Durch die meist relativ kurzen Mundwerkzeuge sind sie auf Blüten mit leicht erreichbaren Antheren und Nektarien angewiesen. Schwebfliegenlarven nutzen ein großes Spektrum unterschiedlicher Nahrungsressourcen. Agrarökosysteme werden vor allem von Arten besiedelt, deren Larven sich räuberisch von Blattläusen ernähren (aphidophage Arten). Neben spezifischen Bindungen an bestimmte Blattlausarten gibt es eine Reihe von Schwebfliegenarten, die bis zu 40 verschiedene Blattlausarten als Nahrungsressource nutzen (SCHNEIDER 1969). Während aphidophage Arten in den Kulturen auf den Ackerflächen dominieren, können in Saumstrukturen auch andere larvale Ernährungstypen

(z.B. saprophage Arten) auftreten (vgl. FRANK & NENTWIG 1995). Die Schwebfliegenzönosen von Offenlandbiotopen werden überwiegend von euryöken Arten dominiert.

Die meisten Syrphidenarten auf Feldern bilden mehrere Generationen im Jahr aus. Da die Nahrungssituation zu Beginn der Vegetationsperiode meist ungünstig ist, nutzt die erste Generation vieler Arten für ihre Reproduktion andere Biotopstrukturen, wie z.B. Ackerwildkräuter in den Kulturbeständen oder Hecken und Säume, bevor sie landwirtschaftliche Kulturen besiedeln (vgl. WEISS & STETTNER 1991, RUPPERT 1993). Auch Arten, die als Larven überwintern, sind auf geeignete Habitate außerhalb der Äcker angewiesen. Für manche Schwebfliegenarten wird eine Überwinterung von Imagines vermutet (KRAUSE 1997).

Tab. 3: Faktoren der Habitatbindung und Habitatnutzung bei Schwebfliegen (nach SSYMANK 2001).

	Larvalhabitat		Imaginalhabitat
Entwicklungsphasen/ Voltinismus	Larvenstadien	Puppenstadium	Zwei bis mehrere Generationen pro Jahr
Funktionen	Nahrungshabitat Verpuppungsort Überwinterung & Diapause		Nahrungshabitat Paarung Eiablage
Zeitliche Muster	Tageszeitliche Aktivität, jahreszeitliche Aktivität (Fluktuation, Migration)		
Räumliche Muster	Kleinräumige Verteilung im Biotop (horizontal & vertikal), Verteilungsmuster im Biotopgefüge und in der Landschaft		

Die Schwebfliegenzönosen in landwirtschaftlichen Kulturen unterscheiden sich nur wenig (MALINOWSKA 1979, FRIEBEN & KÖPKE 1998, SALVETER 1998, SSYMANK 2001). Der Anteil wandernder Schwebfliegenarten steigt mit zunehmender Störhäufigkeit. Ausnahmen bei der Artenzusammensetzung können Felder bilden, die unmittelbar an bestimmte Biotope grenzen. Hier können Begleitarten auftreten, die in den Kultivaren aber meist nur ungünstige Bedingungen für eine erfolgreiche Reproduktion vorfinden. Auf Feldern mit mehrjährigem Leguminosenanbau dominieren im zweiten und dritten Kulturjahr vor allem Arten der Wiesen (ref. in BASTIAN 1986). Nach einem Fruchtwechsel werden die Felder von den umgebenden Habitaten aus von Schwebfliegen neu besiedelt.

Eine gezielte Förderung von Schwebfliegen in Ackerbaugebieten ist über die Erhöhung des Blütenangebotes sowohl innerhalb als auch außerhalb der Kulturpflanzenbestände möglich (vgl. BASTIAN 1986, ALBRECHT et al. 1998, KELLER & HÄNI 2000, NENTWIG 2000, KLEIJN &

LANGEVELDE 2006). Neben dem Anbau blühender Kulturarten (vgl. FRANK & NENTWIG 1995, SAURE 2002) und der Erweiterung der Fruchtfolgen (SALVETER 1998) kann die Kombination verschiedener Pflanzenarten (früh-, spät- und langblühende) hierfür gute Voraussetzungen bieten (WEISS & STETTNER 1991, MACLEOD 1999). Außerdem stellen die Schonung der Segetalflora (nach dem Schadschwellenkonzept) sowie die Erhaltung und die Förderung von Feldrainen wichtige Maßnahmen dar (MOLTAN & KLINGAUF 1988, RUPPERT 1988, WELLING et al. 1988). Insbesondere früh blühende Ackerwildkräuter haben für die erste Generation



Abb. 4: Aphidophage Schwebfliegenarten, wie *Episyrphus balteatus*, können durch Erhöhung des Blütenangebotes innerhalb und außerhalb der Kulturpflanzenbestände gefördert werden.

vieler Schwebfliegenarten eine wichtige Bedeutung, während die meist später blühenden Pflanzen der Feldraine (z.B. verschiedene Apiaceae) im Sommer und Herbst eine wichtige Nahrungsressource und mögliche Larvalhabitate darstellen. Hervorzuheben ist, dass z.B. mehrjährige Brachen und Biotopstrukturen im Umfeld der Ackerflächen wichtig für eine Wiederbesiedlung der landwirtschaftlichen Kulturen während der Vegetationsperiode sind.

Tab. 4: Auswahl kultivierter Pflanzen und Wildkräuter, deren Blüten stark von Syrphiden besucht werden (nach RUPPERT 1988 und WEISS & STETTNER 1991, NENTWIG 2000).

Angesäte Pflanzen		Wildkräuter	
Dt. Artname	Wiss. Artname	Dt. Artname	Wiss. Artname
Kornblume	<i>Centaurea cyanus</i>	Ackergänsedistel	<i>Sonchus arvensis</i>
Acker-Senf	<i>Sinapis arvensis</i>	Behaartes Knopfkraut	<i>Galinsoga ciliata</i>
Weißer Senf	<i>Sinapis alba</i>	Gewöhnliche Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>
Gewöhnliche Nachtkerze	<i>Oenothera biennis</i>	Wilde Sumpfkresse	<i>Rorippa sylvestris</i>
Wiesen-Margerite	<i>Leucanthemum vulgare</i>	Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
Öl-Rettich	<i>Raphanus sativus</i>	Echte Kamille	<i>Matricaria recutita</i>
Raps	<i>Brassica napus</i>	Geruchlose Kamille	<i>Tripleurospermum inodorum</i>
		Acker-Vergissmeinnicht	<i>Myosotis arvensis</i>

Tagfalter (Lepidoptera, Rhopalocera)

Viele Tagfalterarten haben komplexe Ansprüche an bestimmte Habitate oder Teilhabitate. Die benötigten Teillebensräume sollten zudem in einem engen räumlichen Verbund stehen. Neben den Nahrungspflanzen für die Imagines und den Raupenfutterpflanzen werden bei einigen Arten auch geeignete „Rendezvous-Plätze“ benötigt. Bei der Auswahl möglicher Larvalhabitate hat neben der Präsenz der spezifischen Raupenfutterpflanzen in vielen Fällen auch das Mikroklima in den Pflanzenbeständen eine wichtige Bedeutung (vgl. EBERT 1991).

Intensiv bewirtschaftete Ackerbiotope sind nur in sehr eingeschränktem Umfang als Lebensraum für Schmetterlinge geeignet. Ackerwildkräuter - als mögliche Raupenfutterpflanzen - sind in der Regel aufgrund von pflanzenbaulichen Maßnahmen nur in geringem Umfang vorhanden. Kulturpflanzen können zwar von einigen Tagfalterarten im Adultstadium als Nahrungspflanze genutzt werden, sind als Reproduktionshabitat aber meist ungeeignet.

Die Tagfalterzönosen von Ackerbiotopen sind heute meist vergleichsweise artenarm (vgl. DENNIS 1992, FRANK & NENTWIG 1995, LONGLEY & SOTHERTON 1997, DE SNOO et al. 1998, FRIEBEN & KÖPKE 1998, PFAFF & WOLTERS 1999, JOEST 2007, MUCHOW et al. 2007). Insbesondere die Art und Struktur der Randbereiche landwirtschaftlicher Nutzflächen beeinflussen Dichte und Artenreichtum der Schmetterlingsfauna (vgl. SPARKS & PARRISH 1995, WELBULL et al. 2000, KRAUß 2003). Meist können nur relativ anspruchslo-



Abb. 5: Tagfalter, wie *Tymelicus lineola*, können bei Präsenz geeigneter Nektarpflanzen für Imagines und Grasbestände als Larvalhabitat Ackerbaugebiete besiedeln.

se Arten, wie z.B. *Pieris rapae* und *Thymelicus lineola* und Pionierarten wie z.B. *Cynthia cardui* unter günstigen Bedingungen die Larvenentwicklung auf Nutzflächen erfolgreich durchlaufen (EBERT 1991: 74). In annualen Wildkrautfluren tritt beispielsweise regelmäßig *Cynthia cardui* auf, der Disteln als Raupenfutterpflanze nutzt (WEIDEMANN 1995: 154). Die Raupen verschiedener *Pieris*-Arten ernähren sich von Kreuzblütlern, darunter auch Kulturpflanzen. *Colias hyale* kann auf Klee bzw. Luzernefeldern angetroffen werden.

Verschiedene Untersuchungen belegen, dass sich Extensivierungsmaßnahmen im Ackerbau positiv auf die Artenvielfalt und Abundanz von Tagfaltern auswirken können (RANDS & SOTHERTON 1986, STEFFAN-DEWENTER & TSCHARNTKE 1994, FRANK & NENTWIG 1995, SAARINEN 2002, ILLNER et al. 2004, HANSSSEN & IRMLER 2006, JOEST 2007, MUCHOW et al. 2007).

Während auf intensiv bewirtschafteten Ackerflächen ausschließlich wenig spezialisierte Tagfalterarten oder Generalisten vorkamen, wurden organisch bewirtschaftete Flächen oder Brachflächen (Flächen die temporär aus der Nutzung genommen wurden) von zahlreichen Spezialisten als Lebensraum genutzt. Eine Förderung der Artenvielfalt und Abundanz von Tagfaltern sowie von spezialisierten Arten kann insbesondere durch strukturreiche Flächen in Kombination mit einem höheren Angebot an Blütenpflanzen erreicht werden. Auch landwirtschaftliche Kulturen, die als Nektarquelle für adulte Tagfalter geeignet sind, können eine bedeutende Funktion für die Tagfalterzönosen in Agrarökosystemen haben (PFAFF & WOLTERS 1999).

Wildbienen (Hymenoptera, Apiformes)

Der Kenntnisstand über die Bienen-Zönosen intensiv genutzten Agrarlandschaften ist bislang sehr gering. Nur in wenige Untersuchungen wurden Ackerflächen als möglicher Lebensraum für Wildbienen einbezogen (vgl. BANASZAK 1992, TUMBRINCK & QUEST 2004).

Es wird allgemein davon ausgegangen, dass durch intensive Bodenbearbeitung und mangelnde Nahrungsquellen die Artenvielfalt an Wildbienen in solchen Lebensräumen sehr gering ist. Die meisten Arten besuchen Äcker in der Regel ausschließlich als Nahrungsgäste, die entweder die Ackerbegleitflora oder geeignete Feldkulturen als Nektar- bzw. Pollenquelle nutzen. Nur wenige Bienenarten nisten auf extensiv bewirtschafteten Ackerflächen oder Ackerflächen, auf denen temporär keine maschinellen Bearbeitungsmaßnahmen stattfinden (WESTRICH 1989: 77 ff, CORBET et al. 1994).

Bienen benötigen in ihrem Lebensraum geeignete Nist- und Nahrungshabitate, manche Arten auch geeignete „Rendezvous-Plätze“. Da viele Wildbienenarten nur geringe Distanzen von den Neststandorten zu geeigneten Nahrungsquellen zurücklegen können, sind sie in besonderem Maße von der Strukturarmut in ackerbaulich genutzten Regionen betroffen (z.B. WALTHER-HELLWIG & FRANKL 2000a/b, GATHMANN & TSCHARNTKE 2002, WESTPHAL et al. 2006). Durch die Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Kulturflächen oder Mahd von Säumen werden vorhandene Blütenpflanzen meist entfernt und stehen als Pollen- und Nektarquelle nicht mehr zur Verfügung. Die räumliche Distanz vom Nestplatz zu Trachtpflanzen und deren geringe Ausdehnung werden oft als limitierende Faktoren für die Reproduktionsleistung von Bienen angegeben (vgl. LARSSON 2006, MÜLLER et al. 2006). Die Instabilität der potentiellen Habitate von Wildbienen in Ackerbaugebieten hat zu einem deutlichen Rückgang vieler Wildbienenarten geführt (z.B. WILLIAMS 1982, WESTRICH 1989, HERRMANN 2000).

Die Besiedlung agrarisch genutzter Flächen durch Wildbienen wird wesentlich durch die Landschaftsstruktur auf höherem Skalenniveau (d.h. auch die Verfügbarkeit geeigneter Quellbiotop) beeinflusst (z.B. AGRICOLA et al. 1996b, HIRSCH & WOLTERS 2003). Landschaftsräume mit kleinen Schlaggrößen und der damit oft verbundenen höheren Strukturvielfalt können vergleichsweise hohe Artenzahlen aufweisen (SCHWENNINGER 1992).

Die Ackerflächen selbst können während der Blütezeit der angebauten Kulturen das Nahrungsangebot für Wildbienen erweitern (s. Tab. 5). Viele Kulturarten sind aber aufgrund der begrenzten Blühzeiträume nur für bestimmte Bienenarten als Nektar- und Pollenquelle geeignet, die diese Tracht nur für wenige Nachkommen als Larvenproviant nutzen können (WESTRICH 1989: 77 ff, TUMBRINCK & QUEST 2004). Vor Beginn und nach Ende der Blüte der Kultivare sind diese Wildbienenarten auf andere Nahrungspflanzen in ihrem Lebensraum angewiesen.

Zwischenfrüchte und Flächen mit Feldfutterbau werden fast ausschließlich von Wildbienenarten genutzt, die hinsichtlich ihrer Ansprüche an den Lebensraum wenig spezialisiert sind. Auch Arten mit großen Sammelradien oder solche, die Massentrachten als Pollenquelle nutzen, können von Zwischenfrüchten profitieren (vgl. WESTPHAL et al. 2004). Luzerne- und Rotkleeflächen (oder entsprechende Gemische) stellen in vielen Ackerbaugebieten ab Mitte/Ende Mai das einzige nennenswerte Blütenangebot dar. Vorhandene Wegaufschläge sind zu dieser Zeit meist schon abgemäht worden. Felder mit Futterleguminosen werden z.B. stark von Hummeln, aber auch von solitären Bienenarten, wie z.B. *Andrena wilkella* und *Melitta leporina* besammelt. Im Falle des mehrjährigen Anbaus dieser Kulturen ist auch die Anlage von Nestern auf diesen Flächen möglich, da eine Bodenbearbeitung unterbleibt. Für primitiv eusoziale Bienen, wie zum Beispiel Hummeln, ist es besonders im Frühjahr wichtig, dass Trachtpflanzen kontinuierlich zur Verfügung stehen (VON HAGEN 1994: 141 ff, 294 ff). Durch eine unzureichende Nahrungsgrundlage wird die erfolgreiche Nestgründung beeinträchtigt. Insgesamt ist es für sämtliche Wildbienen wichtig, die Verfügbarkeit von Trachtpflanzen während der gesamten Vegetationsperiode zu gewährleisten. Dies könnte z.B. durch Verschiebung der Mahd von Trachtpflanzenbeständen in den September/Oktober oder das Staffelmahdprinzip erreicht werden.

Ackerbrachen werden als günstigere Lebensräume für Wildbienen eingestuft, wobei selbstbegrünte Ackerbrachen die Artenvielfalt von Wildbienen stärker fördern als eingesäte Brachen (STEFFAN-DEWENTER & TSCHARNTKE 1995, PACHINGER 2003). Das Nahrungsangebot auf selbstbegrüntem, mehrjährigen Brachen wird im ersten Jahr durch annuelle Pflanzen dominiert, in Folgejahren setzen sich mehrjährige Pflanzenarten durch. Während die Wildbie-

nendichte von einem zunehmenden Deckungsgrad blühender Kräuter profitiert, korreliert die Verteilung der Bodennester negativ mit dem Deckungsgrad der Vegetation. Vor allem im ersten Jahr können selbstbegrünte Brachen geeignete Larvalhabitate für im Boden nistende Wildbienen darstellen, da der Bedeckungsgrad der Vegetation meist noch gering ist. Oberirdische nistende Arten profitieren von der fortschreitenden Sukzession (STEFFAN-DEWENTER 1998). Oberirdisch nistende Arten werden durch überständige abgestorbene Pflanzenstängel auf den Flächen gefördert. Eingesäte Brachen stellen in den ersten Jahren meist günstigere Nahrungshabitate dar, da sie ein größeres Spektrum an Pflanzenarten aufweisen. Diese Vielfalt geht vor allem auf nährstoffreichen Ackerstandorten nach zwei bis drei Jahren zurück, da der Grasanteil in den Beständen zunimmt und der Anteil blühender Arten abnimmt (vgl. MUCHOW et al. 2007). Bodennistende Arten finden durch den meist schnellen Bestandabschluss der Vegetation nur eingeschränkt Nistmöglichkeiten auf diesen Flächen. Ein gewisser Anteil eingesäter Brachen ist zur Förderung sozialer Arten sinnvoll. Sie bieten quantitativ ein ausreichendes Nahrungsangebot, z.B. für Hummeln und andere primitiv eusoziale Bienen. Auch die Nahrungssituation für Honigbienen wird in vielen Regionen durch solche Brachen erheblich verbessert.

Die Förderung von Wildbienen in Agrarlandschaften kann durch ein größeres und vielfältigeres Nahrungsangebot erreicht werden, wobei allerdings gleichzeitig die ausreichende Verfügbarkeit von Nist- und Nahrungshabitaten gewährleistet sein muss. Ackerflächen können hierbei zumindest durch Ausweitung der Fruchtfolgen mit entomophilen Kulturarten (Arten, die auf Insektenbestäubung angewiesen sind) einen bedeutenden Beitrag leisten (CLARKE & RAW 1994). Auch die Tolerierung eines gewissen Anteils an Wildkräutern auf Ackerflächen



Abb. 6: Wenig spezialisierte Wildbienenarten, wie *Andrena flavipes*, können durch Wildkräuter aber auch durch blühende Kulturpflanzen auf Ackerflächen profitieren.

trägt zur Verbesserung der Nahrungssituation für Wildbienen bei. Durch pfluglose Bodenbearbeitung sowie Flächen mit mehrjähriger Bodenruhe können geeignete Nisthabitate für im Boden nistende Wildbienen geschaffen werden. Die Erhöhung des Flächenanteils geeigneter Habitatstrukturen kann einen bedeutenden Beitrag zur Steigerung der Diversität und Abundanz dieser Tiergruppen auf den Nutzflächen leisten (PYWELL et al. 2005).

Tab. 5: Eignung von Kulturen als Hummeltrachtpflanzen (Auswahl nach von HAGEN 1994 und CORBET et al. 1994). Legende: - nicht geeignet, 0 bedingt geeignet; + gut geeignet, ++ sehr gut geeignet.

Dt. Artname	Blühzeit	Eignung als Nektarquelle	Eignung als Pollenquelle	Wiss. Artname
Wildkohl	V-IX	+	+	<i>Brassica oleracea</i>
Rübsen	IV-VIII	+	+	<i>Brassica rapa</i>
Buchweizen	VI-IX	-	++	<i>Fagopyrum esculentum</i>
Sonnenblume	VII-X	+	++	<i>Helianthus annuus</i>
Lupine	VI-VIII	-	++	<i>Lupinus sp.</i>
Luzerne	VI-X	0	++	<i>Medicago sativa</i>
Nachtkerze	VI-IX	0	+	<i>Oenothera sp.</i>
Futter-Esparsette	V-IX	+	+	<i>Onobrychis viciaefolia</i>
Mariendistel	VI-VIII	++	++	<i>Silybum marianum</i>
Ackersenf	IV-X	+	++	<i>Sinapis arvensis</i>
Imkarnatkleee	VI-VIII	+	++	<i>Trifolium incarnatum</i>
Rotkleee	V-X	++	++	<i>Trifolium pratense</i>
Weißkleee	V-X	++	++	<i>Trifolium repens</i>
Ackerbohne	VI-VII	++	++	<i>Vicia faba</i>
Futterwicke	V-IX	++	+	<i>Vicia sativa</i>

5 Bewertung der AUM Maßnahme „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ aus Sicht des biotischen Ressourcenschutzes

In fast allen landwirtschaftlichen Systemen werden heute nur noch wenige Kulturarten und bei den unterschiedlichen Kulturen nur eine geringe Anzahl an Varietäten angebaut (FUCHS & SAACKE 2006). Das Ergebnis ist unter anderem eine großflächige Nivellierung der Vegetationsstrukturen, Blüheigenschaften und der Bodenstruktur bzw. eine Uniformierung der Habitate in den Ackerbaugebieten. Sowohl auf Flächenebene als auch im Landschaftsraum hat die Reduzierung der Strukturvielfalt zu einer Verschlechterung der Habitatqualität geführt (ALBRECHT et al. 2002 WERNER et al. 2006). Diese Einflüsse können in unterschiedlichem Maße die Besiedlung von Ackerflächen durch wirbellose Tiere bestimmen (s. Tab. 6).



Abb. 7: Kulturen, wie z.B. Winterraps (A), Kleeegrasgemische (B) und Erbsen (D), stellen zumindest temporär geeignete Nahrungsressourcen für blütenbesuchende Insekten dar. Untersaaten im Getreide oder Getreide-Leguminosen Gemische (C) tragen zur Strukturvielfalt in den Pflanzenbeständen dar und wirken sich positiv insbesondere auf Bodenarthropoden aus.

Tab. 6: Einfluss verschiedener Parameter auf wirbellose Tiere von Ackerhabitaten (verändert nach FUCHS & SAACKE 2006).

Parameter	Mögliche Effekte auf den Lebensraum	Mögliche Effekte auf wirbellose Tiere
Modifizierte Anbaumethoden (Düngung, Züchtung, etc.)	schnelles Wachstum der Feldfrüchte, hoch geschlossene Pflanzenbestände, einförmige Vegetationsstruktur, geringe Vielfalt der Begleitflora, schattiges und feuchtes Mikroklima	Mangel an Pflanzen für phytophage Insekten, geringe Durchgängigkeit der Pflanzenbestände, ungeeignetes Mikroklima für wärmeliebende Arten
Insektizide	durch Schutz der Kulturpflanzen geringere Strukturvielfalt im Pflanzenbestand	direkte toxische Effekte, geringeres Nahrungsspektrum für Prädatoren
Herbizide	Verringerung der Vielfalt der Begeleitflora, Geringere strukturelle Vielfalt im Pflanzenbestand durch Optimierung des Wuchses der Kulturen	direkte toxische Wirkung, Verlust an Nahrungsressourcen für Phytophage, Verlust an Nahrungsressourcen für Prädatoren durch Rückgang des Beutespektrums
Verlust von Zwischenstrukturen	Verlust von Biotopstrukturen auf Landschaftsebene	Verlust von Teilhabitaten (Nahrungs-, Bruthabitate), Verlust von Überwinterungshabitaten, Verlust von Quellbiotopen für die Wiederbesiedlung agrarisch genutzter Flächen
Intensive Bodenbearbeitung	regelmäßig wiederkehrende Störungen der Flächen	direkte Beeinträchtigung z.B. durch Bearbeitungsmaßnahmen und ständige wiederkehrende Veränderung der Struktur des Lebensraumes
Einengung der Fruchtfolgen, Anbau weniger Kultursorten	geringere strukturelle Vielfalt auf Lebensraum und Landschaftsniveau	geringere Vielfalt potentieller Nist-, Nahrungs- und Überwinterungshabitate
Reduzierung organischer Dünger	geringerer Anteil an organischer Substanz im Boden	Verschlechterung des Nahrungsspektrums für Saprophage, Rückgang des Beutespektrums für Prädatoren
frühe Ernte von Feldfrüchten, synchrone Erntezeiträume	plötzliche Veränderungen der Habitatbedingungen, plötzliche Veränderungen der Lebensraumstrukturen	Verschlechterung der Nahrungsbedingungen, Verlust an Bruthabitaten, direkte Beeinträchtigung z.B. durch Bodenbearbeitung, schlechtere Bedingungen für hygrophile Arten,
Herbstaatsaat von Feldfrüchten	Verlust der strukturellen Vielfalt auf Vegetations- und auf Habitatniveau, dichte und hohe Vegetation zu Beginn des Frühjahrs	Verlust an Strukturen für überwinternde Arten, Mangel an Pflanzen für Phytophage, geringe Durchgängigkeit der Bestände, ungeeignetes Mikroklima für wärmeliebende Arten

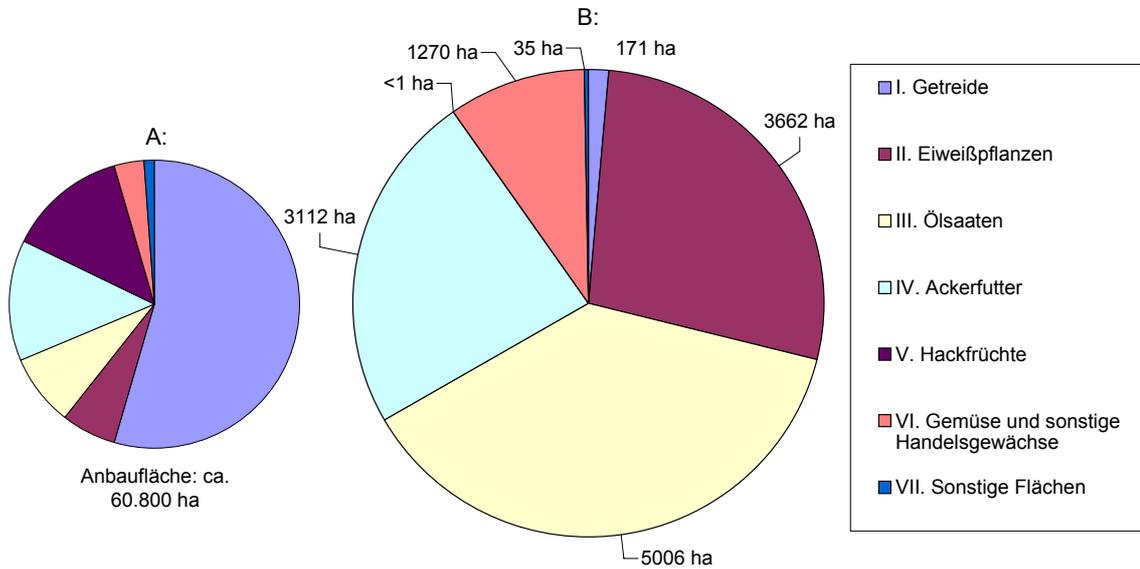


Abb. 8: Relativer Anteil der angebauten Kulturen in der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ (A) sowie Anteile der Nutzarten bzw. Gemische mit möglichen positiven Auswirkungen insbesondere auf blütenbesuchende Insekten (B) [Quelle: LWK-NRW, Wirtschaftsjahr 2006].

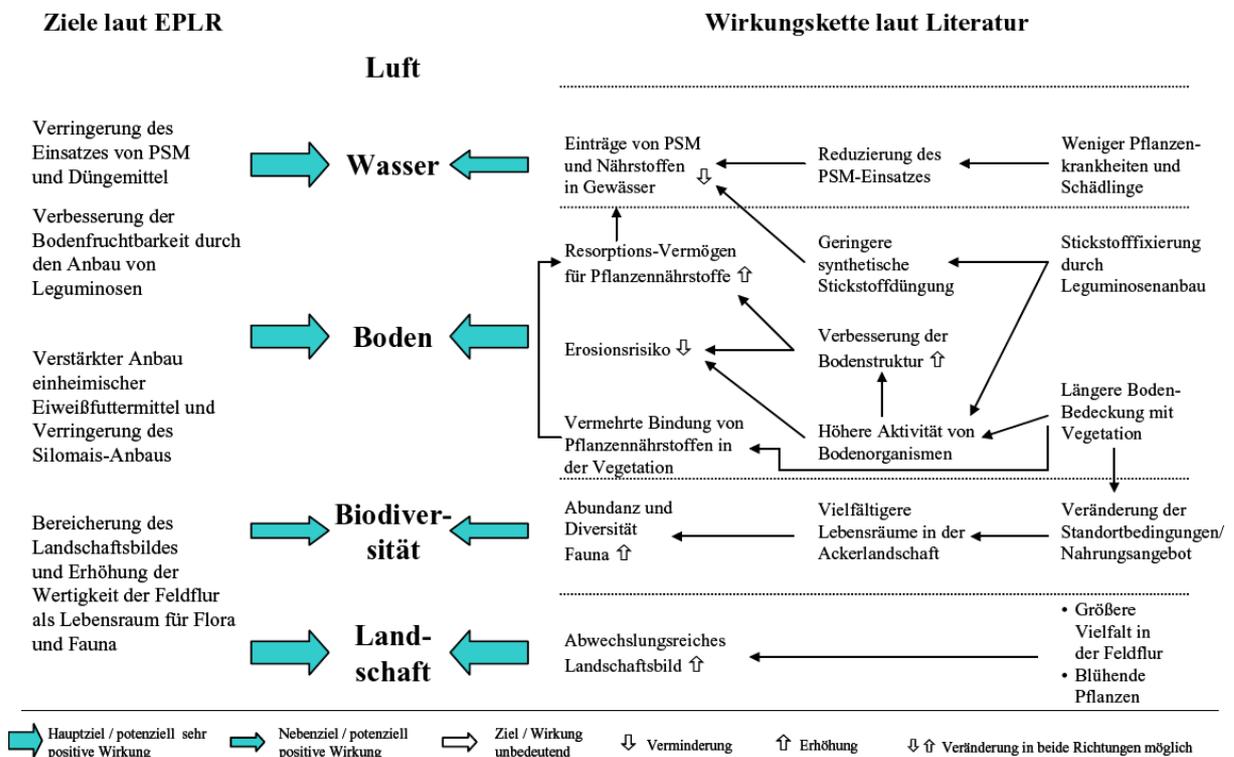


Abb. 9: Ziel- Wirkungsdiagramm der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ (aus FAL 2005).

Die Ergebnisse der vorliegenden Literaturstudie (s. Kap. 4) lassen den Schluss zu, dass durch die Ausgestaltung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ in NRW, die Lebensraumfunktionen von Ackerflächen für Wirbellose insgesamt verbessert werden. Neben der Förderung der allgemeinen Strukturvielfalt sind vor allem Kulturen von Bedeutung, die sich positiv auf blütenbesuchende Insekten auswirken (s. Abb. 8, Tab. 5). Hierbei muss der vergleichsweise hohe Leguminosenanteil (Fördervoraussetzung in NRW: 7 %) hervorgehoben werden, wobei die Auswirkungen z.B. von Klee-Gras günstiger zu beurteilen sind als die von Ackerbohnen oder Erbsen. Letztere Kulturen sind aufgrund ihres Blütenbaus nicht für alle Blütenbesucher als Pollen- und Nektarquelle uneingeschränkt nutzbar. Rapskulturen können zumindest für einen begrenzten Zeitraum eine wichtige Ressource für Blütenbesucher darstellen. Auch der Anbau von Zwischenfrüchten, die beispielsweise nach Leguminosen vorgeschrieben sind, kann sich grundsätzlich positiv auf Blütenbesucher auswirken. Insgesamt wird das allgemeine Ziel „Erhöhung der Wertigkeit der Feldflur als Lebensraum für die Fauna“ durch die derzeitige Ausgestaltung der AUM in NRW erreicht. Die prognostizierte Wirkungskette (s. Abb. 9) wird als realistisch eingestuft.

Die biotischen Wirkungen der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ wurden bei der Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen (FAL 2005) insgesamt als gering eingestuft. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass durch die Ausweitung der Fruchtfolgen bei den Zoozönosen lediglich Veränderungen bei der Dominanzstruktur und bei den Individuenzahlen zu erzielen sind. Eine Steigerung der Artenzahlen bzw. Veränderungen des Artenspektrums

Box 1:

Im Evaluierungsbericht zur AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ wird festgestellt, dass zur Bedeutung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ für den biotischen Ressourcenschutz bislang keine detaillierten Untersuchungen vorliegen (FAL 2005). Bei der Bewertung kommen die Verfasser schließlich zum Ergebnis, dass insgesamt nur geringe Auswirkungen auf Ackerwildpflanzen und auf die Fauna zu erwarten sind. Bei der Betrachtung der Zoozönosen sind nach Auffassung der Verfasser lediglich Veränderungen bei der Dominanzstruktur und der Individuenzahl, nicht aber des Artenspektrums zu erwarten. Letztendlich wird aber empfohlen, die AUM wegen ihrer positiven Wirkungen in ihrer jetzigen Ausgestaltung weiter anzubieten. Hierbei soll der Leguminosenanteil beibehalten werden. Außerdem wird empfohlen, einen Kombinationsbaustein „pfluglose Bewirtschaftung“ in das Programm mit aufzunehmen, um die angestrebten Ressourcenwirkungen zu steigern.

werden dagegen nicht erwartet (s. Box 1). Andererseits wird bei Darstellung des Indikators „Anbaumuster landwirtschaftlicher Kulturpflanzen“ festgestellt, dass auch die AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ zu einer größeren Strukturvielfalt in der Feldflur und damit zu einer größeren Vielfalt von Lebensräumen beiträgt.

Bei der Bewertung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den biotischen Ressourcenschutz sollten die geografischen Schwerpunkte und die Betriebsstruktur der teilnehmenden Betriebe stärker Berücksichtigung finden. Die positiven Auswirkungen müssen vor allem vor dem Hintergrund gesehen werden, dass diese Maßnahme überwiegend in intensiven Ackerbauregionen umgesetzt wird (s. Abb. 3). Für diese Gebiete ist mit der Umsetzung der AUM eine deutliche Steigerung der Habitatqualität von

Äckern zu erreichen, die zu positiven Entwicklungen sowohl bei der Artenvielfalt als auch bei der Abundanz wirbelloser Tierarten führen kann. Hiervon profitieren insbesondere Taxa, die direkt oder indirekt von der Vegetation abhängig sind.

Es ist zu erwarten, dass sich die Ausweitung der Fruchtfolgen positiv auf die strukturelle Vielfalt auf den Anbauflächen (z.B. Vegetationsdichte, Vegetationshöhe, unterschiedliche Blühphänologie, Bodenstruktur, vielfältigere Ackerbegleitflora) auswirkt. Positive Effekte können auch durch die vielfältigere Art der Flächenbewirtschaftung erzielt werden (WEIBULL & ÖSTMANN 2003). So führt eine Verbesserung der Humusbilanz durch den Anbau von Zwischenfrüchten oder Feldfutterkulturen mit längerer Bodenruhe allgemein zu einer Förderung der Bodenfauna (vgl. TISCHLER 1965: 346 ff). Epigäische, räuberisch lebende Arten, wie z.B. viele Laufkäfer und Spinnen, werden hierbei durch Verbesserung des Nahrungsangebotes gefördert. Die durch verschiedene Kulturarten geschaffene strukturelle Vielfalt ist insbesondere für solche Tierarten wichtig, die hinsichtlich der Fortpflanzungs-, Nahrungs- oder Winterhabitate unterschiedlichen Ansprüche an ihren Lebensraum haben (vgl. BLAB 1993: 361, FUCHS & SAACKE 2006).

PLACHTER et al. (2005) formulieren Naturschutz-Qualitätsziele (NQZ) für landwirtschaftliche Nutzflächen mit Mindeststandards für die gute landwirtschaftliche Praxis (GIP) und honorierbaren Zusatzleistungen. Für Äcker wird unter anderem das Qualitätsziel „Hohe Lebensraumqualität der Ackerflächen für wirbellose Tierarten“ (NQZ-Nr. A 14) aufgeführt, das nach Auffassung der Autoren neben der Förderung der Biodiversität unter anderem für die Regulationsfunktionen und die Ökosystemfunktionen von Bedeutung ist. Bei den honorierbaren Zusatzleistungen wird unter anderem die Erhöhung der Fruchtartenvielfalt, z.B. über blütenreiche Feldfutterkulturen, hervorgehoben. Diese Maßnahme wird auch bei anderen NQZ, wie z.B. „Ausreichende Brutplatzqualität für die Feldlerche (*Alauda arvensis*)“ (NQZ-Nr. A15) oder „Artenreiche, standortangepasste Ackerwildkrautgemeinschaften“ (NQZ-Nr. A13) als honorierbare Zusatzleistung vorgeschlagen.

Insbesondere der Erhalt der Ökosystemfunktionen ist eine wesentliche Voraussetzung für eine nachhaltige und umweltgerechte Nutzung der Naturgüter und die Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes. Die Diversifizierung auf unterschiedlichen Skalenebenen (Feldfrucht – Landwirtschaftlicher Betrieb – Landschaft) ist ein notwendiger Prozess, um die Multifunktionalität der Diversität in agrarischen Ökosystemen nachhaltig zu fördern (vgl. ALTIERI 1999, GURR et al. 2003). So können beispielsweise durch Förderung der Populationen bestäubender Insekten oder natürlicher Gegenspieler von Schädlingen Ertrag und Qualität einzelner Nutzpflanzen gesteigert werden (z.B. THIES & TSCHARNTKE 1999 ALTIERI & NICHOLLS 2004). Innerhalb von Bewirtschaftungssystemen kann sich der Anbau zusätzlicher

Kulturen positiv auf andere Feldfrüchte auswirken. Darüber hinaus können sich auf gesellschaftlicher Ebene Naturschutzziele sowie ästhetische Aspekte (Erholungsfunktion einer Landschaft) positiv auswirken.

Bei entsprechender Ausgestaltung kann die AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung dieser Funktionen leisten (vgl. FAL 2005). Neben Extensivierungsmaßnahmen auf den bewirtschafteten Flächen stellen aber auch die Verkleinerung der Ackerschläge und die Erhöhung des Anteils an Kleinstrukturen wichtige Maßnahmen dar, um die Artenvielfalt in Ackerbaugebieten nachhaltig zu fördern (KRETSCHMER & HOFFMANN 1997). Insgesamt kann ein vielfältiges Mosaik verschiedener Kulturen oder Bewirtschaftungsformen zu einer Förderung des Artenreichtums in Agrarlandschaften beitragen (z.B. GREILER 1994, AGRICOLA et al. 1996a/b, WITSACK et al. 1997, DUELLI et al. 1999, SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2005). Ein nachhaltiger Anstieg der Biodiversität kann insbesondere über die extensive Bewirtschaftung auf größeren Skalenebenen (Landschaftsebene) erreicht werden (WHITTINGHAM 2007).

Agrarumweltmaßnahmen, wie der „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“, zielen in erster Linie auf den abiotischen Ressourcenschutz ab (vgl. OSTERBURG 2002). Durch eine entsprechende Ausgestaltung dieser Maßnahmen könnten aber auch die bereits bestehenden positiven Effekte auf den biotischen Ressourcenschutz weiter verstärkt werden. Die Integration mehrjähriger Klee-Gras-Flächen oder Rotationsbrachen (bei entsprechender Anpassung der Rahmenbedingungen) würden beispielsweise temporär eine Stabilisierung von Habitaten bzw. Teilhabitaten bewirken und zur Förderung wirbelloser Tiere beitragen (vgl. BLAB 1993: 361). Neben der Funktion als Rückzugslebensraum kann von diesen Habitaten eine schnellere Wiederbesiedlung der Ackerflächen erfolgen. Auch die Kombination der AUM „Vielfältige Fruchtfolgen“ mit derzeit nicht geförderten Maßnahmen, wie Brachen und Blühstreifen, würden sich positiv auswirken.

Um die Vielfalt und Abundanz wirbelloser Tiere und anderer Organismen in intensiven Ackerbaugebieten nachhaltig zu fördern und damit die positive Wirkung der AUM „Vielfältige Fruchtfolgen“ für den biotischen Ressourcenschutz weiter zu stärken, werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

Maßnahmen im Rahmen der AUM „Vielfältige Fruchtfolgen“

- Beibehaltung bzw. Erhöhung des Leguminosenanteils,
- Verschiebung der Schnittzeitpunkte bzw. partielle Mahd bei Klee bzw. Klee-grasflächen zum Erhalt eines Blütenhorizontes,

- Förderung des doppelten Reihenabstandes im Getreideanbau (in Kombination mit Klee-Gras Untersaaten),
- Integration bzw. Erhöhung des Anteils mehrjähriger Kulturen, z.B. Klee-grasgemische, (bei Anpassung der Fördervoraussetzungen z.B. auch Rotationsbrachen).

Ergänzende Maßnahmen

- Besondere Förderung blühender Kulturen oder entsprechender artenreicher Mischungen (im Feldfutterbau oder als Zwischenfrüchte) zur Ausweitung des Blühzeitraumes,
- Förderung der Stoppelbrache,
- Kombination mit einem Modul „pfluglose Bodenbearbeitung“ zum Erhalt der Bodenstruktur und zur Schonung von Bodenarthropoden (u.a.).

6 Ausblick

Bei der Recherche zur vorliegenden Literaturstudie wurde deutlich, dass sich bislang nur wenige Arbeiten konkret mit den Auswirkungen verschiedener Fruchtfolgen auf wirbellose Tiere befassen (s. Kap. 4) und somit entsprechende Referenzangaben fehlen. Auch im Evaluierungsbericht der FAL (2005) wird festgestellt, dass zur Bedeutung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ für den biotischen Ressourcenschutz bislang keine detaillierten Untersuchungen vorliegen. Um die Wirkung der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ auf die Biodiversität noch besser belegen zu können, und diese Maßnahme weiter zu entwickeln, wird daher empfohlen, auf Referenzbetrieben Forschungsvorhaben durchzuführen. Folgende Kulisse bzw. Methoden werden für das Forschungsvorhaben vorgeschlagen:

Kulisse:

- Referenzflächen und Vergleichsflächen in den Schwerpunktgebieten der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ (z.B. Kölner Bucht, Niederrhein, Soester Boerde)
- Auswahl von Betrieben mit unterschiedlicher Struktur (Marktfrucht-, Futterbau-, Gemischtbetriebe)

Methoden:

- Untersuchungen entlang von Transekten mit repräsentativen Fruchtarten unter Berücksichtigung verschiedener Skalenebenen (Kultur–Umgebung). Bei arrondierten Flächen auch Untersuchung verschiedener Betriebe.
- Erfassung der Abundanz, Aktivitätsdichte ausgewählter Blütenbesucher (z.B. solitäre Bienen/ Hummeln) und epigäischer Arthropoden (z.B. Spinnen, Laufkäfer) (zur Auswahl von Indikatororganismen z.B. PLACHTER et al. 2002).
- Experimenteller Ansatz mit Hummelvölkern zur Beurteilung der Habitatqualität. Erfassung und Bewertung der Volksentwicklung bei der dunklen Erdhummel (*Bombus terrestris*) und ggf. anderen Hummelarten.
- Erfassung von Parametern zur Beurteilung der Fitness (z.B. Ernährungszustand) bei ausgewählten Arthropodengruppen (vgl. BÜCHS 2001).

7 Literaturverzeichnis

- AGRICOLA, U., J. BARTHEL, H. LAUBMANN & H. PLACHTER (1996 a):** Struktur und Dynamik einer süddeutschen Agrarlandschaft nach Nutzungsumstellung auf ökologischen und integrierten Landbau. *Verh. Gesell. Ökol.*, 26: 681-692.
- AGRICOLA, U., S. SCHARRER & H. PLACHTER (1996 b):** Veränderungen der Hautflüglerzönose (Hymenoptera Aculeata) einer süddeutschen Agrarlandschaft als Folge von Nutzungsumstellungen und Biotopneuschaffungen. *Verh. Gesell. Ökol.*, 26: 701-709.
- ALBRECHT, K., T. ESSER, & J. WEGLAU (1998):** Krautstreifen als Lebensräume in Getreidefeldern. *Schriftenreihe Integrierter Pflanzenbau*, 13: 1-132.
- ALBRECHT, K., T. ESSER, J. WEGLAU & H. KLEIN (2002):** Vielfalt der Tierwelt in der Agrarlandschaft. *Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt*, 4: 1-160.
- ALTIERI, M. A. (1999):** The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric. Ecosystems Environ.*, 74: 19-31.
- ALTIERI, M. A. & C. I. NICHOLLS (2004):** Biodiversity and pest management in agroecosystems. 2. ed. Binghamton, NY (Food Products Press).
- ANDERLIK-WESINGER, G., J. BARTHEL, J. PFADENHAUER & H. PLACHTER (1996):** Einfluss struktureller und floristischer Ausprägungen von Rainen in der Agrarlandschaft auf die Spinnen (Araneae) der Krautschicht. *Verh. Gesell. Ökol.*, 26: 711-720.
- ANDRÉN, O., T. LINDENBERG, K. PAUSTIAN & T. ROSSWALL (1990):** Ecology of arable land – organism, carbon and nitrogen cycling. *Ecological Bulletins*, 40. Copenhagen (Munsgaards International Booksellers).
- BANASZAK, J. (1992):** Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agric. Ecosystems Environ.*, 40: 179-192.
- BARTHEL, J. (1997):** Einfluss von Nutzungsmuster und Habitatkonfiguration auf die Spinnenfauna der Krautschicht (Araneae) in einer süddeutschen Agrarlandschaft. Bern (Verlag Agrarökologie).
- BARTHEL, J. (1998):** Entwicklung von Indikationsverfahren durch Langzeitbeobachtungen und deren Eignung für den Naturschutz am Beispiel von Spinnen (Araneae). *Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch.*, 58: 161-190.
- BASEDOW, T. (1987):** Der Einfluss gesteigerter Bewirtschaftungsintensität im Getreidebau auf die Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae): Auswertung vierzehnjähriger Untersuchungen (1971-1984). *Mitt. Biol. Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 235: 1-123.
- BASTIAN, O. (1996):** Schwebfliegen. Wittenberg (A. Ziemsen Verlag).
- BATHON, H. (1997):** Natürliche Fauna – Wirbellose. In: *Biologische Vielfalt in Ökosystemen - Konflikt zwischen Nutzung und Erhaltung*. *Schriftenr. Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Reihe A: Angewandte Wissenschaft*, 465: 42-55.

- BLAB, J. (1993):** Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. Greven (Kilda-Verlag).
- BLICK, T. (1999):** Spinnentiere. In: VUBD (Hrsg.): Handbuch landschaftsökologischer Leistungen: 147-160. Nürnberg (Selbstverlag).
- BMVEL (2005):** Meilensteine der Agrarpolitik - Umsetzung der europäischen Agrarreform in Deutschland. Bericht des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. 153 S.
- BMELV (2006):** Nationaler Strategieplan der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume 2007- 2013. Bericht des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 60 S.
- BÜCHS, W. (2001):** Alles Vielfalt oder was? Probleme der Anwendung des Vielfaltbegriffs bei der Bewertung von Produktionsflächen und Ansätze zu Alternativen. Biologische Bundesanstalt. ForschungsReport, 1: 9-13.
- BÜRKI, H. M. & A. HAUSMANN (1993):** Überwinterung von Arthropoden im Boden und an Ackerkräutern künstlich angelegter Ackerkrautstreifen. Bern (Verlag Paul Haupt).
- CLARKE, J. & K. RAW (1994):** Encouraging bee forage: what can be done in practice? pp. 67-75. A. Matheson (ed.): Forage for bees in an agricultural landscape. Cardiff (IBRA).
- COLE, L. J., D. I. MCCRACKEN, I. S. DOWNIE, P. DENNIS, G. N. FOSTER, T. WATERHOUSE, K. J. MURPHY, A. L. GRIFFIN & M. P. KENNEDY (2003):** Comparing the effects of farming practices on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) assemblages of Scottish farmland. *Biodiversity and Conservation*, 14(2): 441-460.
- CORBET, D. A., N. M. SAVILLE & J. L. OSBORNE (1994):** Farmland as a habitat for bumble bees. pp. 33-46. In: MATHESON (ed.): Forage for bees in an agricultural landscape. Cardiff (IBRA).
- CORBET, S. (2000):** Conserving compartments in pollination webs. *Conservation Biology*, 14(5): 1229-1231.
- DE SNOO, G. R., R. J. VAN DER POLL & J. BERTELS (1998):** Butterflies in sprayed and unsprayed field margins. *J. Appl. Ent.*, 122: 157-161.
- DENNIS, R. L. H. (1992):** The ecology of butterflies in Britain. Oxford (University Press).
- DUELLI, P., M. K. OBRIST & D. R. SCHMATZ (1999):** Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. *Agric. Ecosystems Environ.*, 74: 33-64.
- EBERT, G. (1991):** Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 1 und 2. Stuttgart (Ulmer).
- ECKEL, G. (1988):** Vergleichende ökologische Untersuchungen an Laufkäfern auf Kalkmagerasen und Landwirtschaftlichen Nutzflächen der Kalkeifel (Carabidae, Coleoptera). Inaugural - Dissertation. Universität Bonn. Landwirtschaftliche Fakultät. Bonn. 267 S.
- EKSCHMITT, K., M. WEBER & V. WOLTERS (1997):** Spiders, carabids and staphylinids. The ecological potential of predatory macroarthropods. pp. 307-362. In: BENCKISER (ed.): *Fauna in soil ecosystems*. New York (Marcel Decker).

- EUROPÄISCHE KOMMISSION GENERALDIREKTION LANDWIRTSCHAFT (2003):** Landwirtschaft und Umwelt. Druckschr. der Europäischen Kommission Generaldirektion Landwirtschaft: 12 S.
- FAL (2005):** Aktualisierung der Halbzeitbewertung des NRW-Programms Ländlicher Raum gem. Verordnung (EG) Nr. 1257/1999. Kapitel 6 Agrarumweltmaßnahmen – Kapitel VI der VO (EG) Nr. 1257/1999. Bericht der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. 174 S.
- FALTINAT, C. (1991):** Ökologische Untersuchungen der Carabidenfauna auf landwirtschaftlich genutzten Flächen und Randstrukturen des Versuchsgutes 'Wiesengut' bei Hennef (NRW). Inaugural-Dissertation. Universität Bonn. Landwirtschaftliche Fakultät. 179 S.
- FLADE, M., H. PLACHTER, E. HENNE & K. ANDERS (2003):** Naturschutz in der Agrarlandschaft. Wiebelsheim (Quelle & Meyer).
- FLADE, M., H. PLACHTER, R. SCHMIDT, & A. WERNER (eds.) (2006):** Nature Conservation in Agricultural Ecosystems. Wiebelsheim (Quelle & Meyer).
- FOELIX, R. F. (1992):** Biologie der Spinnen. Stuttgart (Thieme).
- FRANK, T. & W. NENTWIG (1995):** Artenvielfalt von Laufkäfern (Carabidae), Schwebfliegen (Syrphidae) und Tagfaltern (Rhopalocera) in Ackerkrautstreifen und angrenzenden Feldern. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent., 9(3/4): 685-691.
- FRIEBEN, B. & U. KÖPKE (1998):** Untersuchungen zur Förderung Arten- und Biotopschutzgerechte Nutzung und ökologischer Strukturvielfalt im Ökologischen Landbau. Forschungsberichte des Lehr- und Forschungsschwerpunktes "Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft" ; 60: 1-144.
- FRITZ-KÖHLER, W. (1996):** Blatt- und Rüsselkäfer an Ackerunkräutern. Ökologie und Biogeographie in Mitteleuropa und Untersuchungen an ungespritzten Ackerrandstreifen. Bern (P. Haupt Verlag).
- FUCHS, S. & B. SAACKE (2006):** Arable fields as habitat for flora and fauna. In: Flade et al. 2006. Nature conservation in agricultural ecosystems: 248-296. Wiebelsheim (Quelle & Meyer).
- FUCHS, H. & W. SCHUMACHER (2006):** Vielfalt der Pflanzenwelt in der Agrarlandschaft. Schr.-R. des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt, 11: 1-112.
- GATHMANN, A. & T. TSCHARNTKE (2002):** Foraging ranges of solitary bees. Journal of Animal Ecology, 71: 757-764.
- GIERS-TIEDTKE, E., W. SCHILLER, P. HOCKMANN, F. NIEHUIS & F. WEBER (1998):** Hinweise auf die Wirksamkeit abiotischer Schlüsselfaktoren in Carabiden-Populationen - Erkenntnisse aus mehr- und vieljährigen Untersuchungen. Schr.-R. f. Landschaftspfl. u. Natursch., 58: 229-241.
- GILGENBERG, A. (1986):** Die Verteilungsstruktur der Carabiden- und Staphylinidenfauna verschieden bewirtschafteter landwirtschaftlicher Flächen sowie eines Waldes. Inaugural-Dissertation. Universität Bonn. Landwirtschaftliche Fakultät. 261 S.

- GREILER, H. J. (1994):** Insektengesellschaften auf selbstbegrüntem und eingesäten Ackerbrachen. Bern (Verlag Paul Haupt).
- GRELL, H. & C. MARTIN (1999):** Schwebfliegen. In: VUBD (Hrsg.): Handbuch landschaftsökologischer Leistungen: 240-247. Nürnberg (Selbstverlag).
- GURR, M. G., S. D. WRATTEN & J. M. LUNA (2003):** Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic Appl. Ecol.*, 4: 107-116.
- HANSSEN, U. & U. IRMLER (2006):** Zoocoenoses and indicator species: Qualification of herbivorous insects as indicators of landscape conditions. pp. 158-169. In: FLADE et al. (eds.): Nature conservation in agricultural ecosystems. Wiesbaden (Quelle & Meyer Verlag).
- HARTMANN, E., A. SCHEKAHN, R. LUICK & T. FRIEDER (2006):** Kurzfassung der Agrarumwelt- und Naturschutzprogramme Darstellung und Analyse von Maßnahmen der Agrarumwelt- und Naturschutzprogramme in der Bundesrepublik Deutschland. BfN-Skripten, 161: 1-302.
- HASKINS, M. F. & J. H. SHADDY (1986):** The ecological effects of burning, mowing and plowing on ground-inhabiting spiders (Araneae) in an old-field ecosystem. *J. Arachnol.*, 14: 1-13.
- HEIMBACH, U., B. KNOLLE, A. SOKOLOWSKI & V. GARBE (1997):** Einfluß von Direktsaat-/Mulchverfahren auf räuberische Arthropoden in und auf dem Boden. *Mitt. BBA Land- und Forstw.*, 328: 145-154.
- HERRMANN, M. (2000):** Ökologisch-faunistische Untersuchungen an Bienen und Wespen in einer extensiv genutzten Agrarlandschaft (Hymenoptera, Aculeata). Göttingen (Cuvillier).
- HEYDEMANN, B. (1997):** Neuer biologischer Atlas. Ökologie für Schleswig-Holstein und Hamburg, Neumünster (Wachholtz).
- HEYDEMANN, B. & H. MEYER (1983):** Auswirkungen der Intensivkultur auf die Fauna in den Agrarbiotopen. *Schr.-R. Dt. Rat f. Landschaftspfl.*, 42: 174-191.
- HIRSCH, M. & V. WOLTERS (2003):** Response of aculeate Hymenoptera to spatial features of an agricultural landscape. *J. Nat. Conserv.*, 11: 179-185.
- ILLNER, H., P. SALM & D. BARBAND (2004):** Modellvorhaben "Extensivierte Ackerstreifen im Kreis Soest". *LÖBF-Mitteilungen*, 2: 33-38.
- JAUKER, F., M. HIRSCH, D. NOTHAFT & V. WOLTERS (2004):** Einfluss der Landnutzung auf die Diversität ausgewählter Blütenbesuchergruppen. In: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.): Treffpunkt Biologische Vielfalt IV: Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt: 143-148. Bonn - Bad Godesberg.
- JOEST, R. (2007):** Tagfalter in der Hellwegbörde. *ABU info*, 30/31: 24-28.
- KAULE, G. (1991):** Arten- und Biotopschutz. 2. Aufl.. Stuttgart (Ulmer).

- KELLER, S. & F. HÄNI (2000):** Ansprüche von Nützlingen und Schädlingen an den Lebensraum. In: NENTWIG (Hrsg.): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerbrachen, Buntbrachen, Feldränder: 199-217. Bern (Verlag Agrarökologie).
- KEVAN, P. (1999):** Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agric. Ecosystems Environ.*, 74: 373-393.
- KIECHLE, J. (1992):** Die Bearbeitung landschaftsökologischer Fragestellungen anhand von Spinnen. In: TRAUTNER (Hrsg.): Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen: BVDL-Tagung Bad Wurzach, 9. - 10. November 1991: 119-134. Weikersheim (Margraf).
- KLEIJN, D. & F. V. LANGEVELDEN (2006):** Interacting affects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. *Basic Appl. Ecol.*, 7(3): 201-214.
- KNAUER, N. (1993):** Ökologie und Landwirtschaft. Stuttgart (Ulmer).
- KNAUST, J. (1991):** Untersuchungen zum Wanderverhalten von Laufkäfern in Feldkulturen (Col., Carabidae). *Decheniana*, 144: 120-128.
- KRAUSE, A. (1987):** Untersuchungen zur Rolle von Spinnen in Agrarbiotopen. Inaugural Dissertation. Universität Bonn. Landwirtschaftliche Fakultät. Bonn. 1-306.
- KRAUSE, U. (1997):** Populationsdynamik und Überwinterung von Schwebfliegen (Diptera, Syrphidae) in zwei unterschiedlich strukturierten Agrarlandschaften Norddeutschlands. *Agrarökologie*, 22. Bern (Paul Haupt).
- KRAUß, J. (2003):** Auswirkungen von Habitatfragmentierung und Landschaftsstruktur auf Tagfalter und Blütenpflanzen. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Agrarwissenschaften. Georg-August-Universität Göttingen. 102 S.
- KRETSCHMER, H. & J. HOFFMANN (1997):** Agrarlandschaft und Artenvielfalt. Neue Varianten zur Strukturierung der ostdeutschen Ackerflächen. *ForschungsReport*, 2: 17-21.
- KRETSCHMER, H., J. HOFFMANN & K. O. WENKEL (1997):** Einfluss der landwirtschaftlichen Flächennutzung auf Artenvielfalt und Artenzusammensetzung. *Schr.-R. des BML "Angewandte Wissenschaft"*, 465: 266-280.
- LANDESANSTALT FÜR ÖKOLOGIE BODENORDNUNG UND FORSTEN NORDRHEIN WESTFALEN (2004):** Stechimmen in Nordrhein-Westfalen - Ökologie, Gefährdung, Schutz - LÖBF-Schr.-R., 20: 1-328.
- LARSSON, M. (2006):** To bee or not to be. Critical floral resources of wild-bees. *Acta Universitatis Upsaliensis. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology*, 10: 33.

- LEMKE, A., A. KOPP & H. M. POEHLING (2000):** Die Bedeutung dauerhafter Saumstrukturen für die Biodiversität in der Agrarlandschaft. In: NENTWIG (Hrsg.): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: 153-164. Bern (Verlag Agrarökologie).
- LEMKE, A. & H. M. POEHLING (2002):** Sown weed strips in cereal fields: overwintering site and "source" habitat for *Oedothorax apicatus* (Blackwall) and *Erigone atra* (Blackwall) (Araneae: Erigonidae). *Agric., Ecosystems and Environ.*, 90: 67-80.
- LONGLEY, M. & N. W. SOTHERTON (1997):** Factors determining the effects of pesticides upon butterflies inhabiting arable farmland. *Agric., Ecosystems Environ.*, 61(1): 1-12.
- LUCK, E. (1989):** Untersuchungen der Carabiden- und Staphylinidenfauna auf verschiedenen bewirtschafteten Flächen eines konventionell geführten landwirtschaftlichen Betriebes bei Bonn. Inaugural Dissertation. Universität Bonn. Math.-Naturw. Fakultät. 235 S.
- MACLEOD, A. (1999):** Attraction and retention of *Episyrphus balteatus* DeGeer (Diptera: Syrphidae) at an arable field margin with rich and poor floral resources. *Agric. Ecosystems Environ.*, 73: 237-244.
- MALINOWSKA, D. (1979):** Communities of aphidophagous syrphids (Diptera, Syrphidae) in the Lublin region. *Memorab. zool.*, 30: 37-62.
- MARC, P., A. CANARD & F. YSNEL (1999):** Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agric. Ecosystems and Environ.*, 74: 229-273.
- MOLTHAN, J. & F. KLINGAUF (1988):** Zum Einfluss des Blütenangebots verschieden breiter Feldraine auf deren Syrphidenfauna. *Mitt. BBA Land- und Forstw.*, 245: 213.
- MUCHOW, T., A. BECKER, M. SCHINDLER & F. WETTERICH (2007):** Naturschutz in Börde-Landschaften durch Strukturelemente am Beispiel der Kölner-Bucht. Abschlussbericht zum Projekt Naturschutz in Börde-Landschaften durch Strukturelemente am Beispiel der Kölner Bucht (Förderung: Deutsche Bundesstiftung Umwelt Az. 19430). Bonn. 129 S.
- MÜHLENBERG, M. & J. SLOWIK (1997):** Kulturlandschaft als Lebensraum. Wiesbaden (Quelle & Meyer).
- MÜHLHOFER, G. (1999):** Tagfalter. In: VUBD (Hrsg.): Handbuch landschaftsökologischer Leistungen - Empfehlungen zur aufwandsbezogenen Honorarvermittlung: 248-257. Nürnberg (Selbstverlag).
- MÜLLER, A., S. DIENER, S. SCHNYDER, K. STUTZ, C. SEDIVY & S. DORN (2006):** Quantitative pollen requirements of solitary bees: Implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships. *Biological Conservation*, 130: 604-615.
- MÜLLER-MOTZFELD, G. (1989):** Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) als pedobiologische Indikatoren. *Pedobiologia*, 33: 145-153.
- MUNLV (2004):** Wegweiser durch das Kulturlandschaftsprogramm Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Druckschrift. 22 S.

- MUNLV (2005):** Plan des Landes Nordrhein-Westfalen zur Entwicklung des Ländlichen Raums gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 (17.5.1999) über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGFL) und zur Änderung bzw. Aufhebung bestimmter Verordnungen (VO(EG)Nr. 1783/2003). Bericht des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 507 S.
- MUNLV (2006):** Stärken – Schwächen – Analyse für den ländlichen Raum in Nordrhein-Westfalen. Bericht des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 111 S.
- MUNLV (2007):** NRW-Programm ‚Ländlicher Raum‘ 2007 – 2013. Plan des Landes Nordrhein-Westfalen zur Entwicklung des Ländlichen Raums. Bericht des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. 93 S.
- NENTWIG, W. (HRSG.) (2000):** Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrachen, Feldränder. Hannover (Verlag Agrarökologie).
- NYFFELER, M. & G. BENZ (1979):** Zur ökologischen Bedeutung der Spinnen der Vegetationsschicht von Getreide- und Rapsfeldern bei Zürich (Schweiz). *Z. angew. Ent.*, 87: 348-376.
- NYFFELER, M. & K. D. SUNDERLAND (2003):** Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of European and US studies. *Agric., Ecosystems and Environ.*, 95: 579-612.
- OSTERBURG, B. (2002):** Agrarumweltprogramme in Deutschland und ihre Bedeutung für den Natur- und Artenschutz. Schriftenreihe des BMVEL "Angewandte Wissenschaft", 494: 215-220.
- PACHINGER, B. (2003):** Wildbienen auf Ackerbrachen - ein Beitrag zur geeigneten Anlage und Pflege von Flächenstilllegungen. *Beiträge zur Entomofaunistik*, 4: 149-151.
- PFAFF, S. & V. WOLTERS (1999):** The impact of agricultural management on diurnal lepidopteran communities in a mosaic landscape. *EcoSys. Suppl.*, 28: 159-167.
- PIFFNER, L. & H. LUKA (2003):** Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders - a paired farm approach. *Basic Appl. Ecol.*, 4: 117-127.
- PLACHTER, H. (1991):** Naturschutz. Stuttgart (Gustav Fischer).
- PLACHTER, H., D. BERNOTAT, R. MÜSSNER & U. RIECKEN (2002):** Entwicklung und Festlegung von Methodenstandards im Naturschutz. 2. Auflage. Schriftenr. Landschaftspflege und Naturschutz, 70: 1-566.
- PLACHTER, H., U. STACHNOW & A. WERNER (2005):** Methoden zur naturschutzfachlichen Konkretisierung der "Guten fachlichen Praxis" in der Landwirtschaft. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 7: 1-330.

- PLAISIER, W. & W. SCHULTZ (1991):** Kolonisationserfolg von Spinnen (Araneae) und Laufkäfern (Carabidae, Coleoptera) auf der Nordseeinsel Lütje Hörn. *Drosera*, 91(1/2): 7-20.
- PLATEN, R. (1996):** Spinnengemeinschaften mitteleuropäischer Kulturbiotope. *Arachnol. Mitt.*, 12: 1-45.
- PURVIS, G. & A. FADL (2002):** The influence of cropping rotations and soil cultivation practice on the ecology of carabids (Col.: Carabidae) in arable land. *Pedobiologia*, 46: 452-474.
- PYWELL, R. F., E. A. WARMAN, T. H. SPARKS, J. N. GREATORIX-DAVIES, K. J. WALKER, W. R. MEEK, C. CARVELL, S. PETIT & L. G. FIRSTBANK (2004):** Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland. *Biological Conservation*, 118: 313-325.
- PYWELL, F. R., E. A. WARMAN, C. CARVELL, T. H. SPARKS, L. V. DICKS, D. BENNETT, A. WRIGHT, C. N. R. CRITCHLEY & A. SHERWOOD (2005):** Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. *Biological Conservation*, (121): 479-494.
- RANDS, M. R. W. & N. W. SOTHERTON (1986):** Pesticide use on cereal crops and changes in the abundance of butterflies on arable farmland in England. *Biological Conservation*, 36: 71-82.
- RASKIN, R. (1995):** Das Ackerrandstreifenprogramm: tierökologische mehr als nur ein Blütenraum?. *LÖBF-Mitteilungen*, 4: 20-24.
- RASKIN, R., E. GLÜCK & W. PFLUG (1992):** Floren- und Faunenentwicklung auf herbizidfrei gehaltenen Agrarflächen. *Natur und Landschaft*, 67(1): 7-14.
- RATSCHKER, U. M. (2001):** Die Zönosen und Weberknechte in der Agrarlandschaft des Biosphärenreservates Schorfheide-Chorin - ökologische und naturschutzfachliche Untersuchungen (Arachnida: Araneae, Opiliones). Dissertation an der Technischen Universität Dresden. Fakultät für Forst-, Geo- Hydrowissenschaften. Tharandt. 218 S. + Anhang.
- RUPPERT, V. (1988):** Die Attraktivität und Bedeutung ausgewählter Blütenpflanzen für Nutzinsekten. *Mitt. BBA Land- und Forstw.*, 245: 212.
- RUPPERT, V. (1993):** Einfluss blütenreicher Feldrandstrukturen auf die Dichte blütenbesuchender Nutzinsekten insbesondere der Syrphinae (Diptera: Syrphidae). Bern (Verlag Paul Haupt).
- SAARINEN, K. (2002):** A comparison of butterfly communities along field margins under traditional and intensive management in SE Finland. *Agric. Ecosystems Environ.*, 90: 59-65.
- SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2005):** Biodiversität sächsischer Ackerflächen. *Schr.-R. der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft*, 9-10: 1-98.
- SALVETER, R. (1998):** Habitatnutzung adulter Schwebfliegen (Diptera: Syrphidae) in einer stark gegliederten Agrarlandschaft. *Mitt. Schweiz. Entomol. Gesell.*, 71: 49-71.
- SAMU, F., K. D. SUNDERLAND & C. SZINETÁR (1999):** Scale-dependent dispersal and distribution patterns of spiders in agricultural systems: a review. *Journal of Arachnology*, 27: 325-332.

- SAURE, C., S. KÜHNE & B. HOMMEL (1999):** Untersuchungen zum Pollentransfer von transgenem Raps auf verwandte Kreuzblütler durch Wind und Insekten. BMBF-Statusseminar, Braunschweig 1999, : 111-119.
- SCHMIDT, M. H. (2004):** Spinnen in Agrarlandschaften und die biologische Kontrolle von Getreideblattläusen. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen. Fakultät für Agrarwissenschaften. 78 S.
- SCHNEIDER, F. (1969):** Bionomics and physiology of aphidophagous Syrphidae. *Ann. Rev. Ent.*, 14: 103-124.
- SCHWENNINGER, H. R. (1992):** Untersuchungen zum Einfluss der Bewirtschaftungsintensität auf das Vorkommen von Insektenarten in der Agrarlandschaft, dargestellt am Beispiel der Wildbienen (Hymenoptera: Apoidea) - *Zool. Jb. Syst.* 119: 543-561.
- SOMMAGGIO, D. (1999):** Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? *Agric. Ecosystems Environ.*, 74: 343-356.
- SPARKS T.H., T. PARISH (1995):** Factors affecting the abundance of butterflies in field boundaries in swavesey fens, Cambridgeshire, UK. *Biological Conservation*, 73(3): 221-227.
- SSYMANK, A. (2001):** Vegetation und blütenbesuchende Insekten in der Kulturlandschaft. *Schr.-R. für Landschaftspflege und Naturschutz*, 64: 1-514.
- STEFFAN-DEWENTER, I. & T. TSCHARNTKE (1994):** Tagschmetterlinge als Indikatoren für Ackerbrachen. *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent*, 9(1-3): 75-78.
- STEFFAN-DEWENTER, I. & T. TSCHARNTKE (1995):** Wildbienen auf Ackerbrachen: Bedeutung von Blütenangebot, Vegetation und Flächenalter. *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent*, 10: 319-326.
- STEFFAN-DEWENTER, I. (1998):** Wildbienen in der Agrarlandschaft: Habitatwahl, Sukzession, Bestäubungsleistung und Konkurrenz durch Honigbienen. Hannover (Verlag Agrarökologie).
- STINNER, B. R. & G. J. HOUSE (1990):** Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Ann. Rev. Ent.*, 35: 299-318.
- THIELE, H. U. (1977):** Carabid beetles in their environments. Berlin (Springer Verlag).
- THIES, C. & T. TSCHARNTKE (1999):** Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science*, 285: 893-895.
- THORBEK, P., C. J. TOPPING & K. D. SUNDERLAND (2002):** Validation of a simple method for monitoring aerial activity of spiders. *Journal of Arachnology*, 30: 57-64.
- TISCHLER, W. (1965):** Agrarökologie. Jena (Gustav Fischer Verlag).
- TISCHLER, W. (1990):** Ökologie der Lebensräume. Stuttgart (Gustav Fischer).

- TRAUTNER, J. (1992):** Laufkäfer: Methoden der Bestandsaufnahme und Hinweise für die Auswertung bei Naturschutz- und Eingriffsplanungen. In: TRAUTNER (Hrsg.): Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen [BVDL-Tagung Bad Wurzach, 9-10. November 1991]:145-162. Weikerheim (Verlag J. Margraf).
- TRAUTNER, J. & M.-A. FRITZE (1999):** Laufkäfer. In: VUBD (Hrsg.): Handbuch landschaftsökologischer Leistungen - Empfehlungen zur aufwandsbezogenen Honorarvermittlung: 184-195. Nürnberg (Selbstverlag).
- TUMBRINCK, K. & M. QUEST (2004):** Grünland, Ackerland, Brachen und Stilllegungsflächen. In: LÖBF(Hrsg.). Stechimmen in Nordrhein-Westfalen. - Ökologie - Gefährdung - Schutz. LÖBF-Schriftenreihe, 20: 70-80.
- TSCHARNTKE, T., A. GATHMANN & I. STEFFAN-DEWENTER (1998):** Bioindication using trap nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and seed set. J. Appl. Ecol., 35: 708-719.
- VOLKMAR, C. & T. KREUTER (2006):** Zur Biodiversität von Spinnen (Araneae) und Laufkäfern (Carabidae) auf sächsischen Ackerflächen. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent, 15: 97-102.
- VON HAGEN, E. (1994):** Hummeln: bestimmen, ansiedeln, vermehren, schützen. Augsburg (Naturbuch-Verlag).
- VUBD (HRSG.) (1999):** Handbuch landschaftsökologischer Leistungen - Empfehlungen zur aufwandsbezogenen Honorarvermittlung. Nürnberg (Selbstverlag).
- WACHMANN, E., R. PLATEN & D. BARNDT (1995):** Laufkäfer: Beobachtung, Lebensweise. Augsburg (Naturbuch Verlag).
- WALTHER-HELLWIG, K. & R. FRANKL (2000a):** Foraging distances of *Bombus muscorum*, *Bombus lapidarius*, and *Bombus terrestris* (Hymenoptera, Apidae). J. Ins. Behavior, 13 (2): 239-246.
- WALTHER-HELLWIG, K. & R. FRANKL (2000b):** Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae), in an agricultural landscape. Journal of Applied Entomology, 124 (7-8): 299-306.
- WEBER, G. (1983):** Die Carabidenfauna intensiv bewirtschafteter Felder des Versuchsguts Dikopshof. Dissertation Universität Bonn. Landwirtschaftliche Fakultät. Dorsten. 1-132.
- WEIBULL, A. C. & O. ÖSTMAN (2003).** Species composition in agroecosystems: the effect of landscape, habitat, and farm management. Basic Appl. Ecol., 4: 349-361.
- WEIDEMANN, H. J. (1995):** Tagfalter: beobachten, bestimmen. Augsburg (Naturbuch-Verlag).
- WEISS, E. & C. STETTNER (1991):** Unkräuter in der Agrarlandschaft locken blütenbesuchende Nutzinsekten an. Bern (Haupt).
- WELBULL, A., J. BENGTSSON & E. NOHLGREN (2000):** Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming systems and landscape heterogeneity. Ecography, 23: 743-750.

- WELLING, M., C. KOKTA, J. MOLTHAN & V. RUPPERT (1988):** Auswirkungen von Wildkräutern in Getreidefeldern und Feldrainen auf Nutz- und Schadinsekten. Mitt. BBA Land- und Forstw., 245: 214.
- WERNER, A., R. ROTH, P. ZANDER, A. MEYER-AURICH & A. JARFE (2006):** Scientific background for a nature conserving agriculture. In: Flade et al. (ed.): Nature conservation in agricultural ecosystems: 529-572. Wiebelsheim (Quelle & Meyer).
- WESTPHAL, C., I. STEFFAN-DEWENTER & T. TSCHARNTKE (2004):** Die relative Bedeutung lokaler Habitatqualität und regionaler Landschaftsmerkmale für die Individuendichte von Hummeln. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent., (14): 493-496.
- WESTPHAL, C., I. STEFFAN-DEWENTER & T. TSCHARNTKE (2006):** Bumblebees experience landscape at different spatial scales: possible implications for coexistence. Oecologia, 149: 289-300.
- WESTRICH, P. (1989):** Die Wildbienen Baden-Württembergs. 2 Bde.. Stuttgart (Ulmer).
- WHITTINGHAM, M. J. (2007):** Will agri-environment schemes deliver substantial biodiversity gain, and if not why not?. J. Appl. Ecol., 44: 1-5.
- WIEDEMEIER, P. & P. DUELLI (2000):** Ökologische Ausgleichsflächen als Winterbiotope für bodenaktive Nützlinge im Intensivkulturland. In: NENTWIG (Hrsg.): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrachen, Feldränder: 181-198. Hannover (Verlag Agrarökologie).
- WILLIAMS, P. H. (1982):** The distribution and decline of British bumblebees (*Bombus* Latr.). J. Apic. Res., 21(4): 236.
- WITSACK, W., I. ENGLER, K. SCHNEIDER & P. SCHNITTER (1997):** Zur zoozönotischen Strukturentwicklung auf neunjährigen Acker- und Grünlandbrachen. Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent., 11: 95-98.
- WOODCOCK, B. A., S. G. POTTS, E. PILGRIM, A. J. RAMSAY, T. TSCHULIN, A. PARKINSON, R. E. N. SMITH, A. L. GUNDREY, A. L. BROWN, V. K. BROWN & J. R. TALLOWIN (2007):** The potential of grass field margin management for enhancing beetle diversity in intensive livestock farms. J. Appl. Ecol., 44: 60-69.

Anhang

Tab. I: Anteile von Ackerfrüchten der AUM „Anbau vielfältiger Fruchtfolgen“ im Wirtschaftsjahr 2005 / 2006 (schriftl. Mitt. Landwirtschaftskammer NRW).

Nutzart	Bezeichnung	Anbaugröße in ha	Anteil in %
	Gesamtfläche	60.767	
<u>I. Getreide</u>	Summe	33.069	54,4
	Hartweizen (Durum)	28	
	Dinkel	1024	
	Winterweizen (ohne Durum)	14457	
	Sommerweizen (ohne Durum)	867	
	Emmer, Einkorn	19	
	Winterroggen	1129	
	Sommerroggen	45	
	Wintermenggetreide	42	
	Wintergerste	8515	
	Sommergerste	1297	
	Winterhafer	53	
	Sommerhafer	906	
	Sommernenggetreide mit Weizen	14	
	Sommernenggetreide	57	
	Sommernenggetreide mit mind. 25 % Legumino- senanteil	110	
	Wintertriticale	2753	
	Sommertriticale	20	
	Körnermais	1048	
	CCM (Corn-Cob-Mix)	603	
	Buchweizen	3	
	Getreide-/Erbsen- / Getreide-Bohnen-Gemenge	58	
	Getreide als Ganzpflanzensilage	21	
<u>II. Eiweißpflanzen</u>	Summe	3.662	6,0
	Erbsen zur Körnergewinnung	1314	
	Acker-, Puff-, Pferdebohnen zur Körnergewin- nung	2251	
	Süßlupinen zur Körnergewinnung	96	
<u>III. Ölsaaten</u>	Summe	5.006	8,2
	Sommerraps	36	
	Winterraps	4924	
	Sonnenblumen	1	
	Öllein	6	
	Körnersenf	16	
	Ölrettich	23	

Forts. Tab. I

Nutzart	Bezeichnung	Anbaugröße in ha	Anteil in %
<u>IV. Ackerfutter</u>	Summe	8.285	13,6
	Silomais	3965	
	Futterhackfrüchte (ohne Runkelfutterrüben, Kohlsteckrüben, Kartoffeln)	12	
	Runkelfutterrüben	53	
	Klee	95	
	Luzerne	108	
	Ackergras	1124	
	Espalette	1	
	Wickengemenge (Wickenanteil \geq 25 %)	37	
	Wicke	2	
	Kleegras	446	
	Kleegras - Kleeanteil Saatgut \geq 25 %	2386	
	Ackerfuttersilage - Sudangras	18	
	Klee-Luzerne-Gemisch	27	
	Ackerfutter - Sonnenblumen	10	
<u>V. Hackfrüchte</u>	Summe	8.070	13,3
	Kartoffeln (ohne Stärkekartoffeln)	2861	
	Zuckerrüben	5185	
	Zichorien zur Inulinproduktion	19	
	Topinambur	<1	
	Stärkekartoffeln	5	
<u>VI. Gemüse, sonstige Handelsgewächse</u>	Summe	2.061	3,4
	Frisch- / Speiseerbsen Freiland	592	
	Feldgemüse (nicht Leguminose)	771	
	Grüne Bohnen (Busch- / Stangenbohnen)	410	
	Dicke Bohnen	215	
	Blumen und nicht verholzende Zierpflanzen (Freiland)	10	
	Erdbeeren (Freiland)	40	
	Heil-, Duft- und Gewürzpflanzen	2	
	Küchenkräuter	<1	
	alle anderen Handelsgewächse (außer Dauerkulturen)	20	
	Gartensämerei (Zierpflanzen)	<1	
<u>VII. Sonstige Flächen</u>	Summe	615	1,0
	Grassamenvermehrung	580	
	Grassamenvermehrung mit Leguminosenanteil \geq 25%	35	