

- Abschlussbericht -

zum DBU Projekt

„Firmen fördern Vielfalt“

Praxistaugliche Erfassung, Bewertung und Darstellung der „Naturschutz-Biodiversität“ auf Zulieferbetrieben von Nahrungsmittelunternehmen

AZ 31112- Referat 33/0



gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de



Hannover, Dezember 2016

Abschlussbericht

Berichtszeitraum: 01.10.2013 – 30.09.2016

„Firmen fördern Vielfalt“

Praxistaugliche Erfassung, Bewertung und Darstellung der „Naturschutz-Biodiversität“ auf Zulieferbetrieben von Nahrungsmittelunternehmen

MATTHIES, S.; SYBERTZ, J.; REICH, M.; VON HAAREN, C.

DBU-Referat: 33

Aktenzeichen: 31112

Projektlaufzeit: 01.10.2013 – 30.09.2016

Ausführungsort: Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung

Projektleiter: Prof. Dr. Christina von Haaren
Prof. Dr. Michael Reich

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Sarah Matthies
Dipl.-Ing. Janine Sybertz

Kontakt: Prof. v. Haaren
0511 762-2652; haaren@umwelt.uni-hannover.de

Prof. Reich
0511 762-4442; reich@umwelt.uni-hannover.de

Zitiervorschlag: Matthies, S.; Sybertz, J.; Reich, M.; von Haaren, C. 2016: „Firmen fördern Vielfalt“. Praxistaugliche Erfassung, Bewertung und Darstellung der „Naturschutz-Biodiversität“ auf Zulieferbetrieben von Nahrungsmittelunternehmen. Im Selbstverlag, IUP Leibniz Universität Hannover.

Wir bedanken uns bei unseren Projektpartnern: Der Assoziation ökologischer Lebensmittelhersteller (AöL), den Firmen Hipp, Bionade, Neumärker Lammsbräu und Märkisches Landbrot, bei der Landwirtschaftskammer Hannover und der Bioland-Beratung sowie allen teilnehmenden Landwirten für die hervorragende Zusammenarbeit. Viele staatliche Stellen und der Projektbeirat (Dr. Gert Berger, Zalf; Dr. Hermann Hötter, NABU; Caroline Boßmeyer, Biodiversity in Good Company Initiative; Johanna Gundlach, BfN; Prof. Dr. Wolfgang Schumacher, Universität Bonn; Prof. Dr. Hartmut Vogtmann, DNR) haben uns bei der Datenbeschaffung, durch Ausnahmegenehmigungen und mit wertvollen Anregungen unterstützt. Ein besonderer Dank gilt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung dieser Forschungsarbeit.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis.....	4
Zusammenfassung.....	5
Anlass und Zielsetzung	6
Untersuchungsprogramm.....	6
Auswahl der Untersuchungsbetriebe	7
Methodik und Ergebnisse: Flora	8
Literaturauswertung und Modellbildung	8
Empirische Untersuchungen zur Validierung der Modelle.....	14
Ergebnisse der empirischen Untersuchungen	15
Weiterentwicklung der literaturbasierten Modelle auf Basis der empirischen Untersuchungen	19
Methodik und Ergebnisse: Fauna	23
Literaturauswertung und Modellbildung	23
Empirische Untersuchungen zur Validierung der Modelle.....	30
Ergebnisse der empirischen Untersuchungen	31
Weiterentwicklung der literaturbasierten Modelle auf Basis der empirischen Untersuchungen	36
Implementierung der literaturbasierten Modelle in MANUELA	38
Praxistest durch landwirtschaftliche Berater und Landwirte.....	41
Diskussion	41
Schlussfolgerungen und Empfehlungen	45
Quellen	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Untersuchungsbetriebe mit Großlandschaften (BfN 2003)	7
Abbildung 2: Literaturbasiertes Modell zur differenzierten Biotopwertbestimmung für Raine (Flora).....	12
Abbildung 3: Literaturbasiertes Modell zur differenzierten Biotopwertbestimmung für Hecken (Flora).....	13
Abbildung 4: Summe der erfassten Arten in den untersuchten Äckern (Friedrichsgabekoog: n= 14; Peetzig: n= 15; Volkwardingen: n= 7; Algermissen: n= 8; Hameln: n= 15; Ostheim: n= 13; Megesheim: n= 18), Rainen (alle UGs: n= 10) und Hecken (alle UGs: n= 10; in der Gesamtartenzahl sind nur Gehölze berücksichtigt) je Untersuchungsgebiet.....	16
Abbildung 5: Summe der erfassten Ackerarten in den untersuchten Äckern (Friedrichsgabekoog: n= 14; Peetzig: n= 15; Volkwardingen: n= 7; Algermissen: n= 8; Hameln: n= 15; Ostheim: n= 13; Megesheim: n= 18), Grünland- und Ruderalarten i.w.S. in den Rainen (alle UGs: n= 10) und verholzenden Arten in den Hecken (alle UGs: n= 10; identisch mit der Summe der erfassten Arten) je Untersuchungsgebiet	16
Abbildung 6: Summe der gefährdeten Arten nach Gefährdungskategorie je Untersuchungsgebiet (Anm.: Bei den Hecken bezieht sich der Gefährdungsstatus ausschließlich auf die Gehölze)	17
Abbildung 7: Durchschnittliche Anzahl an Ackerarten pro Schlag in den Untersuchungsgebieten mit Standardabweichung	17
Abbildung 8: Anzahl an Ackerarten in den untersuchten Äckern (n= 90) in Abhängigkeit von der Flächengröße des Schlags	18
Abbildung 9: Anzahl der Grünland- und Ruderalarten i.w.S. in den untersuchten Rainen (n= 70) in Abhängigkeit von der mittleren Breite des Rains	18
Abbildung 10: Anzahl der Gehölze in den untersuchten Hecken (n= 70) in Abhängigkeit von der mittleren Breite der Hecke.....	19
Abbildung 11: Anzahl der Gehölze in den untersuchten Hecken (n= 70) in Abhängigkeit von der Länge der Hecke	19
Abbildung 12: Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des literaturbasierten Rainmodells und den erfassten Artenzahlen auf den Rainen. Dargestellt sind eine lineare Regressionsgerade, sowie eine Zuordnung der Werte zu den entsprechenden Betrieben.....	20
Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des literaturbasierten Heckenmodells und den erfassten Artenzahlen in den Hecken. Dargestellt sind eine lineare Regressionsgerade, sowie eine Zuordnung der Werte zu den entsprechenden Betrieben.....	21
Abbildung 14: Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des literaturbasierten Ackermodells und den erfassten Artenzahlen auf den Äckern. Dargestellt sind eine lineare Regressionsgerade, sowie eine Zuordnung der Werte zu den entsprechenden Betrieben.....	21
Abbildung 15: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Rainen für Tagfalter ..	26

Abbildung 16: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Hecken für Vögel (Teil 1).....	27
Abbildung 17: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Hecken für Vögel (Teil 2).....	28
Abbildung 18: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Äckern für Vögel.....	29
Abbildung 19: Tagfaltererfassung auf Rainen in Ostheim v.d. Rhön.....	30
Abbildung 20 und 21: Wiesenschafstelze in Volkwardingen / Brauner Feuerfalter in Peetzig.....	31
Abbildung 22: Gesamtartenzahl der in den UGs erfassten Arten im Vergleich.....	32
Abbildung 23: Ergebnis des literaturbasierten Modells im Vergleich mit der festgestellten Artenzahl für den Biotoptyp Rain mit linearer Regressionsgerade	36
Abbildung 24: Ergebnis des literaturbasierten Modells im Vergleich mit der festgestellten Artenzahl für den Biotoptyp Hecke mit linearer Regressionsgerade.....	36
Abbildung 25: Ergebnis des literaturbasierten Modells im Vergleich mit der festgestellten Artenzahl für den Biotoptyp Acker mit linearer Regressionsgerade.....	37
Abbildung 26: Screenshot der Eingabemaske für die Bewertung der Hecken hinsichtlich der Vogelartenvielfalt aus MANUELA	38
Abbildung 27: Screenshot der graphischen Darstellung der Bewertung der Raine hinsichtlich der Tagfalterartenvielfalt aus MANUELA	39
Abbildung 28: Screenshot einer Bewertungstabelle eines einzelnen Raines aus MANUELA.....	40
Abbildung 29: Screenshot mit ausgewähltem Rain und dazugehöriger Bewertungstabelle zur Ableitung von Maßnahmen	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Testbetriebe und ihre Charakteristika	8
Tabelle 2: Darstellung der Indikatoren geordnet nach Indikatorgruppen mit Primärquellen, die für die Erstellung der Modelle für die Biotoptypen Rain und Hecke genutzt wurden	9
Tabelle 3: Auswahl der Untersuchungsflächen für die empirischen Untersuchungen der Flora.....	14
Tabelle 4: Für das Vorkommen von Tagfalter in Rainen aus der Literatur abgeleitete relevante Indikatoren, die für die Erstellung des Rainmodells verwendet wurden	23
Tabelle 5: Für das Vorkommen von Vögeln in Hecken aus der Literatur abgeleitete relevante Indikatoren, die für die Erstellung des Heckenmodells verwendet.....	24
Tabelle 6: Für das Vorkommen von Vögeln auf Äckern aus der Literatur abgeleitete relevante Indikatoren, die für die Erstellung des Ackermodells verwendet wurden.....	25
Tabelle 7: In den Untersuchungsgebieten festgestellte Vogelarten.....	33
Tabelle 8: Individuenzahlen der auf den Rainen festgestellten Tagfalterarten je Untersuchungsgebiet.....	35

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Firmen fördern Vielfalt“ wurden in Zusammenarbeit mit ökologischen Lebensmittelherstellern, landwirtschaftlichen Produzenten sowie landwirtschaftlichen Beratern einfache Indikatoren zur Messung der Artenvielfalt und differenzierten Biotopbewertung auf landwirtschaftlichen Flächen entwickelt. Im Fokus stand dabei die differenzierte Bewertung von Äckern und Hecken für Pflanzen und Vögel, sowie von Rainen für Pflanzen und Tagfalter. Dazu wurden umfangreiche Literaturstudien durchgeführt und auf Basis der so gewonnenen Ergebnisse Modelle zur naturschutzfachlichen Bewertung von Äckern, Hecken und Rainen entwickelt. Die hierbei bedeutsamen Indikatoren beschreiben z.B. die Historie eines Landschaftselements, seine Struktur, Umweltbedingungen, das Management und die Pflege, an das Element angrenzende Habitate sowie Landschaftsparameter in der Umgebung des Landschaftselements. Diese Modelle wurden in umfangreichen Feldarbeiten auf insgesamt sieben, über Deutschland verteilten landwirtschaftlichen Betrieben (5 ökologisch, 2 konventionell) im Hinblick auf ihre Modellgüte untersucht. Die während der Feldarbeiten erhobenen Daten zur Artenvielfalt auf den untersuchten Flächen wurden dazu mit den Ergebnissen der Modelle verglichen. Zusätzlich wurden die in den Modellen verwendeten Indikatoren mit Hilfe von linearen Regressionsanalysen bezüglich ihrer Aussagekraft überprüft, um so die Modelle vereinfachen und die Modellgüte verbessern zu können. In Praxistests mit Landwirten und landwirtschaftlichen Beratern sowie Diskussionen mit Lebensmittelunternehmen und landwirtschaftlichen Akteuren wurden die Praktikabilität und die Nutzerfreundlichkeit der entwickelten Modelle getestet.

Insgesamt wurden auf diese Weise sechs zunächst literaturbasierte Modelle entwickelt, die auf Grundlage der Felddaten validiert und vereinfacht wurden. Mit Hilfe der linearen Regressionsanalysen konnte die erklärte Varianz erheblich verbessert werden und zwar für die Ackermodelle auf 85% für Pflanzen und 66% für Vögel, für die Rainmodelle auf 69% für Pflanzen und 63% für Tagfalter sowie für die Hecken auf 57% für Pflanzen und 71% für Vögel. Die Anzahl der Modellparameter konnte gleichzeitig deutlich reduziert werden, so dass für das Rainmodell sechs Indikatoren für die Pflanzen und sechs Indikatoren für die Tagfalter sowie für das Heckenmodell vier Indikatoren für die Pflanzen und fünf Indikatoren für die Vögel benötigt werden. Das Ackermodell erfordert sechs Indikatoren für die Vögel; der Datenbedarf für die Modellierung von Pflanzen auf Acker ist am höchsten mit 13 Indikatoren. Auch diese sind jedoch auf dem landwirtschaftlichen Betrieb relativ leicht zu generieren.

In Praxistests mit den Modellen mit Hilfe der naturschutzfachlichen Betriebsmanagementsoftware MANUELA zeigten die Landwirte großes Interesse an der Visualisierung ihres Betriebs, der Bewertung der Artenvielfalt und dem Aufzeigen von konkreten Maßnahmen, um diese verbessern zu können. Zwar waren die Landwirte grundsätzlich in der Lage, für die Modelle benötigte Daten selbst bereit zu stellen, für die Erstanlage eines Betriebs in MANUELA bedarf es nach unserer Einschätzung jedoch der Unterstützung durch einen landwirtschaftlichen Berater.

Das Forschungsprojekt hat sehr von seiner Transdisziplinarität profitiert, so dass neben der wissenschaftlich validen Konzipierung der Modelle auch die Perspektiven von Landwirten, landwirtschaftlichen Beratern und Lebensmittelunternehmen auf die konkrete Anwendung der Modelle berücksichtigt werden konnten.

Anlass und Zielsetzung

Für viele Unternehmen der Lebensmittelbranche und insbesondere die ökologischen Lebensmittelhersteller ist die Erhaltung der natürlichen Ressourcen und der Biodiversität ein wichtiges Anliegen. Sie würden gerne die von ihren Zulieferbetrieben erbrachten Leistungen zum Erhalt und zur Förderung der Biodiversität messen und wissenschaftlich valide dokumentieren. Diese Informationen können nicht nur für Kommunikationsstrategien der Firmen, sondern auch zur Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Biodiversität auf den Betrieben genutzt werden. Zulieferer und Nahrungsmittelhersteller werden damit motiviert, etwas für die Artenvielfalt zu tun bzw. ihr Umweltmanagement weiterzuentwickeln. Allerdings reichen die Biotopklassifizierungen und -bewertungen der Länder vom Differenzierungsgrad her nicht aus, um die Biodiversität auf Betriebsebene angemessen erfassen und auch Veränderungen durch den Landwirt abbilden zu können.

Eine Vor-Ort-Erfassung von Arten durch Landwirte oder Betriebsberater wird jedoch aufgrund des hohen Aufwands als unrealistisch angesehen. Aus diesem Grund wirkten vier Unternehmen der ökologischen Nahrungsmittelhersteller (Bionade, HiPP, Märkisches Landbrot, Neumarkter Lammsbräu) von Anfang an in diesem Projekt mit. Die Unternehmen regten die Entwicklung eines einfacheren Systems an, um ein praxistaugliches Biodiversitätsmanagement zu ermöglichen. Ein auf Schlüsselindikatoren basierendes Modell, das eine transparente und nachvollziehbare Messung der Artenvielfalt erlaubt, fehlte allerdings bisher. Ein solches Modell hätte den zusätzlichen Vorteil, dass die Wirkungen biodiversitätsrelevanter Maßnahmen auf den Wert von Biodiversität im Vorfeld projiziert werden könnten.

Ziel des Forschungsprojekts „Firmen fördern Vielfalt“ war es daher, einfach erfassbare Indikatoren für die Messung der Artenvielfalt auf Zulieferbetrieben von lebensmittelerzeugenden Unternehmen zu entwickeln und deren Aussagefähigkeit durch eine Vor-Ort-Erfassung zu bestimmen. Es wird davon ausgegangen, dass gängige Biotopwertlisten zwar den Grundwert eines Biotoptyps aufgrund seiner Seltenheit und Gefährdung abbilden. Hinzu muss jedoch die Ausprägung des jeweiligen Biotops kommen, die für die Agrarlandschaftsbiotope besonders an der Artenvielfalt festgemacht wird. Hier setzte das Vorhaben „Firmen fördern Vielfalt“ an, in dem eine aufgrund der Artenvielfalt differenzierte Biotopbewertung entwickelt werden sollte. Durch eine Bilanzierung der erbrachten Biodiversitätsleistungen sollte eine Grundlage dafür geschaffen werden, die Artenvielfalt auf den Betrieben nachhaltig zu erhalten bzw. zu verbessern. Des Weiteren sollte der Frage nachgegangen werden, ob Betriebe und landwirtschaftliche Berater die erforderlichen Informationen für ein solches Modell selbst bereitstellen können. Schließlich sollte der Aufwand der Verwendung eines EDV-gestützten Systems zur Erfassung, Verwaltung und Bewertung dieser Daten für den Landwirt beurteilt werden.

Untersuchungsprogramm

Das Untersuchungsprogramm bestand aus drei Arbeitspaketen. Das erste Arbeitspaket beinhaltete die Entwicklung des Indikatormodells auf Betriebsebene. Die einzelnen Schritte dafür umfassten eine Literaturlauswertung, die Modellbildung, den Test des gebildeten Modells auf Betrieben in verschiedenen Großlandschaften und die Überprüfung der Modellierungsergebnisse durch exemplarische Felderfassungen. Auf Grundlage der Felderfassungen und statistischer Auswertungen wurden die ursprünglichen Modelle überarbeitet und angepasst.

Das zweite Arbeitspaket beinhaltete die Prüfung der Umsetzbarkeit und Nutzbarkeit durch die Akteure der landwirtschaftlichen Praxis. Hierfür wurde der Referenzzustand des Betriebs aufgenommen und die Möglichkeit der Datenbereitstellung durch die Landwirte mittels eines Fragebogens überprüft. Weiterhin wurden die landwirtschaftlichen Akteure (Landwirte, Berater) in der Modellanwendung geschult und das Modell getestet, wobei die benötigten Daten zum Teil durch die Berater selbst erhoben und in das Modell eingegeben wurden. Im Anschluss sollten Landwirte und Berater Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen für die Biodiversität auf den Betriebsflächen ableiten. Dieser Arbeitsschritt erfolgte in Zusammenarbeit mit der Bioland-Fachberatung und der Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Die Erfahrungen aus diesem Praxistest flossen in die Überarbeitung der Modelle im Hinblick auf Nutzerfreundlichkeit und Praktikabilität ein.

Das letzte Arbeitspaket beinhaltete den Transfer der Ergebnisse an die lebensmittelverarbeitenden Unternehmen und wurde maßgeblich durch die Assoziation ökologischer Lebensmittelhersteller (AöL) durchgeführt. Hierbei sollten die Optionen für Erfassung, Bewertung und Umsetzung in weiteren Unternehmen durch eine breite Öffentlichkeitsarbeit diskutiert bzw. angeregt werden.

Auswahl der Untersuchungsbetriebe

Insgesamt wurden sieben landwirtschaftliche Betriebe ausgewählt, um das Indikatormodell auf Betriebsebene zu testen und zu validieren. Dabei wurde darauf geachtet, mit der Betriebsauswahl eine große Vielfalt an Standorten und Bewirtschaftungsformen abzudecken. Die Untersuchungsbetriebe sind überwiegend Zulieferbetriebe der beteiligten Unternehmen und in unterschiedlichen Großlandschaften Deutschlands gelegen (Abb. 1). Zwei der Betriebe wirtschaften konventionell, fünf der Betriebe ökologisch (Tab. 1).

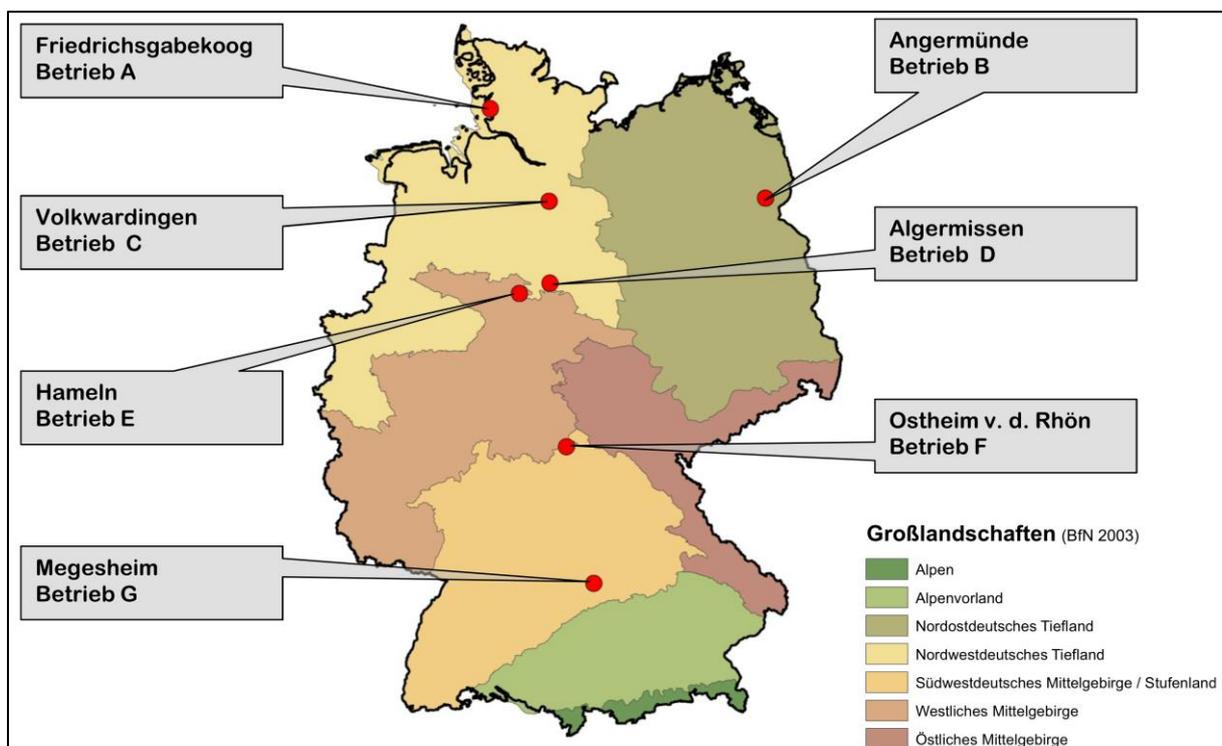


Abbildung 1: Lage der Untersuchungsbetriebe mit Großlandschaften (BfN 2003)

Tabelle 1: Testbetriebe und ihre Charakteristika

Betrieb	Großlandschaft / Naturraum	Anbausystem / Land	Unternehmensbezug	Merkmale
Betrieb A Friedrichsgabekoog	Nordwestdeutsches Tiefland; Naturraum Schleswig-Holsteinische Marschen und Nordseeinseln	Öko, SH	Zulieferbetrieb HiPP	Betriebsgröße: ca. 700 ha; Angebaute Kulturen: Möhren, Kohl, Erbsen, Weizen, Klee gras, Hafer etc.
Betrieb B Angermünde	Nordostdeutsches Tiefland; Naturraum Rückland der Mecklenburg-Brandenburgischen Seenplatte	Öko, BB	Zulieferbetrieb Märkisches Landbrot	Betriebsgröße: ca. 500 ha; Angebaute Kulturen: Roggen, Dinkel, Hafer, Luzerne etc.
Betrieb C Volkwardingen	Nordwestdeutsches Tiefland; Naturraum Lüneburger Heide	Konv., NI	Referenzbetrieb ML	Betriebsgröße: ca. 260 ha; Angebaute Kulturen: Mais, Triticale, Zuckerrübe etc.
Betrieb D Algermissen	Nordwestdeutsches Tiefland; Naturraum Niedersächsische Börden	Konv., NI	Referenzbetrieb ML	Betriebsgröße: ca. 58 ha (mit Partnern ca. 280 ha); Angebaute Kulturen: Mais, Zuckerrübe, Winterweizen
Betrieb E Hameln	Naturraum Unteres Weserbergland und Oberes Weser-Leinebergland	Öko, NI	Zulieferbetrieb HiPP	Betriebsgröße: ca. 150 ha; Angebaute Kulturen: Möhren, Kartoffeln, Rote Bete, Buschbohnen, Weizen (mit Erbse), Triticale, Klee gras, Winterroggen etc.
Betrieb F Ostheim v.d. Rhön	Naturraum Mainfränkische Platten / Ostthessisches Bergland, Vogelsberg, Rhön	Öko, BY	Zulieferbetrieb Bionade	Betriebsgröße: ca. 80 ha; Angebaute Kulturen: Hafer, Gerste, Triticale, Klee gras, Holunder, Quitte
Betrieb G Megesheim	Naturraum Fränkisches Keuper-Liasland / Schwäbisches Keuper-Liasland	Öko, BY	Zulieferbetrieb Neumarkter Lammsbräu	Betriebsgröße: ca. 80 ha; Angebaute Kulturen: Gerste, Dinkel, Weizen, Triticale, Roggen, Kartoffeln, Erbsen, Klee gras etc.

Insgesamt wurden auf den diversen Betrieben 90 Ackerschläge für die Flora und 73 Ackerschläge für die Fauna untersucht. Des Weiteren wurden 70 Hecken für die Flora und 59 Hecken für die Fauna sowie 70 Raine für Flora und Fauna beprobt.

Methodik und Ergebnisse: Flora

Literaturauswertung und Modellbildung

Differenzierte Bewertungen wurden für die Biotoptypen Äcker, Raine und Hecken entwickelt. Für den Biotoptyp Acker konnte auf ein bereits bestehendes, literaturbasiertes Modell zurückgegriffen werden (Bredemeier et al. 2015). In diesem wird eine differenzierte Biotopbewertung anhand von Bodenart/-typ, Nutzungsart (ökologisch, konventionell), Kulturart/-artengruppe und der Landschaftsheterogenität (Vielfalt naturnaher Biotope, Kulturartenvielfalt in einem 1 km Radius um den Acker) durchgeführt. Dies führt zu quantifizierbaren Bewertungsunterschieden zwischen Äckern. Als mögliche zusätzlich beeinflussende Faktoren gelten Fläche, Kalkgehalt, Nährstoffverfügbarkeit, Bodenfeuchte, Ertrag, Anzahl der Arbeitsgänge, Vorhandensein von Randstreifen, aktuelle und historische Agrarumweltmaßnahmen (AUM) und die Dauer der ökologischen Bewirtschaftung.

Zu Indikatoren, die die Artenvielfalt in Rainen und Säumen (im Folgenden nur noch als Raine bezeichnet) sowie Hecken beeinflussen wurde eine neue systematische Literaturrecherche im

ISI Web of Science durchgeführt. Für Raine wurden insgesamt 20 Übersetzungen („field margin“, „field boundary“,...) in Kombination mit „plant“ und „species number“ überprüft. Für Hecken wurden die Suchbegriffe „hedge“ und „hedgerow“ entsprechend verwendet. Bei besonders passenden Veröffentlichungen wurde das Literaturverzeichnis nach weiterer geeigneter Literatur überprüft. Somit wurde in Teilen auch eine Literaturrecherche nach dem Schneeballsystem durchgeführt. Nach einem Selektionsprozesses wurden im Ergebnis 29 Artikel für Raine und 21 Artikel für die Hecken in die Erstellung der literaturbasierten Modelle aufgenommen.

Bei der Auswertung wurden die Indikatoren für Hecken und Raine, die die Artenzahlen beeinflussen, in eine Tabelle übertragen. Nennungen in den Kapiteln Hintergrund, Ergebnis und Diskussion wurden berücksichtigt und entsprechend als Primär- oder Sekundärquelle gekennzeichnet. Die Wirkung des Indikators wurde, soweit angegeben, notiert. In einer weiteren Tabelle wurden anschließend die Indikatoren mit Quellenangabe thematisch gruppiert und den Obergruppen „Historie“, „Rain-/Heckenstruktur“, „Umweltbedingungen“, „Management“, „Angrenzende Habitate“ und „Landschaftsparameter“ zugeordnet. Die sehr umfangreiche Liste an potenziell beeinflussenden Indikatoren wurde dann auf besonders relevante Indikatoren reduziert. Dazu wurden zu allgemeine (z.B. „ecological conditions“, „climate“), zu schwierig zu messende (z.B. „atmospheric deposition of nitrogen and sulphur oxids“), keinen Effekt zeigende (z.B. „mowing maschine“), nicht wirklich für Raine in unserem Sinne relevante (z.B. „restriction of tillage“), unklare Effekte zeigende Indikatoren (z.B. „history of site“) und indirekt durch einen anderen Indikator abgebildet Effekte (z.B. „cutting of bush and tree saplings“ → „mowing intensity“) entfernt. Des Weiteren wurden Effekte, die sich eher durch die Erfassungsmethodik begründeten (z.B. „distance to the field“ bei Aufnahmeplots in unterschiedlichen Distanzen zum Feld), vernachlässigt. In Tabelle 2 sind die verbliebenen Indikatoren mit den Primärquellen aufgelistet, die für die Modellerstellung genutzt wurden. Anzumerken ist, dass die Nutzungsindikatoren „Düngemittleinsatz“, „Pestizideinsatz“ und „Bewirtschaftungsintensität“ in angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen vorerst zusammengefasst als „Bewirtschaftungsart angrenzender Felder“ in das Modell eingehen.

Tabelle 2: Darstellung der Indikatoren geordnet nach Indikatorgruppen mit Primärquellen, die für die Erstellung der Modelle für die Biotoptypen Rain und Hecke genutzt wurden

Indikatorgruppe	Indikator	Quellen für den Biotoptyp Rain	Quellen für den Biotoptyp Hecke
Historie	Entstehung		Boutin et al. 2002; Deckers et al. 2004a; Forman & Baudry 1984
	Alter	Jantunen et al. 2006	Aude et al. 2003
Rain-/Heckenstruktur	Durchschnittliche Breite	Hovd & Skogen 2005; Ma et al. 2002; Schippers & Joenje 2002	Boutin & Jobin 1998; Boutin et al. 2002; De Blois et al. 2002; Deckers et al. 2004a; Forman & Baudry 1984; Le Coeur et al. 2002
	Länge	Le Coeur et al. 1997	Deckers et al. 2004a; Ernoult & Alard 2011; Orłowski & Nowak 2005
	Vorhandensein Baumschicht		Deckers et al. 2004a; Moonen & Marschall 2001
	Vorhandensein Strauchschicht		Boutin et al. 2002; Deckers et al. 2004a; Le Coeur et al. 2002; Moonen & Marschall 2001
	Vorhandensein Wall		Aude et al. 2003; Deckers et al. 2004a; Moonen & Marschall 2001
	Vorhandensein Graben		Deckers et al. 2004a; Forman & Baudry 1984

Indikator- gruppe	Indikator	Quellen für den Biotoptyp Rain	Quellen für den Biotoptyp Hecke
Umwelt- bedingungen	Bodenart	Jantunen et al. 2006; Manhoudt et al. 2007	Aude et al. 2003; De Blois et al. 2002; Deckers et al. 2004a
	Kalkgehalt	Jantunen et al. 2006	
	Nährstoff- verfügbarkeit	Boutin et al. 2001; Hovd & Skogen 2005; Jantunen et al. 2006; Parr & Way 1988; Pausas & Austin 2001; Schippers & Joenje 2002	Aude et al. 2003
	Struktur	Le Coeur et al. 1997; LeCoeur et al. 2002; Wuczyński et al. 2014	
Management	Pflegehäufigkeit		De Blois et al. 2002; Huwer & Wittig 2012
	Heckenpflege		Croxton et al. 2003; Deckers et al. 2004a; Moonen & Marschall 2001
	Mahdintensität	Aavik et al. 2008; Hovd & Skogen 2005; Parr & Way 1988; Schippers & Joenje 2002	
	Entfernung Mahdgut	Hovd & Skogen 2005; Parr & Way 1988; Schippers & Joenje 2002	
Angrenzende Habitate	Angrenzende Landnutzung	Baudry et al. 2000; Cherrill et al. 2001; Hovd & Skogen 2005; Le Coeur et al. 1997; Le Coeur et al. 2002	Aude et al. 2004; Campagne et al. 2006; De Blois et al. 2002; Deckers et al. 2004a; French & Cummins 2001; Le Coeur et al. 2002; Moonen & Marschall 2001
	Bewirtschaftungs- art angrenzender Felder	Le Coeur et al. 2002; Manhoudt et al. 2007	Aude et al. 2003, Aude et al. 2004; Boutin et al. 2008; Forman & Baurdy 1984
	Pufferstreifen	De Snoo 1999; Manhoudt et al. 2007; Marshall 2009	Jobin et al. 1997; Moonen & Marschall 2001
Landschafts- parameter	Heterogenität der Landschaft	Le Coeur et al. 1997; Ma et al. 2013; Manhoudt et al. 2005; Pausas & Austin 2001	Deckers et al. 2004a; Deckers et al. 2004b
	Anteil ähnlicher Habitate in der Umgebung	Jantunen et al. 2006	Boots 2001; Boutin et al. 2002; Boutin et al. 2008; Deckers et al. 2004a; Ernoult & Alard 2011

Anhand der einzelnen Indikatorgruppen wurden Modelle für Hecken und Raine erarbeitet (Abb. 2 und Abb. 3). Die Gewichtung der einzelnen Indikatorgruppen wurde für die Raine angelehnt an Le Coeur et al. (1997) und für Hecken an Deckers et al. (2004a) übernommen. Im Modell wurden insgesamt 100% Aufwertung verteilt, die sich auf die Differenz zwischen der Basisbewertung von Rainen und Hecken (jeweils Wertstufe 2) und maximaler Aufwertung (Wertstufe 5 bzw. 4) beziehen. Problematisch bei der Gewichtung der einzelnen Indikatoren war, dass nur wenige Studien multivariate Analysen mit möglichst vielen Einflussfaktoren aus möglichst vielen Indikatorgruppen durchgeführt haben. Bei vielen Studien wurden nur einzelne Indikatoren oder eine spezielle Gruppe (z.B. Einfluss der umgebenden Landschaft auf die Rainvegetation anhand mehrerer einzelner Indikatoren) geprüft. Entsprechend kann die Wirkung (Gewichtung) dieser Indikatoren im Zusammenspiel mit anderen, in der Studie nicht überprüften Indikatoren, nur schwer eingeschätzt werden. Hier könnten Autokorrelationen auftreten (z.B. „Bewirtschaftungsart“ (öko/konv.) vs. „Pestizideinsatz“ + „Düngemitelesinsatz“ + „Bewirtschaftungsintensität“). Innerhalb einer Indikatorgruppe wurden die Gewichtungen gleichmäßig über die Anzahl an Einzelindikatoren verteilt, außer es traten Indikatoren auf, die nach Auffassung der Bearbeiter und auf Grundlage der Literaturrecherche deutlich größeren

Einfluss auf die Artenzahlen haben, als die anderen (z.B. „Breite“ +3% vs. „Länge“ +1%). Die Gewichtungen der einzelnen Indikatoren im Modell stellt somit eine erste Annäherung auf Grundlage von Expertenwissen dar und ist in dieser Kombination von Indikatoren nicht durch Literatur belegt. Die Gewichtung der einzelnen Indikatoren soll im weiteren Verlauf des Projekts anhand von statistischen Analysen der erhobenen Artdaten bestätigt bzw. angepasst werden.

Bas. mit Grundbewertung 2 (ohne Berücksichtigung von artenarmen Neophytenfluren)	Historie → max. 2% Aufwertung	Rainstruktur → max. 5% Aufwertung (vgl. Le Coeur et al. 1997)			Umweltbedingungen → max. 45% Aufwertung (vgl. Le Coeur et al. 1997)			Management → max. 9% Aufwertung (vgl. Le Coeur et al. 1997)		Angrenzende Habitate → max. 15% Aufwertung (vgl. Le Coeur et al. 1997)			Landschaftsparameter → max. 24% Aufwertung (vgl. Le Coeur et al. 1997)		Differenzierte Biotopbewertung (max. 5)
	Alter	Breite	Länge	Vorhandensein Strauch / Baum	Bodenart	Kalkgehalt	Nährstoffverfügbarkeit	Mahdintensität	Entfernung Mahdgut	Angrenzende Landnutzung	Bewirtschaftungsart angr. Felder	Pufferstreifen	Heterogenität der Landschaft	Anteil ähnlicher Habitate in der Umgebung	
	< 10 Jahre +0%	1 - 3 m +0%	< 20 m +0%	Nein +0%	Lehm, Schluff, Ton +0%	Gering (c <1 bzw. pH-Wert <3,8) +0%	Hoch (> 70 BP) +0%	Nicht oder >= 3 mal im Jahr gemäht +0%	Nein +0%	Beide Seiten Ackerland +0%	Nur konventionell +0%	< 3 m oder nicht vorhanden +0%	Anteil naturnaher Biotope (1km-Radius Betrieb) gering +0%	Anteil Raine, Säume, Dauergrünland (1 km Radius Betrieb) gering +0%	
	10-60 Jahre +1%	> 3 – 6 m +2%	>= 20 m +1%	Ja +1%	Sand +15%	Mittel (c 1-3 bzw. pH-Wert 3,8-6,2) +5%	Mittel (30-70 BP) +5%	1-2 mal im Jahr gemäht +6%	Ja +3%	Eine Seite Ackerland +2%	Eine Seite konventionell, andere Seite ökologisch +4,5%	1 Seite Pufferstreifen >= 3 m oder Grünland vorhanden +1%	Anteil naturnaher Biotope (1km-Radius Betrieb) mittel +6%	Anteil Raine, Säume, Dauergrünland (1 km Radius Betrieb) mittel +6%	
> 60 Jahre +2%	> 6 m +3%				Hoch (c >3 bzw. pH-Wert >6,2) +15%	Gering (< 30 BP) +15%			Beide Seiten Grünland +3%	Nur ökologisch +9%	2 Seiten Pufferstreifen >= 3 m und/oder Grünland vorhanden +2%	Anteil naturnaher Biotope (1km-Radius Betrieb) hoch +12%	Anteil Raine, Säume, Dauergrünland (1 km Radius Betrieb) hoch +12%		

Abbildung 2: Literaturbasiertes Modell zur differenzierten Biotopwertbestimmung für Raine (Flora)

Historie → max. 14% Aufwertung (vgl. Deckers et al. 2004a)		Heckenstruktur → max. 18% Aufwertung (vgl. Deckers et al. 2004a)						Umweltbedingungen → max. 30% Aufwertung (vgl. Deckers et al. 2004a)		Management → max. 12% Aufwertung (vgl. Deckers et al. 2004a)		Angrenzende Habitate → max. 14% Aufwertung (vgl. Deckers et al. 2004a)			Landschaftsparameter → max. 12% Aufwertung (vgl. Deckers et al. 2004a)	
Entstehung	Alter (1. Etablierung)	Breite	Länge	Vorhanden-sein Baumschicht	Vorhanden-sein Strauch-schicht	Vorhanden-sein Wall	Vorhanden-sein Graben	Bodenart	Nährstoff-verfügbar-keit	Pflegehäufig-keit	Heckenpflege	Angrenzende Landnutzung	Bewirtschaftungsart angr. Felder	Pufferstreifen	Heterogenität der Landschaft	Anteil ähnlicher Habitate in der Umgebung
Offensichtlich gepflanzt +0%	< 1 oder > 50 Jahre +0%	< 2 m +0%	< 3 m +0%	Nein +0%	Nein +0%	Nein +0%	Nein +0%	Lehm, Schluff, Ton +0%	Hoch (> 70 BP) +0%	In den letzten 20 Jahren gar nicht oder >2 mal gepflegt +0%	Keine +0%	Beide Seiten Ackerland +0%	Nur konventionell +0%	< 3 m oder nicht vorhanden +0%	Anteil naturnaher Biotop (1km-Radius Betrieb) gering +0%	Anteil Hecken, Gebüsch, Wald (1 km Radius Betrieb) gering +0%
Kombi offensichtlich gepflanzt und spontan +3,5%	1 - < 6 oder > 20 - 50 Jahre +3,5%	2 - < 6 m +5%	3 - < 7 m +1%	Ja +1%	Ja +1%	Ja +1%	Ja +1%	Sand +15%	Mittel (30-70 BP) +10%	In den letzten 20 Jahren 1-2 mal gepflegt +4%	Mit Hecken-schere/-schneider geschnitten +2%	Eine Seite Ackerland +1%	Eine Seite konventionell, andere Seite ökologisch +4,5%	1 Seite Pufferstreifen >= 3 m oder Grünland vorhanden +1%	Anteil naturnaher Biotop (1km-Radius Betrieb) mittel +3%	Anteil Hecken, Gebüsch, Wald (1 km Radius Betrieb) mittel +3%
Spontan oder Relikt +7%	6 - 20 Jahre +7%	>= 6 m +10%	7 - < 20 m +2%						Gering (< 30 BP) +15%		Geköpft +4%	Beide Seiten Grünland +2%	Nur ökologisch +9%	2 Seiten Pufferstreifen >= 3 m und/oder Grünland vorhanden +2%	Anteil naturnaher Biotop (1km-Radius Betrieb) hoch +6%	Anteil Hecken, Gebüsch, Wald (1 km Radius Betrieb) hoch +6%
			20 - < 70 m +3%								Auf den Stock gesetzt +6%	Eine Seite Grünland (andere nicht Ackerland) +3%				
			>= 70 m +4%								Kombination +8%					

Abbildung 3: Literaturbasiertes Modell zur differenzierten Biotopwertbestimmung für Hecken (Flora)

Empirische Untersuchungen zur Validierung der Modelle

Auswahl der Untersuchungsflächen

Ziel der empirischen Untersuchungen zur Flora in 2014 war es, das Pflanzenartenspektrum jedes Ackers möglichst vollständig zu erfassen, um das Modell für den Biotoptyp Acker validieren zu können. Bei der Auswahl der Untersuchungsflächen wurden die im Modell enthaltenen Indikatoren berücksichtigt, um Auswertungen zu den Indikatoren und möglicherweise notwendige Anpassungen der Indikatoren vornehmen zu können. Des Weiteren wurde ein Untersuchungsdesign gewählt, welches Auswertungsmöglichkeiten hinsichtlich derzeit noch nicht einbezogener Faktoren ermöglicht.

Für die Felduntersuchungen der Flora auf Äckern wurden in einem ersten Schritt geeignete Untersuchungsflächen ausgewählt. Die Auswahl erfolgte unter Berücksichtigung der bereits im Modell enthaltenen Indikatoren. Es wurde daher in den einzelnen Untersuchungsgebieten ein weites Spektrum an Kulturarten ausgewählt mit, soweit möglich, 5 Schlägen pro Kultur. Über alle Untersuchungsgebiete wurde ein weites Spektrum an Bodenarten/-typen und Landschaftsheterogenität, sowie konventionell als auch biologisch bewirtschaftete Flächen ausgewählt. Es wurden insgesamt 90 Schläge mit 8 Kulturen untersucht (Tab. 3).

Tabelle 3: Auswahl der Untersuchungsflächen für die empirischen Untersuchungen der Flora

	Möhre	Mais	Winterweizen	Sommergerste	Hafer	Wintertriticale	Winterroggen	Kleegras/Ackergras/Luzerne	Summe Schläge	Fläche (ha)
Friedrichsgabekoog	5		3		1			5	14	86,6
Peetzig					5		5	5	15	213,8
Volkwardingen		5				2			7	77,3
Algermissen		5	3						8	22,4
Hameln	4		4			4		3	15	54,7
Ostheim					5	3		5	13	17,7
Megesheim			5	4		4		5	18	50,2

Die zu untersuchenden Raine und Hecken wurden durch eine Zufallsauswahl ermittelt. Eine geschichtete Zufallsauswahl war hier aufgrund der zahlreichen Indikatoren nicht möglich. Bei den Hecken wurde auf die Auswahl zurückgegriffen, die bereits in 2014 auf ihre Vogelartenvielfalt untersucht wurden. Diese wurden ggf. auf eine Stichprobe von 10 Hecken pro Untersuchungsgebiet erhöht. Für die Raine wurde eine Zufallsstichprobe von 10 Untersuchungsflächen für Fauna und Flora gezogen. Sie mussten eine Mindestbreite von 1 m aufweisen.

Arterfassung

Bei der Erfassung der Pflanzenarten wurden Pflanzenartenlisten erstellt. Hierfür wurde jeder Acker mit 2 m Abstand zum Rand rundum begangen und die Pflanzenarten auf dem Acker in einer maximalen Breite von 2 m erfasst. Die Kartierung erfolgte im April/Mai 2014, Juni/Juli 2014, sowie zusätzlich für die Kulturen Mais und Möhre im August 2014.

Die Raine und Hecken wurden zur Arterfassung umrundet und alle sichtbaren Pflanzenarten identifiziert. Bei den Hecken wurden nur Gehölze erfasst, da die Literaturrecherche sehr unterschiedliche Einflussfaktoren für hohe Artenzahlen von Gehölzen und von krautigen Pflanzen in Hecken zeigte (vgl. Deckers et al. 2004a). Neben einer Markierung als „vorhanden“ wurde eine Bestimmung der Häufigkeit anhand der Kategorien „wenige Exemplare“, „zahlreich“, „teilweise dominant“ und „großflächig dominant“ vorgenommen. Die Erfassung fand einmalig zwischen Mai und Juli 2015 statt.

Für die Auswertungen wurden die gefährdeten Arten anhand der Roten Liste der Pflanzen Deutschlands (Ludwig & Schnittler 1996) identifiziert. Als Arten der Ackerwildkrautflora (Ackerarten) wurden die Arten definiert, die ein Schwerpunkt-, Haupt- oder Nebenvorkommen in der Formation „6 Ackerunkraut- und kurzlebige Ruderalvegetation“ zeigen (Korneck & Sukopp 1988). Als typische Arten der Raine (Grünland- und Ruderalarten i.w.S.) wurden Arten der Formationen „7 Nitrophile Staudenvegetation“, „8 Kriechpflanzen- und Trittrasen“, „9 Halbruderale Queckenrasen“, „15 Feuchtwiesen“, „16 Frischwiesen und -weiden“, „17 Zwergstrauchheiden und Borstgrasrasen“, „18 Trocken- und Halbtrockenrasen“, sowie „19 Xerotherme Staudenvegetation“ definiert.

Indikatorenerfassung

Anhand der Modelle (Abb. 2 und Abb. 3, vgl. zusätzlich Bredemeier et al. 2015) wurden Erfassungstabellen der Indikatoren für die Feldarbeiten generiert. Für die untersuchten Raine, Hecken und Äcker wurden bei den Geländearbeiten 2015 die Indikatoren erhoben, die im Gelände erfasst werden konnten/müssen. Diese wurden in den folgenden Monaten digitalisiert und ausgewertet. Indikatoren aus digitalen Datengrundlagen und aus Befragungen der Landwirte wurden ebenfalls erhoben und ausgewertet. Diese Daten wurden zur weiteren Differenzierung der literaturbasierten Modelle genutzt.

Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

Es wurden sehr unterschiedliche Artenzahlen in den Biotoptypen Acker, Rain und Hecke in den sieben Untersuchungsgebieten festgestellt (Abb. 4). In Peetzig wurden mit 229 Arten auf 15 untersuchten Äckern und mit 198 Arten auf 10 untersuchten Rainen die meisten Arten festgestellt. In den Hecken in Friedrichsgabekoog (n= 10) wurden mit 47 Arten die meisten Gehölze erfasst. Die Unterschiede zwischen den untersuchten Betrieben treten dabei stärker bei den Äckern und Rainen auf und zeigen sich weniger bei den Hecken. Dieses Muster bestätigt sich auch bei den „typischen“ Arten, das heißt Ackerarten, Grünland- und Ruderalarten i.w.S. bzw. verholzende Arten (Abb. 5). Die meisten gefährdeten Arten auf den Äckern und in den Rainen wurden in Peetzig erhoben. In den Hecken wurde nur eine gefährdete Art (nur Gehölze betrachtet) im Untersuchungsgebiet Friedrichsgabekoog erfasst. Die anderen Gebiete wiesen keine gefährdeten Arten auf (Abb. 6).

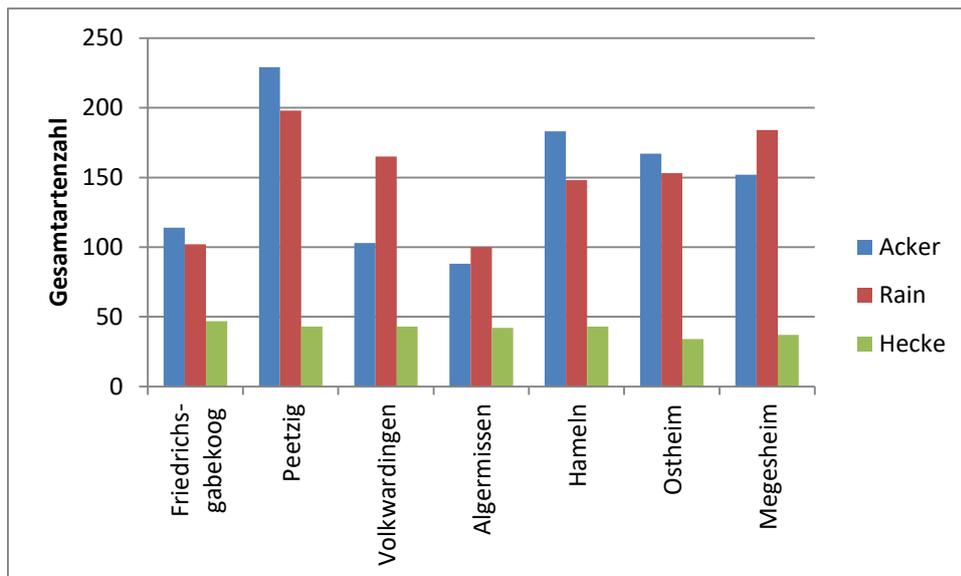


Abbildung 4: Summe der erfassten Arten in den untersuchten Äckern (Friedrichsgabekoog: n= 14; Peetzig: n= 15; Volkwardingen: n= 7; Algermissen: n= 8; Hameln: n= 15; Ostheim: n= 13; Megesheim: n= 18), Rainen (alle UGs: n= 10) und Hecken (alle UGs: n= 10; in der Gesamtartenzahl sind nur Gehölze berücksichtigt) je Untersuchungsgebiet

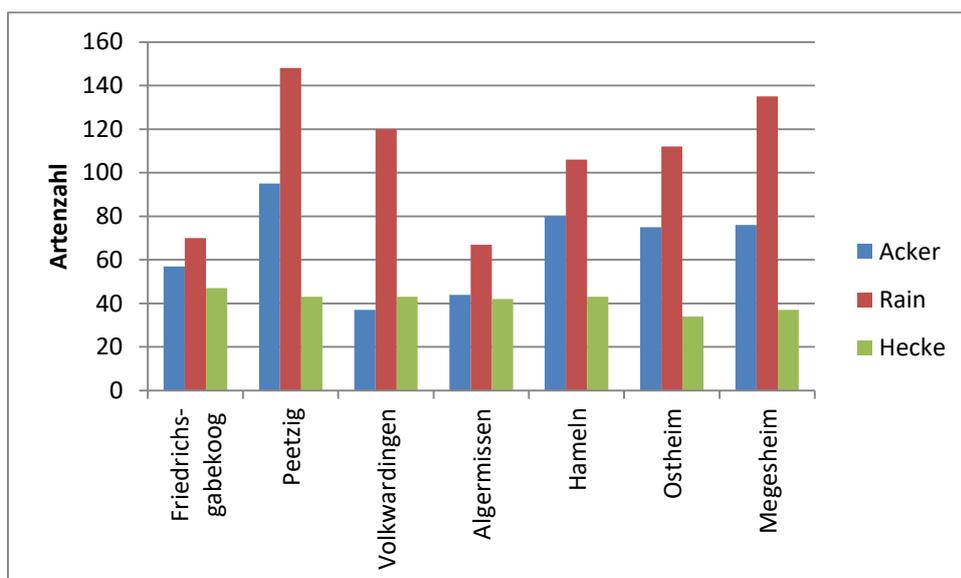


Abbildung 5: Summe der erfassten Ackerarten in den untersuchten Äckern (Friedrichsgabekoog: n= 14; Peetzig: n= 15; Volkwardingen: n= 7; Algermissen: n= 8; Hameln: n= 15; Ostheim: n= 13; Megesheim: n= 18), Grünland- und Ruderalarten i.w.S. in den Rainen (alle UGs: n= 10) und verholzenden Arten in den Hecken (alle UGs: n= 10; identisch mit der Summe der erfassten Arten) je Untersuchungsgebiet

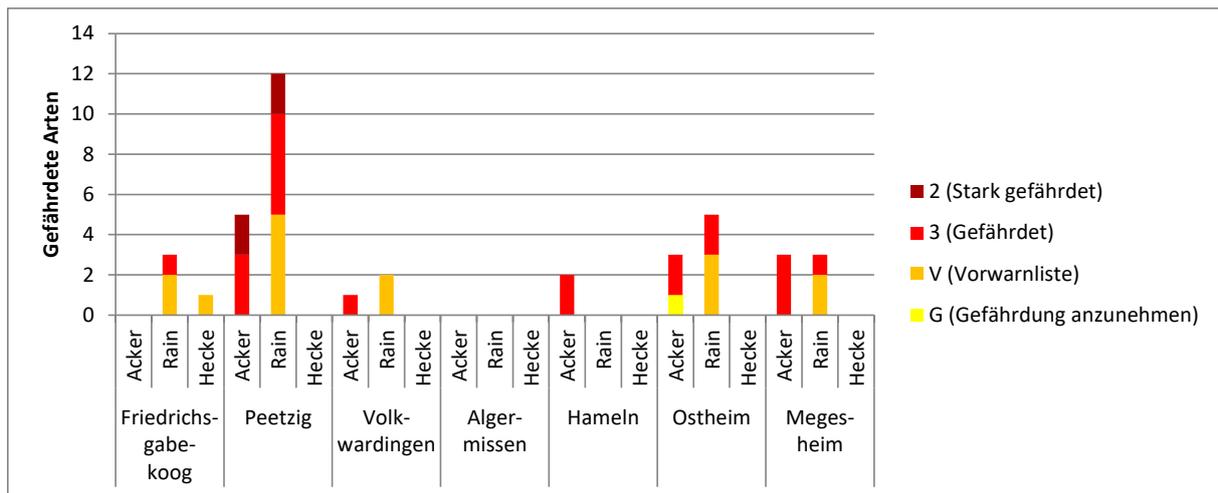


Abbildung 6: Summe der gefährdeten Arten nach Gefährdungskategorie je Untersuchungsgebiet (Anm.: Bei den Hecken bezieht sich der Gefährdungsstatus ausschließlich auf die Gehölze)

Eine Betrachtung der durchschnittlichen Anzahl an Ackerarten pro Untersuchungsgebiet zeigt, dass in Peetzig im Durchschnitt die meisten Ackerarten vorkamen (Abb. 7). Es folgen die weiteren biologisch wirtschaftenden Betriebe in Hameln, Megesheim, Ostheim und Friedrichsgabekoog. In Volkwardingen und Algermissen wurden hingegen mit durchschnittlich 17 bzw. 19 Arten vergleichsweise wenige Arten erhoben.

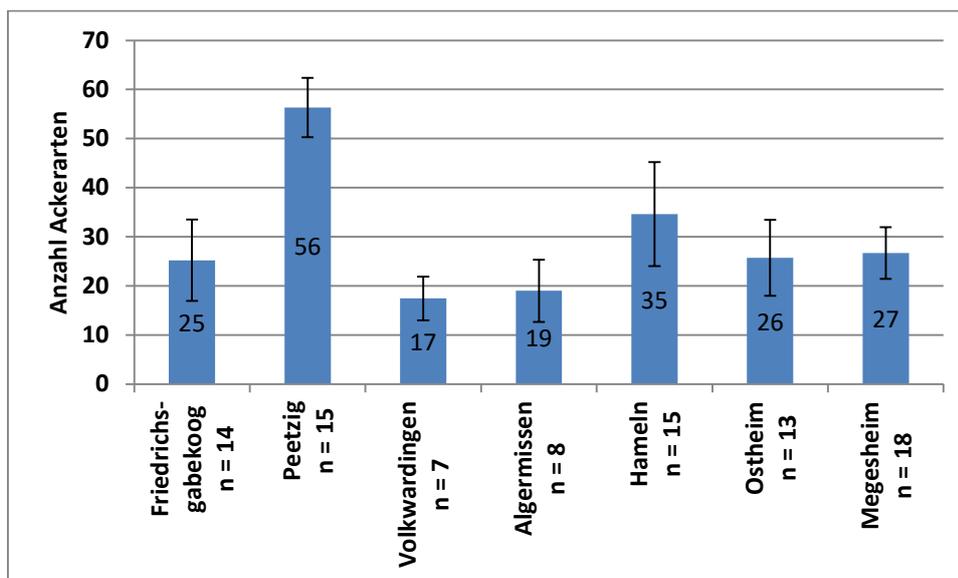


Abbildung 7: Durchschnittliche Anzahl an Ackerarten pro Schlag in den Untersuchungsgebieten mit Standardabweichung

Bei einer exemplarischen Auswertung hinsichtlich eines Zusammenhangs zwischen der Anzahl an Ackerarten und der Flächengröße des Schlags konnte nur ein schwacher Zusammenhang festgestellt werden (Abb. 8). Der Einfluss der Flächengröße des Schlags auf die Artenzahlen wurde im Verlauf des Projekts in Kombination mit anderen relevanten Indikatoren geprüft.

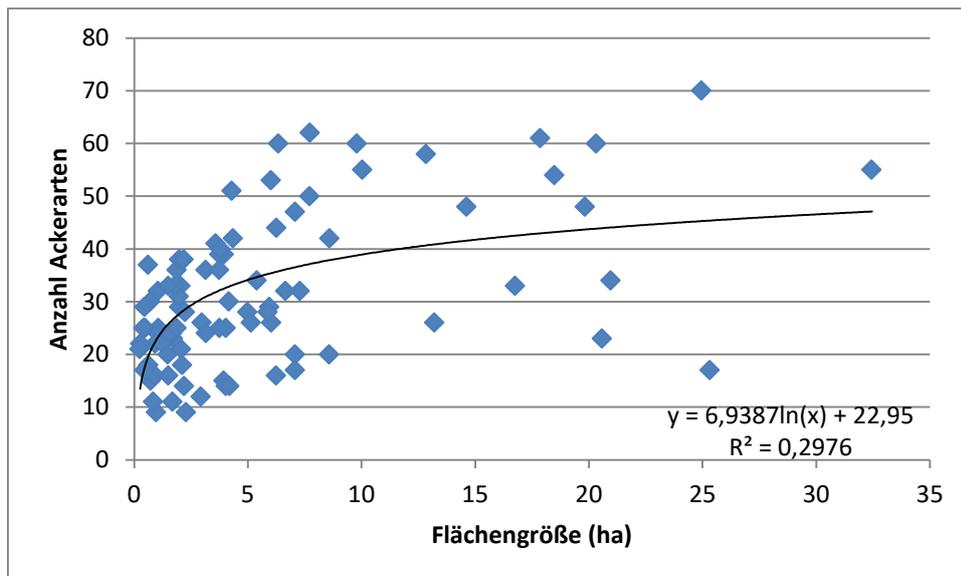


Abbildung 8: Anzahl an Ackerarten in den untersuchten Äckern (n= 90) in Abhängigkeit von der Flächengröße des Schlags

Ein positiver Zusammenhang zwischen Artenzahl der Raine und der Rainbreite wurde durch viele Quellen der Literaturrecherche belegt (z.B. Hovd & Skogen 2005; Ma et al. 2002; Schippers & Joenje 2002). Dieser wurde exemplarisch an der Anzahl an Grünland- und Ruderalarten in Abhängigkeit von der mittleren Breite der Raine überprüft (Abb. 9). Es zeigte sich ein nur schwacher Zusammenhang. Die Relevanz der einzelnen Faktoren wurde auch noch im Zusammenspiel mit anderen Indikatoren überprüft (s. Kapitel "Weiterentwicklung der literaturbasierten Modelle auf Basis der empirischen Untersuchungen").

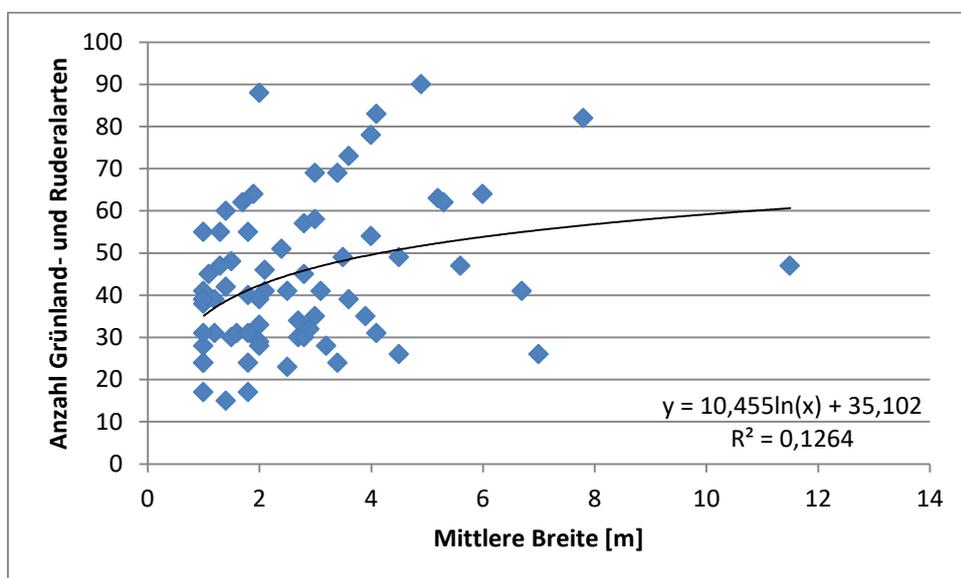


Abbildung 9: Anzahl der Grünland- und Ruderalarten i.w.S. in den untersuchten Rainen (n= 70) in Abhängigkeit von der mittleren Breite des Rains

Für die Gehölz-Artenzahlen in Hecken wurde ein positiver Zusammenhang zur Heckenbreite und zur Heckenlänge in der Literaturrecherche herausgearbeitet (z.B. Deckers et al. 2004a). Diese wurden anhand der Gesamtartenzahl an verholzenden Pflanzen überprüft (Abb. 10 und Abb. 11). Für die mittlere Heckenbreite zeigte sich ein nur geringer positiver Zusammenhang, während sich für die Heckenlänge ein positiver Zusammenhang zeigte.

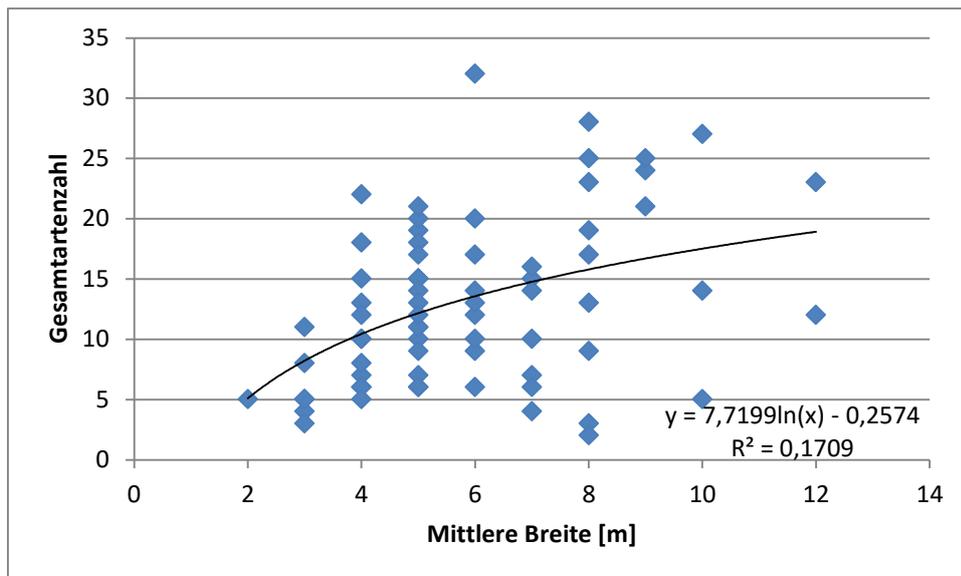


Abbildung 10: Anzahl der Gehölze in den untersuchten Hecken (n= 70) in Abhängigkeit von der mittleren Breite der Hecke

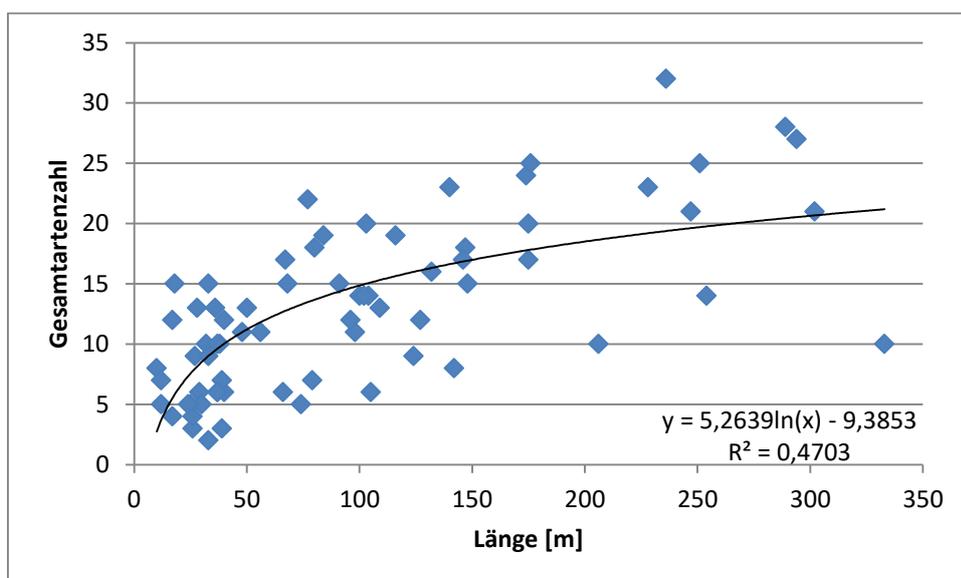


Abbildung 11: Anzahl der Gehölze in den untersuchten Hecken (n= 70) in Abhängigkeit von der Länge der Hecke

Weiterentwicklung der literaturbasierten Modelle auf Basis der empirischen Untersuchungen

Um die Güte der literaturbasierten Modelle für die Raine, Hecken und Äcker einschätzen zu können, wurden die Ergebnisse aus den Modellen mit den real erfassten Artenzahlen verglichen. Der Zusammenhang zwischen diesen Werten wurde anhand der Spearmans Rangkorrelation dargestellt. Des Weiteren wurden lineare Regressionsmodelle angepasst, um den Anteil erklärter Varianz in den Daten benennen zu können.

Für die Raine ist der Zusammenhang zwischen dem Modellergebnis und der kartierten Artenzahl in Abb. 12 dargestellt. Es liegt ein signifikanter Zusammenhang ($r_s = 0,568^{***}$) zwischen dem Ergebnis des literaturbasierten Modells für Raine und den erfassten

Artenzahlen vor. Durch die Regressionsgleichung werden 32% der Varianz in den erfassten Artenzahlen erklärt.

Auch für die Hecken wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Heckenmodells und den erfassten Artenzahlen bestätigt ($r_s = 0,466^{***}$). In der linearen Regression erklären die Ergebnisse des Heckenmodells 17% der Varianz in den erfassten Artenzahlen (vgl. Abb. 13).

Für die Äcker wurde der schwächste Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Ackermodells und den erfassten Artenzahlen mit $r_s = 0,312^{**}$ festgestellt. Der Zusammenhang ist in Abb. 14 dargestellt. Mit der Regressionsgeraden werden 11% der Varianz in den Daten erklärt.

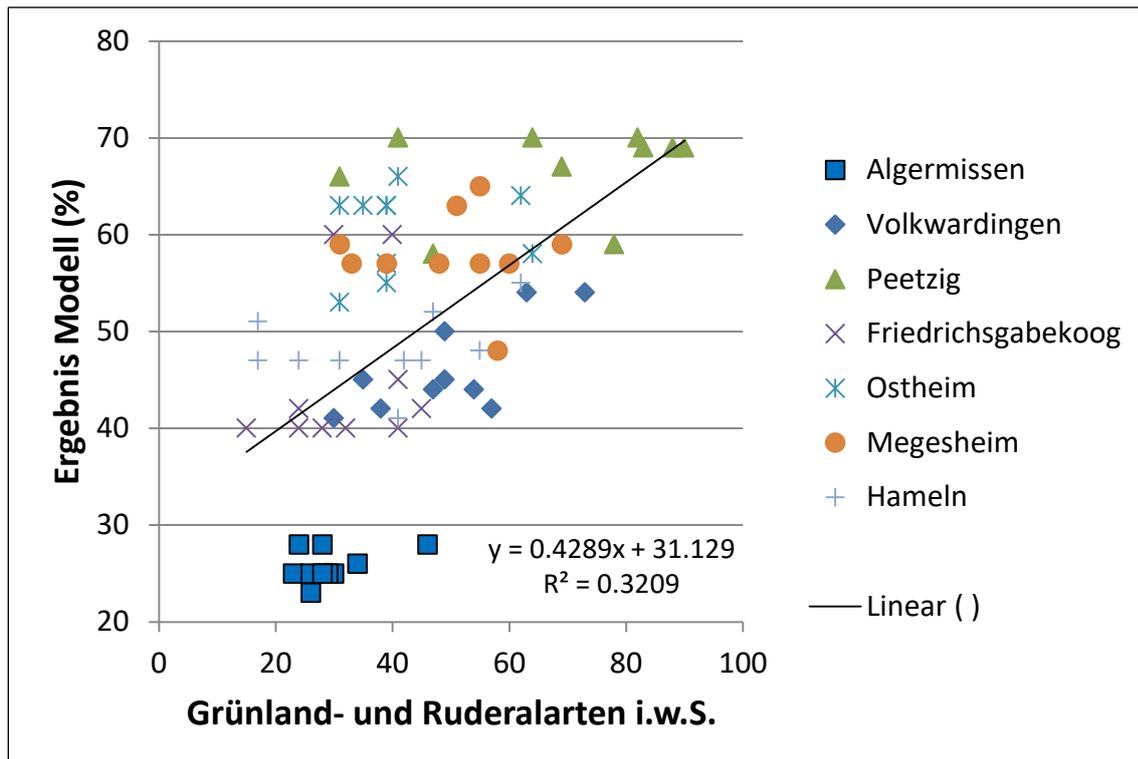


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des literaturbasierten Rainmodells und den erfassten Artenzahlen auf den Rainen. Dargestellt sind eine lineare Regressionsgerade, sowie eine Zuordnung der Werte zu den entsprechenden Betrieben.

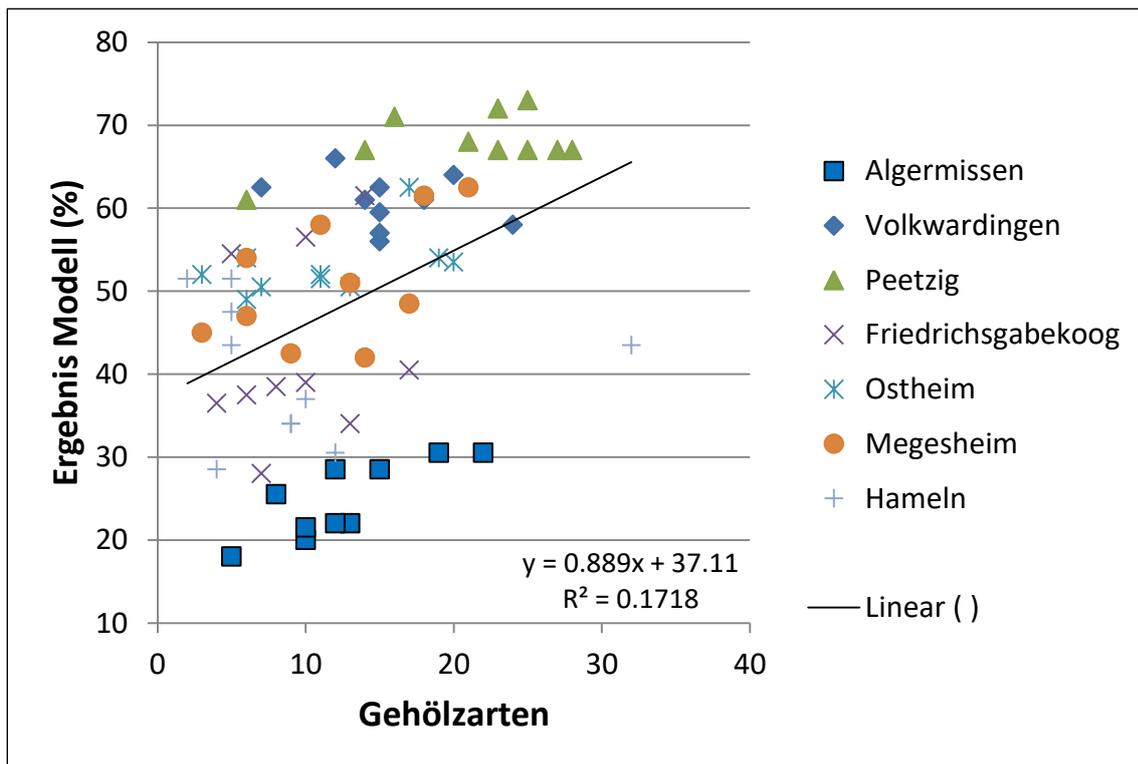


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des literaturbasierten Heckenmodells und den erfassten Artenzahlen in den Hecken. Dargestellt sind eine lineare Regressionsgerade, sowie eine Zuordnung der Werte zu den entsprechenden Betrieben.

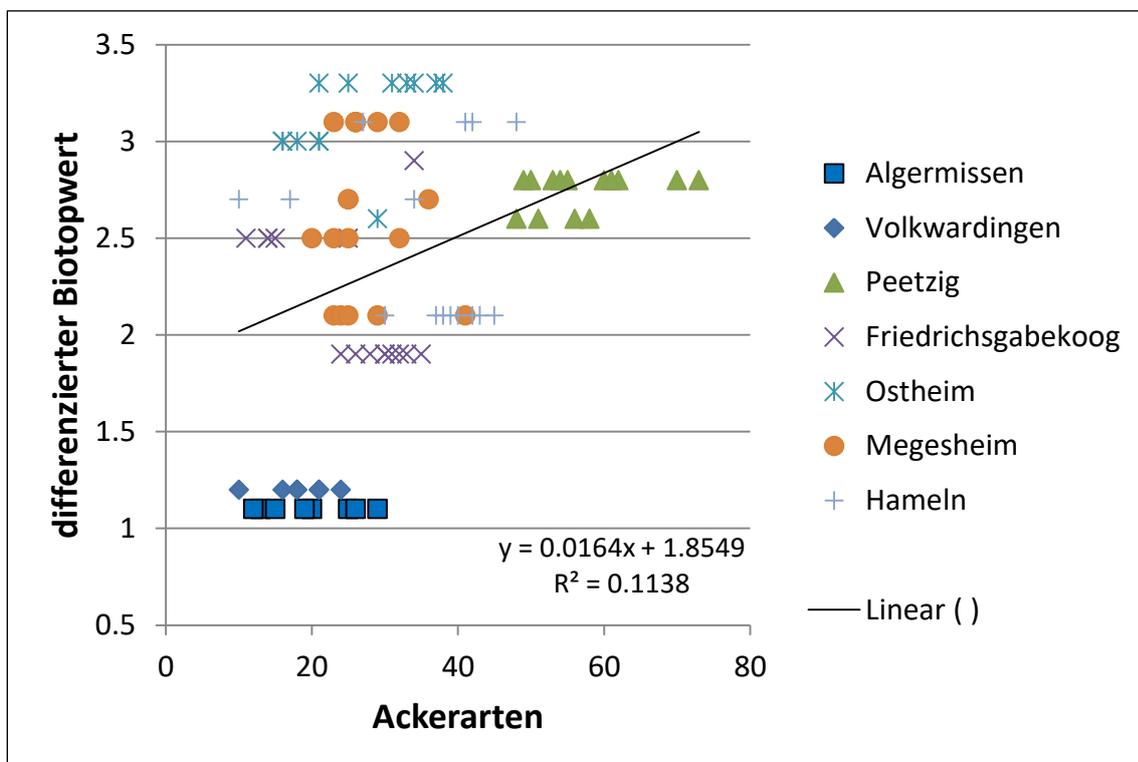


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des literaturbasierten Ackermodells und den erfassten Artenzahlen auf den Äckern. Dargestellt sind eine lineare Regressionsgerade, sowie eine Zuordnung der Werte zu den entsprechenden Betrieben.

Die erfassten Artenzahlen der Felderhebungen und die erfassten Indikatoren wurden in einem zusätzlichen Schritt mittels linearer Regressionsanalyse mit „forward stepwise selection“ ausgewertet. Dies geschah mit dem Ziel die Anzahl der relevanten Indikatoren zu verringern und bestenfalls die Aussagegüte der Modelle zu erhöhen.

Für die Raine wurde das ursprüngliche Modell mit 14 Indikatoren auf ein angepasstes Modell mit 6 Indikatoren (Länge, Breite, Vorhandensein Baum/Strauch, Nährstoffverfügbarkeit, ein hoher Anteil ähnlicher Habitats in der Umgebung, sowie eine geringe Heterogenität der Landschaft) minimiert. Zusätzlich wurde die Erklärungsgüte von $r^2 = 0,321$ auf $\text{adj. } r^2 = 0,686$ erhöht, was einem Erklärungswert von 68,6% entspricht. Der $\text{adj. } r^2$ Wert bezieht im Gegensatz zum r^2 die Anzahl an Erklärungsvariablen mit ein und ist daher für einen Vergleich des ursprünglichen literaturbasierten Modells und des angepassten Regressionsmodells unter Berücksichtigung der verwendeten Indikatoren sinnvoller.

Für die Hecken wurde ein angepasstes Modell mit nur 4 Indikatoren erstellt (vorher 17 Indikatoren), welches eine Erklärungsgüte von $\text{adj. } r^2 = 0,573$ (vorher $r^2 = 0,172$) besitzt. Bei den relevanten Indikatoren handelte es sich um die Länge, das Vorhandensein einer Baumschicht, offensichtlich gepflanzte Arten in der Hecke, sowie eine Kombination aus offensichtlich gepflanzten und spontan eingewanderten Arten in der Hecke.

Das angepasste Modell für die Äcker besitzt zwar nicht weniger Indikatoren als das ursprüngliche Literaturmodell (4 Indikatoren), allerdings erhöhte sich der Erklärungswert nennenswert von $r^2 = 0,114$ auf $\text{adj. } r^2 = 0,850$. Im Modell sind die folgenden Indikatoren einbezogen: Umfang des Ackers, Bewirtschaftungsart, Leguminosen oder Ackergras als aktuelle Kultur, Hafer als aktuelle Kultur, Mais oder Zuckerrübe als Vorfrucht, gleiche Kultur in zwei aufeinander folgenden Anbaujahren, feuchte Stellen auf dem Acker, Festmist, Anzahl an Arbeitsgängen, eggen, kulturartenspezifische Aussaatdichte, Düngemenge und die Diversität an Kulturarten in einem 1 km Radius um den Betrieb.

Methodik und Ergebnisse: Fauna

Literaturauswertung und Modellbildung

Für die Fauna wurden, methodisch angelehnt an die Arbeiten im Bereich Flora, literaturbasierte Indikatormodelle zur Prognose der Artenvielfalt für die Biotoptypen Acker, Hecke und Rain entwickelt, um so den Naturschutzwert dieser Strukturen für die Tierwelt differenziert bestimmen zu können. Für die Biotoptypen Acker und Hecke dienten dabei die Vögel als Referenzartengruppe, für den Biotoptyp Rain die Tagfalter. Ähnlich wie bei der Flora sollte der zu bewertende Biotoptyp aufgrund seiner Ausprägung mithilfe des Modells auf einen Maximalwert aufgewertet und diese Spanne als 100% dargestellt werden können.

Im Folgenden wird die Entwicklung des Modells für den Biotoptyp Rain genauer vorgestellt. In einer umfangreichen Literaturrecherche wurden insgesamt 36 Quellen identifiziert, die Aussagen über Einflussfaktoren auf das Vorkommen von Tagfaltern in Rainstrukturen oder in der Agrarlandschaft allgemein treffen. Die in den Studien beschriebenen Wirkmechanismen zwischen Umweltbedingungen und dem Vorkommen von Tagfaltern wurden zu gemeinsamen, übergeordneten Indikatoren zusammengefasst (Tab. 4). So wurden beispielsweise Unterschiede in „Zeitpunkt und Häufigkeit der Mahd“ sowie „teilweise Mahd“ und der „Abtransport des Mahdguts“ unter dem übergeordneten Indikator „Management / Pflege“ zusammengeführt. In einem weiteren Schritt wurden diese Indikatoren so angepasst, dass sie entsprechend dem Projektziel anhand von einfachen Geländearbeiten oder dem Landwirt/Berater bereits vorliegenden Daten aufgenommen werden können. Anschließend wurden die Indikatoren für das Modell kategorisiert (Abb. 15). Von den ausgewerteten 36 Quellen lieferten 13 Quellen quantifizierbare Aussagen über die Wirkung des Indikators auf die Artenzahl. Aus diesen Studien wurde die Gewichtung eines Indikators und seiner Ausprägungen innerhalb des Modells abgeleitet (Abb. 15).

Tabelle 4: Für das Vorkommen von Tagfalter in Rainen aus der Literatur abgeleitete relevante Indikatoren, die für die Erstellung des Rainmodells verwendet wurden

Indikator	Quellen
Breite	Clausen et al. 2001, Dover 1996, Field et al. 2006, Field et al. 2007, Kuusaari et al. 2004, Kuusaari et al. 2007, Munguira & Thomas 1992, Skórka et al. 2013, Sparks & Parish 1995
Strukturelle Ausstattung	Dover et al. 2000, Haaland & Gyllin 2010, Sparks & Parish 1995
Schutz vor Wind <i>Wird in die Punkte „Strukturelle Ausstattung“ und „Direkt angrenzende Landnutzung“ integriert, da z.B. angrenzende Hecken und Wald Windschutz bieten</i>	Dover 1996, Dover et al. 1997, Kuusaari et al. 2004, Pywell et al. 2004
Management / Pflege	Feber et al. 1996, Noordijk et al. 2009, Smith et al. 1993 zit. in Field et al. 2005, Valtonen et al. 2006
Artenreichtum Flora / Verfügbarkeit von Nektarquellen	Clausen et al. 2001, Dover 1996, Ekroos et al 2008, Feber et al. 1996, Gottwald 2010 in Stein-Bachinger et al. 2010, Haaland & Gyllin 2010, Hanssen 2001, Kuusaari et al. 2004, Kuusaari et al. 2007, Meek et al. 2002, Skórka et al. 2013, Sparks & Parish 1995

Indikator	Quellen
Bewirtschaftungsart angrenzender Felder / Pestizideinsatz	Belfrage et al. 2005, Ekroos et al. 2008, Feber et al. 1996, Feber et al. 1997, Gabriel et al. 2010, Hanssen 2001, Hodgson et al. 2010, Jonason et al. 2011, Rands & Sotherton 1986, Rundlöf & Smith 2006, Rundlöf et al. 2008, de Snoo 1999, de Snoo et al. 1998, Sparks & Parish 1995, Taylor & Morecroft 2009, Weibull et al. 2000, Weibull et al. 2003
Direkt angrenzende Landnutzungen / Strukturen	Dover 1996, Kuussaari et al. 2004, Kuussaari et al. 2007, Saarinen et al. 2005, Skórka et al. 2013
Heterogenität der umgebenden Landschaft	Kretschmer et al. 1995, Jonason et al. 2011, Rundlöf & Smith 2006, Weibull et al. 2000, Weibull et al. 2003
Bewirtschaftungsart in der umgebenden Landschaft	Gabriel et al. 2010, Rundlöf et al. 2008

Nach derselben Vorgehensweise wurden die literaturbasierten Indikatormodelle zur Prognose der Vogelartenvielfalt für die Biotoptypen Acker und Hecke erstellt. Die hierfür verwendeten Literaturquellen sind in Tabelle 5 und 6 aufgeführt. Die Abbildungen 15-18 zeigen die entwickelten Modellschemata.

Tabelle 5: Für das Vorkommen von Vögeln in Hecken aus der Literatur abgeleitete relevante Indikatoren, die für die Erstellung des Heckenmodells verwendet

Indikator	Quellen
Länge	Barkow 2001; Batáry et al. 2010; Chamberlain & Wilson 2000; Heusinger in Zwölfer et al. 1984; Voightländer et al. 2001
Breite	Barkow 2001; Chamberlain & Wilson 2000; Hinsley et al. 1999 in Hinsley & Bellamy 2000; Sparks et al. 1996; Voightländer et al. 2001
Höhe	Chamberlain & Wilson 2000; Green et al. 1994; Hinsley et al. 1999 in Hinsley & Bellamy 2000; Macdonald & Johnson 1995; Sparks et al. 1996; Parish et al. 1994
Volumen <i>Wird in die Punkte "Länge", "Breite" und "Höhe" integriert</i>	Hinsley & Bellamy 2000; Sparks et al. 1996; Osborne 1984; Parish et al. 1994; Walker et al. 2005
Alterszusammensetzung / Pflageurnus	Barkow 2001; Schröder 1988; Zwölfer et al. 1984
Anzahl Gehölzarten	Hinsley & Bellamy 2000; Macdonald & Johnson 1995; Osborne 1984
Hauptstraucharten / Dornsträucher	Schröder 1988, Walker et al. 2005; Zwölfer et al. 1984
Bäume / Höhlen / Totholz	Green et al. 1994; Hinsley & Bellamy 2000; Macdonald & Johnson 1995; O'Connor 1984, Osborne 1984, Parish et al. 1994, Sparks et al. 1996
Breite des Krautsaums	Parish et al 1994
Anordnung nächste Hecke	Walker et al. 2005
Heckendichte in Umgebung	Fuller et al. 2001; O'Connor 1984; Zwölfer et al. 1984
Angrenzende Landnutzung	Barkow 2001; Fuller et al. 2001; Macdonald & Johnson 1995; Parish et al. 1994; Walker et al. 2005; Zwölfer et al. 1984

Indikator	Quellen
Bewirtschaftungsart angrenzender Felder	Batáry et al. 2010; Belfrage et al. 2005; Chamberlain et al. 1999; Christensen et al. 1996; Fischer et al. 2011; Smith et al. 2010
Heterogenität der umgebenden Landschaft	Balent & Courtiade 1992; Batáry et al. 2010; Billeter et al. 2008; Kretschmer et al. 1995

Tabelle 6: Für das Vorkommen von Vögeln auf Äckern aus der Literatur abgeleitete relevante Indikatoren, die für die Erstellung des Ackermodells verwendet wurden

Indikator	Quellen
Bewirtschaftungsart	Batáry et al. 2010, Belfrage et al. 2005, Christensen et al. 1996, Fischer et al. 2011, Geiger et al. 2010, Meinert & Rahmann 2009, Smith et al. 2010
Fruchtart	Eggers et al. 2011, Fuchs & Stein-Bachinger 2008, Fuchs in Stein-Bachinger et al. 2010, Henderson et al. 2009, Hoffmann et al. 2012, Voigtländer et al. 2001
Fruchtfolge	(Belfrage et al. 2005)
Bestandsdichte	Fuchs & Stein-Bachinger 2008, Geiger et al. 2010, Hoffmann et al. 2012
Weitere AUMs auf Fläche	Bernhausen et al. 2011, Bright et al. 2008
Landschaftselemente auf Acker	Eggers et al. 2011
Angrenzende Strukturen	Arnold 1983, Batáry et al. 2010, Herzon & O'Hara 2007
Heterogenität der umgebenden Landschaft	Batáry et al. 2010, Billeter et al. 2008, Eggers et al. 2011, Fischer et al. 2011, Fuller et al. 2001, Herzon & O'Hara 2007, Hoffmann et al. 2012, Kretschmer et al. 1995, Marshall et al. 2006, Wretenberg et al. 2010

Rainbezogene Indikatoren				Umgebungsbezogene Indikatoren			
Breite <i>Aufwertung max. 10 %</i>	Strukturelle Ausstattung <i>Aufwertung max. 20%</i>	Management / Pflege <i>Aufwertung max. 5 %</i>	Artenreichtum Flora / Nektarquellen <i>Aufwertung max. 20 %</i>	Bewirtschaftungsart angrenzender Felder <i>Aufwertung max. 15 %</i>	Direkt angrenzende Landnutzungen <i>Aufwertung max. 10 %</i>	Heterogenität der umgebenden Landschaft <i>Aufwertung max. 15 %</i>	Bewirtschaftungsart in der umgebenden Landschaft <i>Aufwertung max. 5 %</i>
1-3m + 0%	ohne Büsche / Hecken + 0%	Mahd im Sommer (Juni/Juli) + 0%	Kräuteranteil 0-25% + 0%	Nur konventionell + 0%	Acker, Intensivgrünland, Weg, Straße, Gebäude: + 0%	Anteil naturnaher Biotope (1km-Radius Betrieb) niedrig + 0%	Anteil Ökolandbau im Landkreis niedrig + 0%
>3-6m + 5%	mit einzelnen Büschen/Heckenfragmenten + 5%	Mahd zu anderem Zeitpunkt oder gar nicht + 2,5%	Kräuteranteil 75-100% + 10%	Eine Seite ökologisch, eine konventionell + 5%	Garten + 5%	Anteil naturnaher Biotope (1km-Radius Betrieb) mittel + 7,5%	Anteil Ökolandbau im Landkreis mittel + 2,5%
>6m + 10%	mit Hecke / Gebüschstreifen + 12,5%	<u>Zusatz:</u> Teilweise Mahd + 1,25%	Kräuteranteil 25-50% + 15%	Nur ökologisch + 15%	Naturnahe Biotope (Gehölze, Gewässer, Extensivgrünland etc.): + 10%	Anteil naturnaher Biotope (1km-Radius Betrieb) hoch + 15%	Anteil Ökolandbau im Landkreis hoch + 5%
	<u>Zusatz:</u> Hecke / Gebüschstreifen gegenüber + 7,5%	<u>Zusatz:</u> Entfernung Mahdgut + 1,25%	Kräuteranteil 50-75% + 20%	<u>Zusatz bei konv.:</u> Randstreifen (Teil) + 5 %			
				<u>Zusatz bei konv.:</u> Randstreifen (Ganz) +10%			

Abbildung 15: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Rainen für Tagfalter

Heckenbezogene Indikatoren

Länge <i>Aufwertung max. 12 %</i>	Breite Ø <i>Aufwertung max. 12 %</i>	Höhe Ø <i>Aufwertung max. 12 %</i>	Alterszusam- mensetzung (Pflegeturnus) <i>Aufwertung max. 3 %</i>	Anzahl Gehölzarten <i>Aufwertung max. 8 %</i>	Hauptstrauch- arten/ Dornsträucher <i>Aufwertung max. 3 %</i>	Bäume <i>Aufwertung max. 8 %</i>
< 50m + 0%	< 3m + 0%	< 2m + 0%	Pflegeturnus < 6 Jahre + 0%	1-3 Arten + 0%	Hecke ohne Dornsträucher + 0%	keine Überhälter / Baumschicht + 0%
50-150m + 6%	3-6m + 6%	> 4m + 6%	Pflegeturnus > 20 Jahre + 0%	4-9 Arten + 4%	Hecke mit Dornsträuchern + 2%	Überhälter / Baumschicht + 4%
> 150m + 12%	> 6m + 12%	2-4m + 12%	Pflegeturnus 6-20 Jahre + 1,5%	≥ 10 Arten + 8%	<u>Zusatz:</u> Schlehe / Weißdorn dominant Ja: + 1%	<u>Zusatz:</u> Alte Bäume mit Höhlen / Totholz Ja: + 4%
			<u>Zusatz:</u> abschnittsweise Pflege Ja: + 1,5%			

Abbildung 16: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Hecken für Vögel (Teil 1)

Umgebungsbezogene Indikatoren

Breite des Krautsaums (für jede Seite) Aufwertung max. 3 %	Anordnung nächste Hecke Aufwertung max. 12 %	Heckendichte in Umgebung Aufwertung max. 8 %	Angrenzende Landnutzung (für jede Seite) Aufwertung max. 8 %	Bewirt- schaftsart angrenzender Felder Aufwertung max. 8 %	Heterogenität der umgebenden Landschaft Aufwertung max. 3 %
< 1m + 0%	Nicht parallel + 0%	Heckendichte (1km-Radius) niedrig + 0%	an Acker/ Intensivgrünland / Straße / naturferne Habitate angrenzend + 0%	Nur konventionell + 0%	Anteil naturnaher Biotope (1km- Radius) niedrig + 0%
1-2m + 0,75%	Parallel, aber nicht benachbart + 0%	Heckendichte (1km-Radius) mittel + 4%	an Extensiv- grünland / Weide / Garten / naturnahe Habitate angrenzend + 4%	Eine Seite ökologisch, eine konventionell + 4%	Anteil naturnaher Biotope (1km- Radius) mittel + 1,5%
> 2m (incl. evtl. angrenzendem Graben + 1,5 %	Parallel und benachbart (z.B. andere Weg- / Grabenseite): + 12%	Heckendichte (1km-Radius) hoch + 8%		Nur ökologisch + 8%	Anteil naturnaher Biotope (1km- Radius) hoch + 3%

Abbildung 17: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Hecken für Vögel (Teil 2)

Acker- und Umgebungsbezogene Indikatoren

Bewirtschaftungsart <i>Aufwertung max. 17%</i>	Fruchtart <i>Aufwertung max. 17%</i>	Fruchtfolge <i>Aufwertung max. 5%</i>	Bestandsdichte <i>Aufwertung max. 17%</i>	Weitere noch nicht gewertete AUMs auf Fläche <small>(neben ÖL, vielfältiger Fruchtfolge, Lerchenfenster)</small> <i>Aufwertung max. 5%</i>	Landschaftselemente auf Acker <i>Aufwertung max. 5%</i>	Angrenzende Strukturen <i>Aufwertung max. 17%</i>	Heterogenität der umgebenden Landschaft <i>Aufwertung max. 17%</i>
Konventionell + 0%	Mais, Raps, Wintergetreide + 0%	Fruchtfolge ≤ 5 Glieder + 0%	Durchschnittliche Reihenabstände / Saaddichten UND durchschnittliche Bestandsentwicklung (entsprechend Anbauweise) + 0%	Keine weiteren AUMs + 0%	Keine vorhanden + 0%	Keine Gehölze, Gewässer angrenzend + 0%	Anteil naturnaher Biotop (1km-Radius) niedrig + 0%
Ökologisch + 17%	Zuckerrübe, Kartoffel, Sonderkulturen + 5%	Fruchtfolge > 5 Glieder + 5%	Weite Reihenabstände / geringe Saaddichte (auf Teilflächen) + 6%	Weitere AUMs (z.B. Blühstreifen) + 5%	Punktuell vorhanden (z.B. Einzelbaum) + 2,5%	Gehölze / Gewässer angrenzend + 8,5%	Anteil naturnaher Biotop (1km-Radius) mittel + 8,5%
	Körnerleguminosen, Klee- / Luzernegras + 8,5%		Weite Reihenabstände / geringe Saaddichte (auf gesamter Fläche) UND/ODER insgesamt unterdurchschnittliche Bestandsentwicklung (z.T. Kümmerwuchs) + 12%		Flächig vorhanden (z.B. Soll, Gehölzinsel) + 5%	Zu mehreren Seiten Gehölzstrukturen oder Gewässer angrenzend + 17%	Anteil naturnaher Biotop (1km-Radius) hoch + 17%
	Sommergetreide, Getreide-Körnerleguminosen-Gemenge + 17%		Zusatz: Bestandslücken durch Störstellen (zu nass, zu trocken) oder AUMs (z.B. Lerchenfenster) + 5%				

Abbildung 18: Literaturbasiertes Modellschema zur Bewertung von Äckern für Vögel

Empirische Untersuchungen zur Validierung der Modelle

Um die Aussagekraft und Genauigkeit der Modelle zu überprüfen wurden in 2014 und 2015 faunistische Felduntersuchungen auf den sieben Untersuchungsbetrieben durchgeführt. Mithilfe der Daten aus diesen Untersuchungen sollte einerseits die Eignung der in der Literaturstudie identifizierten relevanten Indikatoren und andererseits deren Gewichtung im Hinblick auf die Artenzahl überprüft und ggf. korrigiert werden.

Vögel

Die Erfassung der Avifauna zur Validierung der Modelle „Acker“ und „Hecke“ fand zwischen März und Juli 2014 statt. Die gewählte Methodik orientierte sich dabei an Südbeck et al. (2005). Ziel der Untersuchungen war es, alle Arten, die die Äcker oder Hecken der Betriebe als Brut- oder Gastvogel nutzen, zu erfassen. Die Untersuchungsflächen wurden über eine Zufallsstichprobe gezogen. So sollte ein breites Spektrum an Validierungsdaten für die Modelle sichergestellt werden. Auf jedem der sieben Betriebe wurden 10-11 Ackerschläge und 6-10 Hecken bzw. lineare Gehölzstrukturen zufällig ausgewählt und fünfmal im Abstand von ca. drei Wochen begangen. Die Begehungen fanden frühmorgens ab kurz vor Sonnenaufgang statt. Die untersuchten Strukturen wurden dabei flächendeckend abgegangen (innerhalb von Ackerschlägen in Transekten mit ca. 100m Abstand), um ein Einsehen und –hören der gesamten Fläche zu ermöglichen. Für jede Struktur wurde pro Begehung eine Artenliste erstellt, in der alle angetroffenen Arten erfasst wurden. Dabei wurde zwischen Arten unterschieden, die revieranzeigendes Verhalten zeigten (z.B. singende Männchen, Futter tragende Altvögel) und solchen, die die Strukturen lediglich zur Nahrungssuche oder Rast aufsuchten. Anschließend an die Kartierungen wurde für jede Struktur eine Gesamtartenliste erstellt.

Tagfalter

Die Erfassung der Tagfalter zur Validierung des Modells „Rain“ fand zwischen Juni und August 2015 statt. Die gewählte Methodik orientiert sich an der Linientranssektmethode von Pollard & Yates (1993) und den Vorgaben zum Tagfalter-Monitoring Deutschland (Kühn et al. 2014). Auf jedem der sieben Betriebe wurden zehn an die Ackerfläche angrenzende Raine zufällig ausgewählt, die eine Mindestlänge von 50 m und eine Mindestbreite von 1 m aufweisen mussten.



Abbildung 19: Tagfaltererfassung auf Rainen in Ostheim v.d. Rhön

Diese Transekte wurden bei geeignetem Wetter (Lufttemperatur min. 13°C bei sonnigen Bedingungen und min. 17°C bei stärkerer Bewölkung; Windstärke max. 4) zwischen 10 und 17 Uhr langsamen Schrittes abgegangen. Dabei wurden alle Arten und Individuen notiert. Jedes Transekt wurde innerhalb des Erfassungszeitraums sechsmal beprobt. Anschließend an die Kartierungen wurde für jeden Rain eine Gesamtartenliste erstellt.



Abbildung 20: Wiesenschafstelze in Volkwardingen



Abbildung 21: Brauner Feuerfalter in Peetzig

Ergebnisse der empirischen Untersuchungen

Vögel

Es wurden insgesamt 88-92 Vogelarten festgestellt (Tab 7). Die Spanne umfasst 88 Arten mit gesicherter und weitere vier Arten mit nicht gesicherter Feststellung. Insgesamt wurden 31 typische Feldvögel nach Hötter (2004) erfasst, von denen 13 Arten nach Roter Liste Deutschland (incl. Vorwarnliste) gefährdet sind (Südbeck et al. 2007): In allen sieben Gebieten gab es Sichtungen von Feldlerche (gefährdet), Rauchschwalbe (Vorwarnliste) und Feldsperling (Vorwarnliste). In einigen Gebieten wurden zudem Wiesenweihe, Rebhuhn und Kiebitz (jeweils stark gefährdet), Braunkehlchen und Grauammer (jeweils gefährdet) sowie Rotschenkel, Wiesenpieper, Haussperling und Bluthänfling (jeweils Vorwarnliste) festgestellt. In Friedrichsgabekoog wurde darüber hinaus die vom Aussterben bedrohte Bekassine gesichtet.

Es wurden 73 Ackerschläge untersucht, auf denen insgesamt 64-65 Arten festgestellt wurden. Die Spanne umfasst 64 Arten mit gesicherter und eine weitere Art mit nicht gesicherter Feststellung. Davon zeigten 12 Arten revieranzeigendes Verhalten. Weitere 52-53 Arten traten lediglich als Rast- bzw. Nahrungsgäste auf. Der am häufigsten festgestellte Vogel mit revieranzeigendem Verhalten war die Feldlerche, gefolgt von der Wiesenschafstelze. Weitere auf den Schlägen festgestellte Arten mit revieranzeigendem Verhalten waren Grauammer, Austernfischer, Kiebitz, Heidelerche, Wachtel, Braunkehlchen, Dorngrasmücke, Jagdfasan, Sumpfrohrsänger und Haubenlerche. Die häufigsten auf den Flächen erfassten Nahrungsgäste waren Rauchschwalbe, Bachstelze und Rabenkrähe. Die durchschnittliche Artenzahl pro Schlag lag bei ca. 8 Arten. Es wurden insgesamt zwischen 0 und 27 Arten auf einem Schlag festgestellt.

Weiterhin wurden 59 Hecken und lineare Gehölzstrukturen untersucht, auf denen insgesamt 59-61 Arten festgestellt wurden. Die Spanne umfasst 59 Arten mit gesicherter und weitere zwei Arten mit nicht gesicherter Feststellung. Davon zeigten 31-32 Arten revieranzeigendes Verhalten. Weitere 28-29 Arten traten lediglich als Rast- oder Nahrungsgäste auf. Die häufigste festgestellte Art mit revieranzeigendem Verhalten in den Gehölzstrukturen war die Dorngrasmücke, gefolgt von Goldammer und Amsel. Die durchschnittliche Artenzahl pro Gehölzstruktur lag bei knapp 9 Arten, wovon durchschnittlich knapp 5 Arten revieranzeigendes Verhalten zeigten. Es wurden insgesamt zwischen 0 und 24 Arten in einer einzelnen Gehölzstruktur festgestellt, wovon zwischen 0 und 17 Arten revieranzeigendes Verhalten zeigten.

Tagfalter

Auf den insgesamt 70 untersuchten Rainen wurden insgesamt 34 Arten festgestellt (Tab. 8). Die insgesamt individuenstärksten Arten waren der Schornsteinfeger (*Aphantopus hyperantus*), gefolgt vom Kleinen Kohlweißling/Grünaderweißling (*Pieris rapae / napi*) und dem Großen Ochsenauge (*Maniola jurtina*). Sechs der 34 Arten konnten in allen sieben Untersuchungsgebieten festgestellt werden. Neben dem Großen Kohlweißling (*Pieris brassicae*), dem Kleinen Kohlweißling und dem Grünaderweißling waren dies Kleiner Fuchs (*Aglais urticae*) und Ochsenauge. Gefährdete Arten wurden nur in den Untersuchungsgebieten Ostheim und Peetzig festgestellt. In Peetzig wurde das auf der Vorwarnliste stehende Rotbraune Wiesenvögelchen (*Coenonympha glycerion*) erfasst. In Ostheim wurden zwei Arten der Vorwarnliste, Kurzschwänziger Bläuling (*Cupido argiades*) und Rundaugen-Mohrenfalter (*Erebia medusa*), sowie eine gefährdete Art, Zahnflügel-Bläuling (*Polyommatus daphnis*), festgestellt. In unmittelbarer Nähe der Transekte in Ostheim gab es zudem Zufallsfunde der auf der Vorwarnliste stehenden Art Großer Perlmutterfalter (*Argynnis aglaja*) und der gefährdeten Art Wegerich-Schneckenfalter (*Melitaea cinxia*). Insgesamt wurden 0-14 Arten pro Rain festgestellt, der Durchschnitt lag bei etwa 6 Arten.

Gesamt

Insgesamt zeigen sich bei Tagfaltern und Vögeln in den einzelnen Gebieten deutliche Unterschiede zwischen den erfassten Gesamtartenzahlen (s. Abb. 19). In statistischen Analysen wurden die entscheidenden Einflussfaktoren dafür ermittelt.

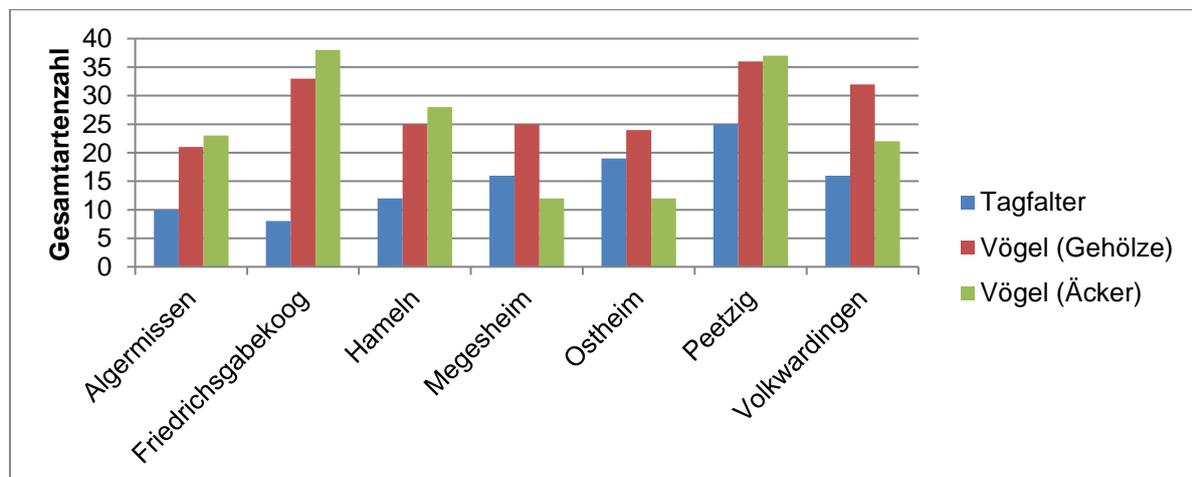


Abbildung 22: Gesamtartenzahl der in den UGs erfassten Arten im Vergleich

Tabelle 7: In den Untersuchungsgebieten festgestellte Vogelarten

		Hamel	Algermissen	Volkwardingen	Ostheim	Friedrichsgabekoog	Peetzig	Megesheim
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	x						
Graugans	<i>Anser anser</i>					x		
Nilgans	<i>Alopochen aegyptiaca</i>	x				x		
Brandgans	<i>Tadorna tadorna</i>					x		
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>					x		
Schwarzmilan	<i>Milvus migrans</i>	x					x	
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>	x	x		x		x	
Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>	x	x			x	x	
Wiesenweihe	<i>Circus pygargus</i>						x	
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>	x	x	x	x	x	?	x
Fischadler	<i>Pandion haliaetus</i>						x	
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	x	x	x	x		x	x
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>		?	x	x	?		
Wachtel	<i>Coturnix coturnix</i>				?	x	x	x
Jagdfasan	<i>Phasianus colchicus</i>					x	x	
Kranich	<i>Grus grus</i>						x	
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>					x		
Säbelschnäbler	<i>Recurvirostra avosetta</i>					x		
Goldregenpfeifer	<i>Pluvialis apricaria</i>					x		
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>		x			x	x	
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>					x		
Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>					x		
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	x				x		
Heringsmöwe	<i>Larus fuscus</i>					x		
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>					x		
Straßentaube	<i>Columba livia f. domestica</i>	x				x		
Hohltaube	<i>Columba oenas</i>						x	
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	x	x	x	x	x	x	x
Kuckuck	<i>Cuculus canorus</i>			x				
Mauersegler	<i>Apus apus</i>		x					
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>	x	x	x				x
Haubenlerche	<i>Galerida cristata</i>						?	
Heidelerche	<i>Lullula arborea</i>			x			x	
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	x	x	x	x	x	x	x
Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>	x	x	x	x	x	x	x
Mehlschwalbe	<i>Delichon urbicum</i>	x		x	x	x	x	
Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>				x			
Wiesenpieper	<i>Anthus pratensis</i>		x			x		
Wiesenschafstelze	<i>Motacilla flava</i>	x	x	x		x	x	x
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	x	x	x	x	x	x	x
Heckenbraunelle	<i>Prunella modularis</i>	x	x	x	x	x		
Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>	x	x	x	x	x	x	x
Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>						?	
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>					?		
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>		x	x		x	?	x
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>		x	x			x	x
Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>					x	x	

Tabelle 7: In den Untersuchungsgebieten festgestellte Vogelarten (*Fortsetzung*)

		Hameln	Algermissen	Volkwardingen	Ostheim	Friedrichsgabekoog	Peetzig	Megesheim
Ringdrossel	<i>Turdus torquatus</i>						?	
Amsel	<i>Turdus merula</i>	x	x	x	x	x	x	x
Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>	x	x	x				
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>		x	x	x	x	x	
Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>		x					
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	x	x	x	x	x		
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>							x
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>		x	x		x	x	
Sperbergrasmücke	<i>Sylvia nisoria</i>						x	
Klappergrasmücke	<i>Sylvia curruca</i>			x	x	x	x	x
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>	x	x	x	x	x	x	x
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	x		x	x		?	x
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>	x	x	x	x	x	x	x
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	x	x	x	x	x	x	x
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>					x	x	
Wintergoldhähnchen	<i>Regulus regulus</i>			x				
Grauschnäpper	<i>Muscicapa striata</i>					x		
Trauerschnäpper	<i>Ficedula hypoleuca</i>					x		
Schwanzmeise	<i>Aegithalos caudatus</i>						x	
Sumpfmeise	<i>Parus palustris</i>							x
Haubenmeise	<i>Parus cristatus</i>							x
Blaumeise	<i>Parus caeruleus</i>	x	x	x	x	x		x
Kohlmeise	<i>Parus major</i>	x	x	x	x	x	x	x
Kleiber	<i>Sitta europaea</i>					x		
Gartenbaumläufer	<i>Certhia brachydactyla</i>	x		x		x		
Pirol	<i>Oriolus oriolus</i>						x	
Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>				x		x	x
Raubwürger	<i>Lanius excubitor</i>			x		?		
Eichelhäher	<i>Garrulus glandarius</i>	x		x	x			
Elster	<i>Pica pica</i>	x			x		x	x
Dohle	<i>Coloeus monedula</i>			x		x		
Saatkrähe	<i>Corvus frugilegus</i>					x		
Rabenkrähe	<i>Corvus corone</i>	x	x	x	x	x		x
Nebelkrähe	<i>Corvus cornix</i>						x	
Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>						x	
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>	x	x	x		x	x	
Hausperling	<i>Passer domesticus</i>	x	x			x	x	x
Feldsperling	<i>Passer montanus</i>	x	x	x	x	x	x	x
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	x	x	x	x	x	x	x
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>			x	x	x	?	x
Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>	x		x		x	x	
Bluthänfling	<i>Carduelis cannabina</i>	x				x	x	
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	x	x	x	x	x	x	x
Rohammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>					x	x	
Graumammer	<i>Emberiza calandra</i>						x	

x: in linearen Gehölzstrukturen oder auf Äckern festgestellte Art

?: Feststellung nicht gesichert

Tabelle 8: Individuenzahlen der auf den Rainen festgestellten Tagfalterarten je Untersuchungsgebiet

	Algermissen	Friedrichsgabekoog	Hameln	Megesheim	Ostheim	Peetzig	Volkwardingen
Großer Kohlweißling (<i>Pieris brassicae</i>)	2	7	6	5	3	14	2
Kleiner Kohlweißling (<i>Pieris rapae</i>)	5	24	28	6	12	15	8
Grünader-Weißling (<i>Pieris napi</i>)	5	6	35	24	20	3	7
Kleiner Kohl-/ Grünader-Weißling (<i>P. rapae/ napi</i>)	18	45	83	21	33	40	18
Zitronenfalter (<i>Gonepteryx rhamni</i>)			A			1	37
Resedafalter (<i>Pontia edusa</i>)						1	
Tintenfleckweißling (<i>Leptidea sinapis/reali</i>)						1	
Weißklee- / Hufeisenklee-Gelbling (<i>Colias hyale / alfaciensis</i>)				1		5	
Rostf. Dickkopffalter (<i>Ochlodes sylvanus</i>)	1		A	A		2	3
Schwarzk. Braundickkopf (<i>Thymelicus lineola</i>)		17		1	2	15	71
Braunk. Braundickkopf (<i>Thymelicus sylvestris</i>)			1	1	3		1
Braundickkopf (<i>Thymelicus lineola / sylvestris</i>)			1		4	6	19
Kleiner Feuerfalter (<i>Lycaena phlaeas</i>)						14	
Brauner Feuerfalter (<i>Lycaena tityrus</i>)						27	
Hauhechel-Bläuling (<i>Polyommatus icarus</i>)				22	18	27	
Silbergrüner Bläuling (<i>Polyommatus coridon</i>)					24		
Faulbaumbtäuling (<i>Celastrina argiolus</i>)							3
Kurzschwänziger Bläuling (<i>Cupido argiades</i>)					1		
Zahnflügel-Bläuling (<i>Polyommatus daphnis</i>)					1		
Schwalbenschwanz (<i>Papilio machaon</i>)						1	
Admiral (<i>Vanessa atalanta</i>)	3	5	9		3	6	6
Distelfalter (<i>Vanessa cardui</i>)	18	1	1	13	5	2	5
Tagpfauenauge (<i>Aglais io</i>)	28	A	3		A	19	8
C-Falter (<i>Nymphalis c-album</i>)			1				1
Kleiner Fuchs (<i>Aglais urticae</i>)	29	31	35	32	58	3	11
Kleiner Perlmutterfalter (<i>Issoria lathonia</i>)				5	10	37	
Großer Perlmutterfalter (<i>Argynnis aglaja</i>)					A		
Wegerich-Scheckenfalter (<i>Melitaea cinxia</i>)					A		
Landkärtchenfalter (<i>Araschnia levana</i>)			2	1	A	1	
Kl. Wiesenvögelchen (<i>Coenonympha pamphilus</i>)			A	2	17	126	11
Rotbraunes Wiesenvögelchen (<i>Coenonympha glycerion</i>)						5	
Weißbindiges Wiesenvögelchen (<i>Coenonympha arcania</i>)					1		
Schornsteinfeger (<i>Aphantopus hyperantus</i>)	77		131	3	2	106	206
Großes Ochsenauge (<i>Maniola jurtina</i>)	31	89	20	3	74	53	29
Mauerfuchs (<i>Lasiommata megera</i>)						6	
Rundaugen-Mohrenfalter (<i>Erebia medusa</i>)					1		
Waldbrettspiel (<i>Pararge aegeria</i>)				1			
Schachbrettfalter (<i>Melanargia galathea</i>)				2	36	6	

A= zusätzliche Art außerhalb der Transekte in unmittelbarer Nähe; fließt nicht in Gesamtartenzahl ein

Weiterentwicklung der literaturbasierten Modelle auf Basis der empirischen Untersuchungen

Zunächst wurden die Ergebnisse der literaturbasierten Modelle mit den Ergebnissen der Felduntersuchungen verglichen. Dabei wurde mittels Spearmans Rangkorrelationskoeffizient überprüft, ob das Aufwertungs-Ergebnis des literaturbasierten Modells für die Raine, die Hecken und die Äcker mit den auf den entsprechenden Strukturen festgestellten Artenzahlen korreliert. Weiterhin wurde mit Hilfe von linearen Regressionen ausgewertet, wieviel Prozent der Varianz der Artenzahl eines Strukturtyps durch das Ergebnis des literaturbasierten Modells erklärt wird.

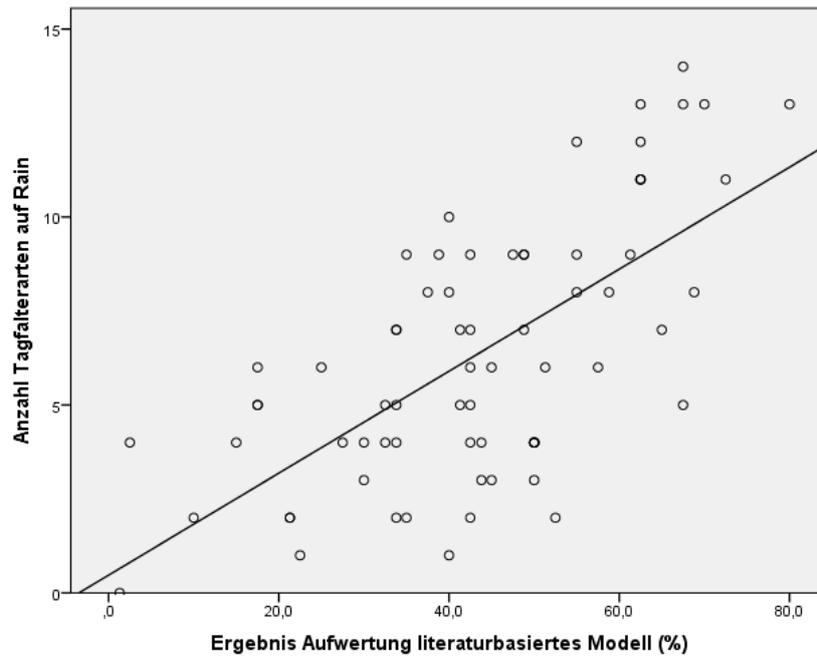


Abbildung 23: Ergebnis des literaturbasierten Modells im Vergleich mit der festgestellten Artenzahl für den Biotoyp Rain mit linearer Regressionsgerade

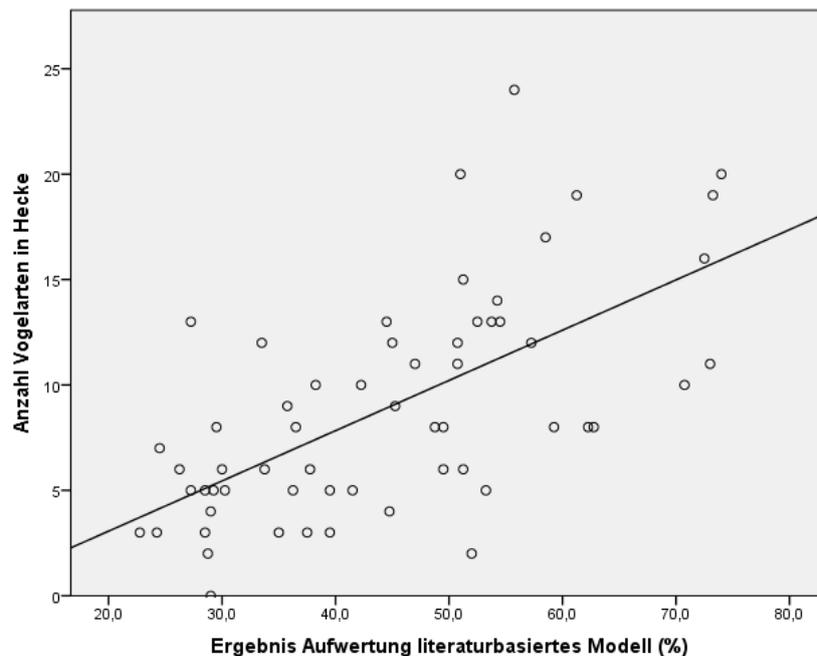


Abbildung 24: Ergebnis des literaturbasierten Modells im Vergleich mit der festgestellten Artenzahl für den Biotoyp Hecke mit linearer Regressionsgerade

Dabei stellte sich heraus, dass die Aufwertungs-Ergebnisse der Modelle für Raine und Hecken höchst signifikant mit den jeweiligen Artenzahlen korreliert sind (für Raine $r_S=0,604^{***}$; für Hecken $r_S=0,632^{***}$). Das Ergebnis des Rain-Modells erklärt dabei 44,3% der Varianz der Artenzahl, das Ergebnis des Hecken-Modells 40,4%. (Abb. 23-24).

Für das Modell Acker konnte ein solcher Zusammenhang nicht festgestellt werden. Die Artenzahl und das Aufwertungs-Ergebnis des Modells sind nicht signifikant korreliert und die erklärte Varianz beträgt lediglich 3,4% (Abb. 25).

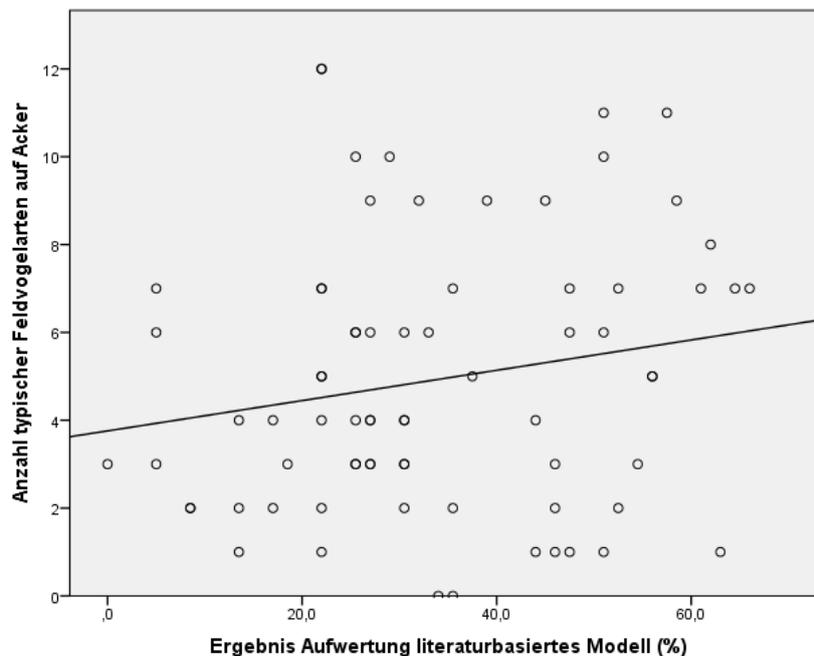


Abbildung 25: Ergebnis des literaturbasierten Modells im Vergleich mit der festgestellten Artenzahl für den Biotyp Acker mit linearer Regressionsgerade

Mit multiplen linearen Regressionsanalysen mit „forward stepwise selection“ wurden die im Feld erhobenen Artdaten vor dem Hintergrund der Modellparameter ausgewertet, um so die literaturbasierten Modelle verbessern und vereinfachen zu können. Für alle drei Modelle gelang eine Verbesserung der Modellgüte bei einer gleichzeitigen Reduzierung der Modellparameter.

Für die Raine konnte das Modell von ursprünglich 13 Indikatoren auf sechs Indikatoren reduziert werden. Diese sind: Länge, Breite, eine hohe Heterogenität der Landschaft, ein hoher Kräuteranteil, der Zeitpunkt der Mahd (Mahd im Sommer) und die Bewirtschaftungsart angrenzender Felder. Die durch das Modell erklärte Varianz der Tagfalter-Artenzahl konnte so von 44,3% (adj. $r^2=0,443$) auf 62,7% (adj. $r^2=0,627$) erhöht werden. Bei den Hecken konnte eine Reduzierung der Indikatorenzahl von 16 auf fünf erreicht werden. Dabei handelt es sich um die Länge und Breite der Hecke, eine niedrige Anzahl von Gehölzarten, eine Verfügbarkeit von Höhlen oder Totholz in der Hecke und die Breite des Krautsaums zur Nutzfläche hin. Die Erklärung der Varianz aller in der Hecke festgestellten Vogelarten konnte von 40,4% (adj. $r^2=0,404$) auf 70,8% (adj. $r^2=0,708$) verbessert werden. Das Ackermodell wurde von acht auf sechs Indikatoren reduziert. Diese umfassen die Fläche des Schlags, die angebaute Fruchtart (Zuckerrübe, Kartoffel, Sonderkulturen), angrenzende Strukturen (keine vorhanden oder zu allen Seiten vorhanden), eine geringe Heterogenität der Landschaft und das Vorhandensein von Landschaftselementen auf dem Acker. Die vom Modell erklärte Varianz der Zahl typischer Feldvogelarten, die auf einem Schlag festgestellt wurden, konnte so von 3,4% auf 66,3%

erhöht werden, wobei allein mithilfe der Fläche schon 55% der Varianz erklärt werden können. Trotz des guten Wertes raten wir von der Verwendung des Ackermodells für Feldvogelarten ab. Zum einen sind einige der vom Modell selektierten Parameter aus ökologischer Sicht fraglich und der Datenlage der Stichprobe geschuldet. So ist z.B. der positive Einfluss einer geringen Heterogenität der Landschaft maßgeblich auf die hohen Artenzahlen in Friedrichsgabekoog zurückzuführen, die zumindest in Teilen durch die räumliche Nähe zu Watt und Meer bedingt ist. Zum anderen ist es schwierig, den einzelnen Schlag als Einheit für Vögel zu betrachten, da es sich zumeist im Gegensatz zur Hecke nicht um eine abgegrenzte Struktur handelt, sondern die Grenzen zu anderen Schlägen in der Regel fließend bzw. nicht für Vogelarten existent sind. Feldvogelarten sollten daher besser auf der Ebene der Landschaft als auf der Ebene des Schlags betrachtet werden.

Implementierung der literaturbasierten Modelle in MANUELA

Die literaturbasierten Modelle für die differenzierte Bewertung von Rainen hinsichtlich Tagfalter- und Gefäßpflanzenvielfalt, von Hecken hinsichtlich Vogel- und Gefäßpflanzenvielfalt, sowie von Äckern hinsichtlich der Gefäßpflanzenvielfalt wurden in die Software MANUELA implementiert. Die Bewertung einzelner Biotoptypen erfolgt über die Eingabe der Ausprägungen von Indikatoren in entsprechende Eingabemasken oder über eine Zuordnung, welche Informationen, die z.B. im Vorfeld importiert wurden, verwendet werden sollen. Beispielhaft wird hier die Eingabemaske für die Bewertung von Hecken hinsichtlich der Vogelartenvielfalt vorgestellt. In der Eingabemaske wurden die Indikatoren zur besseren Übersicht thematisch den Obergruppen „Heckenstruktur“, „Management“, „Angrenzende Habitate“ und „Landschaftsparameter“ zugeordnet (vgl. Abb. 26).

Indikator	Wert	Punktwert
Länge (m)	60	6.0
Mittlere Breite (m)	10	12.0
Mittlere Höhe (m)	3	8.0
Anzahl Gehölzarten	>= 10 Arten	8.0
Dornsträucher vorhanden	ja	2.0
Schlehe / Weißdorn dominant	ja	1.0
Überhälter / Baumschicht	ja	4.0
Alte Bäume mit Höhlen / Totholz	nein	0.0

Gesamtaufwertung (%): 87 entspricht Biodiversitätswert von: 37

Abbildung 26: Screenshot der Eingabemaske für die Bewertung der Hecken hinsichtlich der Vogelartenvielfalt aus MANUELA

Ausgangspunkt der Bewertung ist ein Biotoptypengrundwert (nach Bewertungsvorgaben der Bundesländer gesetzt). In der Eingabemaske erscheint mit der Eingabe der Ausprägung eines Indikators die entsprechende Aufwertung links neben den grünen Infobuttons. Des Weiteren

wird die Gesamtaufwertung, die entsprechende Biotopbewertung (mit dem Faktor 10 multipliziert) und eine optische Bewertung in Form von Sternen dargestellt.

Nach der Eingabe der benötigten Informationen ist es in MANUELA möglich, den entsprechenden Biotop zu bewerten. Automatisiert wird hierzu im Hintergrund das literaturbasierte Modell durchlaufen und mit den entsprechenden Daten gespeist. Die Bewertungen werden dann flächenspezifisch im GIS dargestellt (vgl. Abb. 27). Neben der graphischen Darstellung der Bewertung kann auch eine Übersichtstabelle mit den Bewertungen für einzelne Strukturen wie Äcker, Hecken und Raine aufgerufen werden.

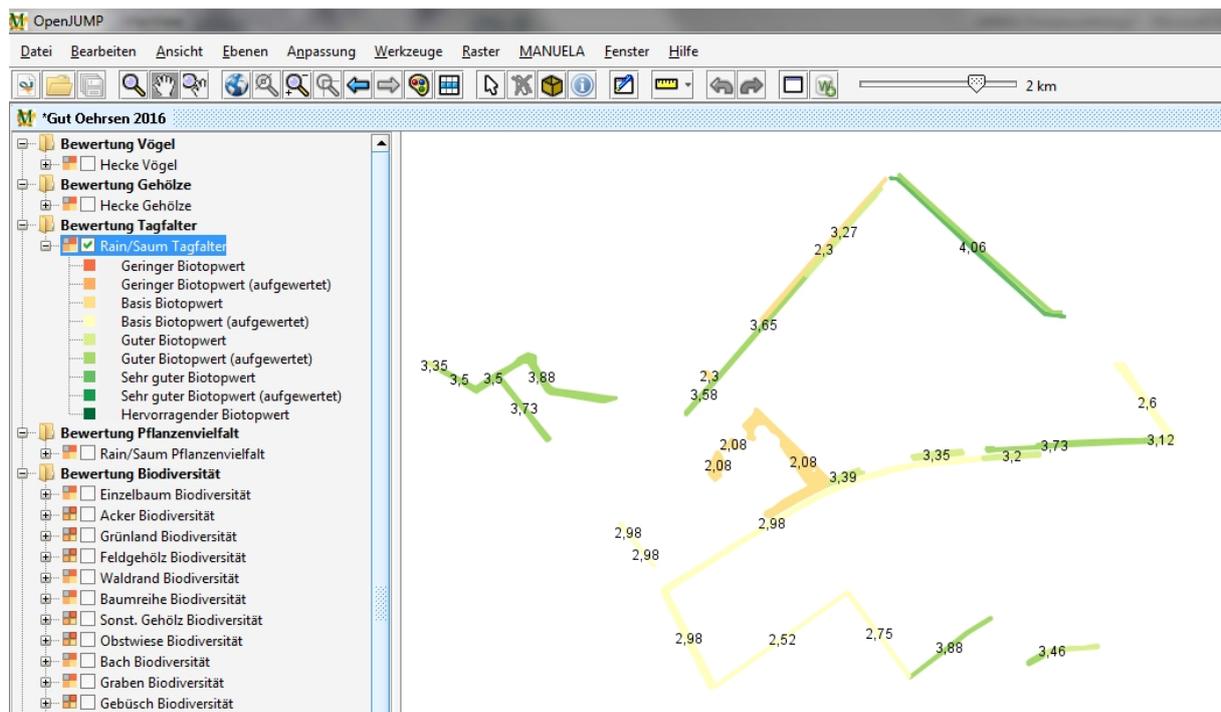


Abbildung 27: Screenshot der graphischen Darstellung der Bewertung der Raine hinsichtlich der Tagfalterartenvielfalt aus MANUELA

Bei der Auswahl einer speziellen Struktur, beispielsweise eines Rains, kann ein entsprechendes Bewertungsfenster aufgerufen werden (vgl. Abb. 28). Die Spalte „Eigenschaft“ benennt den jeweiligen Indikator. In der Spalte „Wert“ ist die Ausprägung des Indikators zu finden, der unter „Beschreibung“ beschrieben und eingeordnet wird. In der letzten Spalte findet sich die Aufwertung, die für die Ausprägung erhalten wurde. Mit Hilfe der Bewertungstabellen für einzelne Elemente lassen sich gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Artenvielfalt konzipieren (vgl. Abb. 29). Da der Rain dieses Beispiels eine Breite von nur 1,3 m besitzt und hierfür keine Aufwertung im Modell erhält, könnte die Verbreiterung des Rains eine sinnvolle Maßnahme zur Steigerung der Artenvielfalt für Tagfalter darstellen. Ein Rain sollte für Tagfalter über 3 m, bestenfalls über 6 m breit sein.

Eigenschaft	Wert	Beschreibung	Aufwertung
Länge	142 m	Eine Länge des Rain/Saums > 20 m ist optimal.	0.3 Punkte
Mittlere Breite	2.8 m	Der Rain/Saum ist schmal. Die höchste Wertigkeit erhalten Raine/Säume ab einer Breite von 6 Metern.	0.0 Punkte
Alter	30 Jahre	Das Alter des Rains/Saums ist zufriedenstellend. Die höchste Wertigkeit erhalten Raine/Säume die älter als 60 Jahre sind.	0.3 Punkte
		Die Nährstoffverfügbarkeit ist	

Abbildung 28: Screenshot einer Bewertungstabelle eines einzelnen Raines aus MANUELA

Eigenschaft	Wert	Beschreibung	Aufwertung
Mittlere Breite	1.3 m	Der Rain/Saum ist zu schmal. Er sollte mindestens breiter als 3 m, im Optimalfall breiter als 6 m sein.	0.0 Punkte
Artenreichtum Flora / Nektarquellen	Kräuteranteil 25-50%	Der Anteil krautiger Pflanzen auf dem Rain/Saum ist zufriedenstellend. Im Optimalfall sollte der Anteil bei 50-75% liegen.	4.5 Punkte
Bewirtschaftungsart angrenzender Felder	Nur ökologisch	Für Tagfalter ist es optimal, wenn alle an den Rain/Saum angrenzenden Felder ökologisch bewirtschaftet sind.	4.5 Punkte
		Da es für Tagfalter optimal ist, wenn alle an den Rain/Saum angrenzenden	

Abbildung 29: Screenshot mit ausgewähltem Rain und dazugehöriger Bewertungstabelle zur Ableitung von Maßnahmen

Die differenzierten Bewertungen für Äcker, Raine und Hecken gehen in MANUELA in die Bewertung des gesamten Betriebes mit ein. Alle Biotoptypen, für die bisher keine differenzierten Bewertungen erarbeitet wurden, gehen mit der Standardbewertung des Bundeslandes ein. In der Bewertung des gesamten Betriebes werden die Biotopbewertungen mit den Flächenanteilen multipliziert und aufsummiert. Hierdurch wird ein aggregierter Wert für den ganzen Betrieb erzeugt, der entweder mit anderen Betrieben verglichen werden kann oder, dividiert durch die Gesamtfläche, wieder auf der Biotopwertskala eingeordnet werden kann.

Praxistest durch landwirtschaftliche Berater und Landwirte

Für den Erfolg des Projekts war es wichtig, dass auch die Umsetzbarkeit und Nutzbarkeit der Software und Modelle durch die Akteure der landwirtschaftlichen Praxis sichergestellt wurden. Aus diesem Grund wurden diese Akteure durch Praxistests ins Projekt eingebunden. Der Praxistest durch landwirtschaftliche Berater wurde innerhalb eines Werkvertrags von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und der Biolandberatung durchgeführt. Die landwirtschaftlichen Berater haben im Sommer 2015 die Indikatoren für die Modelle auf insgesamt vier Betrieben erhoben und eine Biotoptypenkartierung in nächster Nähe zu den bewirtschafteten Flächen durchgeführt. Die Landwirtschaftskammer Niedersachsen, vertreten durch Carsten Randt, hat die Betriebe in Algermissen und in Volkwardingen bearbeitet. Die Biolandberatung, vertreten durch Marion Lang, hat die Betriebe in Megesheim und in Ostheim bearbeitet. Ihr Feedback zu Zeitaufwand, der Verständlichkeit der Kartieranleitung und ihre allgemeinen Verbesserungsvorschläge waren wertvolle Hinweise zur Überarbeitung des Indikatorensets und der Anleitung zur Erfassung der Indikatoren.

Um sowohl für die landwirtschaftlichen Berater als auch für die Landwirte die Nutzbarkeit und Anwenderfreundlichkeit der Software MANUELA und der Modelle sicherzustellen, wurde im Januar 2016 ein Workshop in Hannover am Institut für Umweltplanung abgehalten. So konnte das Feedback der Anwender unmittelbar erfolgen und Verbesserungsvorschläge durch gemeinsame Diskussionen erarbeitet werden. An diesem Workshop beteiligten sich Frau Lang von der Biolandberatung, Herr Cordsen und Herr Schroer von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen sowie Vertreter von fünf der sieben teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe. Die Landwirte konnten dabei unter Anleitung die Software MANUELA für ihre eigenen Betriebsflächen ausprobieren. Die landwirtschaftlichen Berater haben die Software jeweils an einem der von ihnen erhobenen Betriebe getestet.

Die während des Workshops herausgearbeiteten Verbesserungsvorschläge waren vor allem technischer Natur und betrafen in erster Linie die Benutzerfreundlichkeit des Programms. Während die GIS-versierten Berater die Software sehr gut bedienen konnten, hatten die Landwirte zum Teil anfänglich Schwierigkeiten. Am Ende äußerten jedoch einige Landwirte den Wunsch, die Software mit nach Hause nehmen zu können, um sich dort weiter mit ihr vertraut zu machen und ihre Funktionen an den eigenen Betriebsflächen weiter austesten zu können. Neben technischen Anmerkungen konnten auch einige inhaltliche Anregungen zu den Modellen und Auswertungswerkzeugen aufgegriffen werden. Die Landwirte äußerten beispielsweise den Wunsch, dass ihre Bewirtschaftungsdaten auf den Ackerflächen differenzierter als bisher in die Bewertung einfließen. Am besten für die Landwirte wäre es, wenn die Dateneingaben parallel zu den Dateneingaben für andere Verfahren, beispielweise zum Mehrfachantrag, erfolgen und wenn bereits vorhandene Daten (z.B. InVeKos) importiert werden könnten.

Diskussion

Ein wichtiges Ziel des Projekts war die Entwicklung einfach erfassbarer Indikatoren zur Messung der Artenvielfalt auf landwirtschaftlichen Betrieben und die Bestimmung ihrer Aussagefähigkeit durch eine Vor-Ort-Erfassung. Dieses wurde zunächst mit der Erstellung der literaturbasierten Modelle verfolgt. Durch die sich anschließende statistische Auswertung der im Feld erhobenen Daten auf der Grundlage der Modellparameter, konnten die notwendigen

Indikatoren allerdings noch weiter reduziert und die Modellgüte dadurch sogar noch verbessert werden, so dass der Arbeitsaufwand zur Erfassung nun soweit reduziert werden konnte wie wissenschaftlich möglich und vertretbar. Die Güte der Modelle ist dabei so gut, dass dieses Projektziel vollumfänglich erfüllt wurde.

Ein weiteres Ziel des Projektes war es, der Frage nachzugehen, ob Landwirte das System bedienen und die erforderlichen Informationen für die Modelle selbst bereitstellen können, oder ob Berater dazu notwendig sind und wie hoch der Aufwand in Relation zum Nutzen bei der Verwendung eines EDV-gestützten Systems ist. Durch die Vor-Ort-Erfassung der Indikatoren durch die landwirtschaftlichen Berater und den Praxistest mit der Software MANUELA, an dem neben den Beratern auch die Landwirte teilnahmen, haben wir diese Aspekte untersucht. Dabei hat sich herausgestellt, dass sowohl Landwirte als auch landwirtschaftliche Berater grundsätzlich in der Lage sind, die Daten für die Modellindikatoren selbst zu erheben. Die Aufbereitung der Ergebnisse in einem GIS war für die Landwirte sehr interessant, die Software war aber noch nicht intuitiv genug, so dass einige Landwirte Schwierigkeiten mit der Bedienung hatten. Die Möglichkeit, selbst ausprobieren zu können, was sich auf dem eigenen Betrieb bei der Umsetzung von Maßnahmen im Hinblick auf die Artenvielfalt verändert, wurde sehr begrüßt. Da der Praxistest noch anhand der vollständigen Literaturmodelle erfolgte, war der Zeitaufwand für die Erfassung und Eingabe der erforderlichen Daten relativ hoch. Dieser lässt sich nun mit den überarbeiteten Modellen erheblich reduzieren. Noch einfacher wäre die Anwendung, wenn bereits anderweitig erfasste Daten (InVeKos, gemeldete Landschaftselemente, vorhandene Biotoptypenkartierungen) verwendet werden können. Dieses scheitert zurzeit noch an der Verfügbarkeit (InVeKos), Aufbereitung und Qualität dieser Daten, könnte zukünftig aber eine Möglichkeit der weiteren Vereinfachung darstellen. Unser Fazit aus den Praxistests ist, dass für die Ersteinrichtung eines Betriebs in MANUELA ein landwirtschaftlicher Berater eingesetzt werden sollte, während die Datenpflege auch der IT-versierte Landwirt selbst bewerkstelligen kann.

Aufgetretene Probleme und Anpassungen der Methoden

Die Konzeption der literaturbasierten Modelle stellte eine Herausforderung dar, da es teilweise schwierig, teilweise auch unmöglich war, den genauen Einfluss einer Variable auf die Artenvielfalt in Abgrenzung zu anderen Einflussvariablen quantitativ zu bestimmen. Da die quantitativen Studien in ihren Angaben oft voneinander abwichen bzw. nur eine Auswahl an möglichen Einflussvariablen berücksichtigten, musste die Gewichtung eines Indikators im literaturbasierten Modell meist anhand von Expertenwissen vorgenommen werden. Hier wäre es zeiteffektiver gewesen, die Literaturstudie allein zur Ableitung der für die Artenvielfalt relevanten Variablen zu nutzen und die Bestimmung der Größe ihres Einfluss durch evtl. noch umfangreichere Feldarbeiten durchzuführen, um dann daraus ein finales Modell zu entwickeln.

Bei der Anpassung und Überarbeitung der literaturbasierten Modelle durch die statistische Auswertung der Felddaten mussten Abstriche gemacht werden, was die Überprüfungen einiger Parameter oder Parameterkombinationen angeht. Trotz umfangreicher Feldarbeiten konnten nicht für alle Ausprägungen des Modells genügend Validierungsfälle erfasst werden, so dass bestimmte Ausprägungen - beispielsweise Säume, die an naturnahe Biotope angrenzen – unterrepräsentiert sind. Hier wäre ein Test der Modelle auf einer noch breiteren Datenbasis wünschenswert.

Der ursprünglich geplante Vortrag auf der Biofach zur Verbreitung der Ergebnisse konnte nicht stattfinden, da nur noch sehr wenige Vorträge im Rahmen dieser Veranstaltung angenommen

werden. Alternativ wurden neben einer Reihe von Workshops mit den beteiligten Firmen die Ergebnisse einem interessierten Fachpublikum im Rahmen von Tagungen, Publikationen und der AöL-Mitgliederversammlung (s. Öffentlichkeitsarbeit) zugänglich gemacht.

Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern

Das Projekt war infolge der Einbindung unterschiedlicher Akteure sehr transdisziplinär ausgerichtet. Zu den Kooperationspartnern gehörten die beteiligten Nahrungsmittelunternehmen, die AöL-Geschäftsstelle, die Landwirtschaftskammer Niedersachsen, die Biolandberatung und die Landwirte, auf deren Betrieben die Untersuchungen durchgeführt wurden. Von diesem breiten Spektrum hat das Projekt vor allem in Diskussionen bezüglich Machbarkeit, Praxishnähe und konkreter Umsetzung der Projektergebnisse sehr profitiert.

Die Zusammenarbeit mit den Werkvertragsnehmern der Biolandberatung und der Landwirtschaftskammer Niedersachsen war sehr fruchtbar. Beide Institutionen haben das Indikatorensystem auf je zwei Betrieben angewendet, am Praxistest der Software MANUELA teilgenommen und dabei wertvolle Hinweise zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Werkzeuge geliefert.

Die Lebensmittelunternehmen waren sehr an den Ergebnissen des Projekts interessiert und haben sich aktiv an Workshops und in der PAG beteiligt. Diese Nähe der Forschungsarbeit zur unternehmerischen Praxis war wertvoll für den Erfolg des Projekts, hat des Öfteren aber auch den Spagat zwischen wissenschaftlichem Anspruch und den Bedürfnissen der Praxis aufgezeigt. Die beteiligten Unternehmen hatten dabei recht unterschiedliche Ansprüche, sowohl was die Aufbereitung der Ergebnisse als auch was die Rolle der Landwirte in der Anwendung der Ergebnisse betrifft. Es gestaltete sich schwierig, alle diese Ansprüche zu vereinen, so dass die vorliegende Arbeit einen modular aufgebauten Baukasten darstellt. Die Unternehmen können die entwickelten Werkzeuge nach ihren Bedürfnissen einsetzen aber auch anpassen. So sind je nach Einsatzzweck, die Ergebnisse entweder für einen gesamten Betrieb oder für alle Zulieferer aggregierbar und für die Ökobilanz verwendbar. Auch können Ergebnisse zu einzelnen Landschaftselementen auf einem landwirtschaftlichen Betrieb zur Verbesserung des Naturschutzmanagements herangezogen werden. Die Bewertung kann einerseits durch die Verwendung der Software MANUELA erfolgen – der Vorteil ist nach der Ersteinrichtung die schnelle Fortschreibung (Wiederholung) und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Andererseits ist es aber auch möglich, die Indikatoren und Verknüpfungsregeln in Ökobilanzen oder analog durchgeführten Bewertungen zu verwenden. Durch Einbeziehung der Landwirte in die Praxistests und Diskussionen konnte eine weitere wesentliche Perspektive im Projekt Berücksichtigung finden. Alle beteiligten Landwirte waren sehr kooperativ und interessiert und haben mit ihrem kritischen Blick auf die praktische Anwendung der Ergebnisse und ihren Bedenken gegenüber neuen Anforderungen aber auch mit ihrem Engagement für die Artenvielfalt neue Blickwinkel möglich gemacht. Die Einbeziehung so unterschiedlicher Perspektiven in das Forschungsprojekt war sehr arbeitsintensiv, aber auch sehr lohnend.

Öffentlichkeitsarbeit (unter Mitarbeit von Renate Dylla, AöL)

Als Kooperationspartner im Projekt übernahm die AöL-Geschäftsstelle die Aufgabe, die Projektergebnisse an die teilnehmenden Praxisunternehmen sowie an die Mitglieder der AöL (aktuell 96 Unternehmen) zu kommunizieren. Der Schwerpunkt im Laufe des Projektes lag bei dem kontinuierlichen Austausch mit den Praxispartnern Bionade, Hipp, Märkisches Landbrot

und Neumarkter Lammsbräu. Diese wurden per E-Mail und über Sitzungen direkt über den Projektverlauf informiert. Folgende Sitzungen fanden zusätzlich zu den PAGs mit den Praxispartnern und Projektpartnern statt:

- 03.12.15 in Fulda - Vorstellung der Zwischenergebnisse
- 25.04.16 in Neumarkt/Opf. – Vorstellung der vorläufigen Endergebnisse
- 31.08.16 in Fulda – Vorstellung der Endergebnisse

Die Mitglieder der AöL wurden über den monatlichen Infobrief der AöL über das Projekt informiert sowie über die Vorstellung der Zwischenergebnisse durch Prof. Dr. Christina von Haaren bei der Mitgliederversammlung am 14.04.2015.

Des Weiteren wurden folgende Pressemitteilungen veröffentlicht:

- 23.10.2014 AöL-Presseerklärung „Firmen fördern Vielfalt - AöL-Firmen engagieren sich für die Biodiversität auf den Feldern ihrer Zulieferhöfe“
- 16.04.2015 AöL-Presseerklärung „Öko-Landbau und Firmen fördern die Artenvielfalt“

Auf folgenden Internetseiten wurde über das Projekt berichtet:

- www.aeel.org Assoziation ökologischer Lebensmittelhersteller e.V. (AöL)
- <http://www.biologischevielfalt.de/20976.html> Bundesamt für Naturschutz (BfN)
- <http://www.business-and-biodiversity.de/aktuelles/news/oeko-landbau-und-firmen-foerdern-die-artenvielfalt/> Biodiversity In Good Company e. V.
- <http://www.oekolandbau.de/service/nachrichten/detailansicht/oekolandbau-und-firmen-foerdern-die-artenvielfalt/> Ökolandbauportal der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
- <http://www.hipp.de/ueber-hipp/bio-qualitaet-nachhaltigkeit/nachhaltigkeit-aktuell/hipp-engagiert-sich-im-projekt-firmen-foerdern-vielfalt/> Hipp GmbH & Co Vertriebs KG

Das Institut für Umweltplanung hat zudem die Ergebnisse des Projekts auf wissenschaftlichen und praxisbezogenen Fachtagungen vorgestellt:

- „Firmen fördern Vielfalt. Praxistaugliche Erfassung, Bewertung und Darstellung der Biodiversität auf Zulieferbetrieben von Nahrungsmittelunternehmen“. Vortrag auf der Veranstaltung der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA) in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und den Unternehmerverbänden Niedersachsens e.V. (UVN): Schulterschluss für die Natur II: Förderung von Naturschutzprojekten durch die Wirtschaft in Hannover (03.03.2015). Veröffentlicht als „Was tut der Landwirt für die Artenvielfalt? Das Projekt „Firmen fördern Vielfalt“ erforscht, wie Biodiversität in der Agrarlandschaft erfasst und bewertet werden kann.“ In: Alfred Töpfer Akademie für Naturschutz (Hrsg.): Mitteilungen aus der NNA 1/2016, 49-54, Schneverdingen: Eigenverlag.
- „Firmen fördern Vielfalt. Vereinfachte Erfassung und Bewertung von Biodiversität in der Agrarlandschaft“. Poster auf dem Dialogforum 2016 "Unternehmen Biologische Vielfalt 2020" (UBi 2020) in Berlin (15.03.2016)
- Vortrag: Value chain revised: Biodiversity and ES Information for multiple decision makers: Farmers, administrators, private food companies; session B2 (Payments for ecosystem services in European agricultural landscapes: Potentials of the ecosystem

services concept to improve public agri-environmental measures and private payment schemes). Thursday 22 September 2016 European Ecosystems Services Conference in Antwerpen

- „An indicator based approach to estimate vascular plant species richness for herbaceous field margins“. Poster auf der European Ecosystems Services Conference in Antwerpen (19.-23.09.2016)

Eine Veröffentlichung der Projektergebnisse in wissenschaftlichen Fachjournalen ist in Vorbereitung.

Von den Praxispartnern werden die Projektergebnisse unternehmensspezifisch in unterschiedlicher Anwendung weitergeführt. Von Seiten der AöL wird bei der nächsten Sitzung des Arbeitskreises Nachhaltigkeit der AöL am 25.10.16 bei Salus-Haus in Bruckmühl ausführlich über die Projektergebnisse berichtet. Eine Veranstaltung zur Vorstellung der Ergebnisse in der Anwendung eines Praxispartners ist für den Frühsommer 2017 auf der Landesgartenschau Bayern in Pfaffenhofen geplant. Von Seiten des Instituts für Umweltplanung wird die Software MANUELA kontinuierlich weiterentwickelt und in weiteren Forschungsprojekten eingesetzt.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Das durchgeführte Arbeitsprogramm zur Entwicklung von einfach anwendbaren Biodiversitätsindikatoren (Literaturstudie – Modellentwicklung – Felduntersuchungen – statistische Auswertungen – Feedback der Praxispartner) hat sich als sehr effektiv und zielführend erwiesen. Die entwickelten Modelle können nun direkt in der Praxis angewendet werden. Für bestimmte Indikatoren sind zusätzliche Untersuchungen notwendig, die auch der weiteren Modellverbesserung dienen können. Die Einzelergebnisse der Bewertung von Flächen und Strukturen für Flora und Fauna können beliebig aggregiert werden und sind auch für die Ökobilanz als flächenbezogene Biotopwerte nutzbar.

Sehr profitiert hat das Projekt von seiner Transdisziplinarität und der Einbindung aller relevanten Akteure (Landwirte, landwirtschaftliche Berater und Lebensmittelunternehmen) in den Projektverlauf. Wünschenswert wären hier noch verstärkte Kapazitäten für die Verbreitung und die konkrete Umsetzung der Projektergebnisse gewesen, beispielsweise durch die Erstellung populärwissenschaftlicher Broschüren oder Handbücher. Auch hätten sich die Unternehmen zum Teil noch mehr auf ihre jeweiligen Bedürfnisse zugeschnittene Ergebnisse gewünscht, was im Rahmen des Projekts nicht leistbar war. Hier könnte eine nachgeschaltete Aufbereitung der Ergebnisse angepasst an die Erfordernisse der Unternehmen sinnvoll sein. Alternativ könnte auch innerhalb einer Arbeitsgruppe ein Vorschlag für ein gemeinsames, von allen beteiligten Firmen nutzbares System erarbeitet werden.

Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Ergebnisse sind modular aufgebaut, so dass jedes Unternehmen und jeder Landwirt bei Bedarf eigene Schwerpunkte in Bezug auf die Bewertung und Förderung von Biodiversität setzen kann, sei es z.B. in der Förderung von Pflanzen auf Äckern oder von Tagfaltern auf Rainen. Die Anwendbarkeit sowohl innerhalb der Software MANUELA als auch manuell anhand der Literaturmodelle oder Regressionsmodelle lässt eine große Flexibilität in der praktischen Umsetzung zu.

Quellen

- Aavik, T.; Augenstein, I.; Bailey, D.; Herzog, F.; Zobel, M.; Liira, J. (2008): What is the role of local landscape structure in the vegetation composition of field boundaries? *Applied Vegetation Science* 11 (3), 375–386.
- Arnold, G. W. (1983): The influence of ditch and hedgerow structure, length of hedgerows, and area of woodland and garden on bird numbers on farmland. *Journal of Applied Ecology* 20 (3), 731-750.
- Aude, E.; Tybirk, K.; Bruus Pedersen, M. (2003): Vegetation diversity of conventional and organic hedgerows in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 99 (1-3), 135–147.
- Aude, E.; Tybirk, K.; Michelsen, A.; Ejrnæs, R.; Hald, A.B; Mark, S. (2004): Conservation value of the herbaceous vegetation in hedgerows – does organic farming make a difference? *Biological Conservation* 118 (4), 467–478.
- Balent, G.; Courtiade, B. (1992): Modelling bird communities/landscape patterns relationships in a rural area of South-Western France. *Landscape Ecology* 6 (3), 195-211.
- Barkow, A. (2001): Die ökologische Bedeutung von Hecken für Vögel. 177 S., Dissertation am Institut für Vogelforschung 'Vogelwarte Helgoland' in Wilhelmshaven und am Zentrum für Naturschutz der Georg-August-Universität Göttingen.
- Batáry, P.; Matthiesen, T.; Tscharnke, T. (2010): Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands. *Biological Conservation* 143 (9), 2020-2027.
- Baudry, J.; Burel, F.; Thenail, C.; Le Coeur, D. (2000): A holistic landscape ecological study of the interactions between farming activities and ecological patterns in Brittany, France. *Landscape and Urban Planning* 50 (1-3), 119–128.
- Bernhausen, F. Fuhr-Boßdorf, K.; Kreuziger, J.; Sacher, T.; Stübing, S. (2011): Förderung von Feldvogelgemeinschaften (Agro-Avizönosen) durch Integration von Artenhilfsmaßnahmen beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. Frankfurt / Main: Gutachten im Auftrag der Staatlichen Vogelschutzwarte für Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie Hessen, Projekt „Artenvielfalt in Hessen - auf Acker, Wiesen und in Gärten“, Projektsäule „Vielfalt in Fruchtfolgen im Ackerbau“.
- Belfrage, K.; Björklund, J.; Salomonsson, L. (2005): The effects of farm size and organic farming on diversity of birds, pollinators, and plants in a Swedish landscape. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 34 (8), 582-588.
- Billeter, R.; Liira, J.; Bailey, D.; Bugter, R.; Arens, P.; Augenstein, I.; Aviron, S.; Baudry, J.; Bukacek, R.; Burel, F.; Cerny, M.; De Blust, G.; De Cock, R.; Diekötter, T.; Dietz, H.; Dirksen, J.; Dormann, C.; Durka, W.; Frenzel, M.; Hamersky, R.; Hendrickx, F.; Herzog, F.; Klotz, S.; Koolstra, B.; Lausch, A.; Le Coeur, D.; Maelfait, J.P.; Opdam, P.; Roubalova, M.; Schermann, A.; Schermann, N.; Schmidt, T.; Schweiger, O.; Smulders, M.J.M.; Speelmans, M.; Simova, P.; Verboom, J.; van Wingerden, W.K.R.E.; Zobel, M.; Edwards, P.J. (2008): Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45 (1), 141-150.
- Boots, A. J. (2001): The effect of connection to woodlands on the woody species composition of hedgerows: a case study on the Mendip Hills plateau, North Somerset. In: Colin Barr (Hg.): *Hedgerows of the world. Their ecological functions in different landscapes : proceedings of the Tenth Annual IALE(UK) Conference, held at Birmingham University, 5th-8th September 2001* ; ed. by: Colin Barr ... [et al.]. [Lymm, UK]: IALE, International Association of Landscape Ecology, 157–162.

- Boutin, C.; Baril, A.; Martin, P. (2008): Plant diversity in crop fields and woody hedgerows of organic and conventional farms in contrasting landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 123 (1-3), 185–193.
- Boutin, C.; Jobin, B. (1998): Intensity of Agricultural Practices and Effects on Adjacent Habitats. *Ecological Applications* 8 (2), 544-557.
- Boutin, C.; Jobin, B.; Bélanger, L.; Choinière, L. (2001): Comparing weed composition in natural and planted hedgerows and in herbaceous field margins adjacent to crop fields. *Can. J. Plant Sci.* 81 (2), 313–324.
- Boutin, C.; Jobin, B.; Bélanger, L.; Choinière, L. (2002): Plant diversity in three types of hedgerows adjacent to cropfields. *Biodiversity and Conservation* 11 (1), 1–25.
- Bredemeier, B.; von Haaren, C.; Rüter, S.; Reich, M. & Meise, T. (2015): Evaluating the nature conservation value of field habitats: A model approach for targeting agri-environmental measures and projecting their effects. *Ecological Modelling* 295, 113-122.
- Bright, J. A.; Morris, T.; Winspear, R. J. (2008): A review of Indirect Effects of Pesticides on Birds and mitigating land-management practices. *RSPB* 28.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2003): Datensatz "Großlandschaften".
http://www.bfn.de/0503_grosslandschaften.html
- Campagne, P.; Roche, P.; Tatoni, T. (2006): Factors explaining shrub species distribution in hedgerows of a mountain landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 116 (3-4), 244–250.
- Chamberlain, D. E.; Wilson, J. D.; Fuller, R. J. (1999): A comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in southern Britain. *Biological Conservation* 88 (3), 307-320.
- Chamberlain, D. E.; Wilson, J. D. (2000): The contribution of hedgerow structure to the value of organic farms to birds. *Ecology and Conservation of Lowland Farmland Birds*. British Ornithologists Union. Tring, UK, 57-68.
- Christensen, K. D.; Jacobsen, E. M.; Nøhr, H. (1996): A comparative study of bird faunas in conventionally and organically farmed areas. *Dansk Orn. Foren. Tidskr* 90, 21-28.
- Clausen, H. D.; Holbeck, H. B.; Reddersen, J. (2001): Factors influencing abundance of butterflies and burnet moths in the uncultivated habitats of an organic farm in Denmark. *Biological Conservation* 98 (2), 167-178.
- Croxton, P. J.; Franssen, W.; Myhill, D. G.; Sparks, T.H. (2004): The restoration of neglected hedges: a comparison of management treatments. *Biological Conservation* 117 (1), 19–23.
- De Blois, S.; Domon, G.; Bouchard, A. (2002): Factors affecting plant species distribution in hedgerows of southern Quebec. *Biological Conservation* 105 (3), 355–367.
- De Snoo, G. R. (1999): Unsprayed field margins: effects on environment, biodiversity and agricultural practice. *Landscape and Urban Planning* 46 (1), 151-160.
- De Snoo, G. R.; Van der Poll, R. J.; Beitel, J. (1998): Butterflies in sprayed and unsprayed field margins. *Journal of Applied Entomology* 122, 157–161.
- Deckers, B.; Hermy, M.; Muys, B. (2004a): Factors affecting plant species composition of hedgerows: relative importance and hierarchy. *Acta Oecologica* 26 (1), 23–37.
- Deckers, B.; Verheyen, K.; Hermy, M.; Muys, B. (2004b): Differential environmental response of plant functional types in hedgerow habitats. *Basic and Applied Ecology* 5 (6), 551–566.

- Dover, J. W. (1996): Factors affecting the distribution of satyrid butterflies on arable farmland. *Journal of Applied Ecology* 33 (4), 723-734.
- Dover, J. W.; Sparks, T. H.; Greatorex-Davies, J. N. (1997): The importance of shelter for butterflies in open landscapes. *Journal of Insect Conservation* 1, 89-97.
- Dover, J.; Sparks, T.; Clarke, S.; Gobbett, K.; Glossop, S. (2000): Linear features and butterflies: the importance of green lanes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 80 (3), 227-242.
- Eggers, S.; Unell, M.; Pärt, T. (2011): Autumn-sowing of cereals reduces breeding bird numbers in a heterogeneous agricultural landscape. *Biological Conservation* 144 (3), 1137-1144.
- Ekroos, J.; Piha, M.; Tiainen, J. (2008): Role of organic and conventional field boundaries on boreal bumblebees and butterflies. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 124 (3), 155-159.
- Ernault, A.; Alard, D. (2011): Species richness of hedgerow habitats in changing agricultural landscapes: are α and γ diversity shaped by the same factors? *Landscape Ecol* 26 (5), 683-696.
- Feber, R. E.; Firbank, L. G.; Johnson, P. J.; Macdonald, D. W. (1997): The effects of organic farming on pest and non-pest butterfly abundance. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 64 (2), 133-139.
- Feber, R. E.; Smith, H.; Macdonald, D. W. (1996): The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. *Journal of Applied Ecology* 33 (5), 1191-1205.
- Field, R. G.; Gardiner, T.; Mason, C. F.; Hill, J. (2005): Agri-environment schemes and butterflies: the utilisation of 6 m grass margins. *Biodiversity & Conservation* 14 (8), 1969-1976.
- Field, R. G.; Gardiner, T.; Mason, C. F.; Hill, J. (2006): Countryside stewardship scheme and butterflies: a study of plant and butterfly species richness. *Biodiversity and Conservation* 15 (1):429-438.
- Field, R. G.; Gardiner, T.; Mason, C. F.; Hill, J. (2007): Agri-environment schemes and butterflies: the utilisation of two metre arable field margins. *Biodiversity and Conservation* 16 (2), 465-474.
- Fischer, C.; Flohre, A.; Clement, L. W.; Batáry, P.; Weisser, W. W.; Tschardtke, T.; Thies, C. (2011): Mixed effects of landscape structure and farming practice on bird diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 141 (1), 119-125.
- Forman, R. T. T.; Baudry, J. (1984): Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management* 8 (6), 495-510.
- French, D. D.; Cummins, R. P. (2001): Classification, composition, richness and diversity of British hedgerows. *Applied Vegetation Science* 4 (2), 213-228.
- Fuchs, S.; Stein-Bachinger, K. (2008): Naturschutz im Ökolandbau. *Praxishandbuch für den ökologischen Ackerbau im norddeutschen Raum*. Mainz: Bioland Verlags GmbH.
- Fuller, R. J.; Chamberlain, D. E.; Burton, N. H. K., & Gough, S. J. (2001): Distributions of birds in lowland agricultural landscapes of England and Wales: How distinctive are bird communities of hedgerows and woodland? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 84 (1), 79-92.
- Gabriel, D.; Sait, S. M.; Hodgson, J. A.; Schmutz, U.; Kunin, W. E.; Benton, T. G. (2010): Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology letters* 13 (7), 858-869.

- Geiger, F.; Bengtsson, J.; Berendse, F.; Weisser, W. W.; Emmerson, M.; Morales, M. B.; Ceryngier, P.; Liira, J.; Tscharrntke, T.; Winqvist, C.; Eggers, S.; Bommarco, R.; Pärt, T.; Bretagnolle, V.; Plantegenest, M.; Clement, L.W.; Dennis, C.; Palmer, C.; Onate, J.J.; Guerrero, I.; Hawro, V.; Aavik, T.; Thies C.; Flohre A.; Hänke, S.; Fischer, C.; Goedhart P.W.; Inchausti, P. (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11(2), 97-105.
- Gottwald, F., 2010: Tagfalter. In: Stein-Bachinger, K.; Fuchs, S.; Gottwald, F., Helmecke, A.; Grimm, J.; Zander, P.; Schuler, J.; Bachinger, J.; Gottschall, R.: Naturschutzfachliche Optimierung des Ökologischen Landbaus „Naturschutzhof Brodowin“. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 90, 105-118, Münster: BfN-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag.
- Green, R. E.; Osborne, P. E.; Sears, E. J. (1994): The distribution of passerine birds in hedgerows during the breeding season in relation to characteristics of the hedgerow and adjacent farmland. *Journal of Applied Ecology*, 677-692.
- Haaland, C.; Gyllin, M. (2010): Butterflies and bumblebees in greenways and sown wildflower strips in southern Sweden. *Journal of Insect Conservation* 14 (2), 125-132.
- Hanssen, U. 2001: Faunistisch-ökologische Untersuchungen als Beitrag zur Entwicklung von Naturschutzkonzepten in einer Agrarlandschaft. Kiel: Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement 29, Zoologisches Institut und Museum der Universität Kiel.
- Henderson, I.G.; Ravenscroft, N.; Smith, G.; Holloway, S. (2009): Effects of crop diversification and low pesticide inputs on bird populations on arable land. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129, 149–156.
- Herzon, I.; O’Hara, R. B. (2007): Effects of landscape complexity on farmland birds in the Baltic States. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118 (1), 297-306.
- Heusinger, G. (1984): Untersuchungen zum Brutvogelbestand verschiedener Heckengebiete. In: Zwölfer, H.; Bauer, G.; Heusinger, G.; Stechmann, D.: Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. Laufen/Salzach: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, 99-121.
- Hinsley, S. A.; Bellamy, P. E.; Sparks, T. H.; Rothery, P. (1999): A field comparison of habitat characteristics and diversity of birds, butterflies and plants between game and non-game areas. In: Firbank, L. G. (Hrsg.): *Lowland Game Shooting Study. ITE final report to the British Association for Shooting and Conservation*. Cumbria: ITE, 69–116.
- Hinsley, S. A.; Bellamy, P. E. (2000): The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: a review. *Journal of Environmental Management* 60 (1), 33-49.
- Hodgson, J. A.; Kunin, W. E.; Thomas, C. D.; Benton, T. G.; Gabriel, D. (2010): Comparing organic farming and land sparing: optimizing yield and butterfly populations at a landscape scale. *Ecology Letters* 13 (11), 1358-1367.
- Hoffmann, J.; Berger, G.; Wiegand, I.; Wittchen, U.; Pfeffer, H.; Kiesel, J.; Ehlert, F. (2012): Bewertung und Verbesserung der Biodiversität leistungsfähiger Nutzungssysteme in Ackerbaugebieten unter Nutzung von Indikatorvogelarten. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 163, 215.
- Hovd, H.; Skogen, A. (2005): Plant species in arable field margins and road verges of central Norway. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 110 (3-4), 257–265.
- Jantunen, J.; Saarinen, K.; Valtonen, A.; Saarnio, S. (2006): Grassland vegetation along roads differing in size and traffic density. *Ann. Bot. Fennici* 43, 107–117.

- Jobin, B.; Boutin, C.; DesGranges, J.-L. (1997): Effects of agricultural practices on the flora of hedgerows and woodland edges in southern Quebec. *Can. J. Plant Sci.* 77 (2), 293–299.
- Jonason, D.; Andersson, G. K.; Öckinger, E.; Rundlöf, M.; Smith, H. G.; Bengtsson, J. (2011): Assessing the effect of the time since transition to organic farming on plants and butterflies. *Journal of Applied Ecology* 48 (3), 543-550.
- Korneck, D. & Sukopp, H. (1988): Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. Bonn-Bad Godesberg: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (Schriftenreihe für Vegetationskunde, Heft 19).
- Kretschmer, H.; Pfeffer, H.; Hoffmann, J.; Schrödl, G.; Fux, I. (1995): Strukturelemente in Agrarlandschaften Ostdeutschlands. Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz. Müncheberg: ZALF-Bericht Nr.19.
- Kühn, E.; Musche, M.; Harpke, A.; Feldmann, R.; Metzler, B.; Wiemers, M.; Hirneisen, N.; Settele, J. (2014): Tagfalter-Monitoring Deutschland – Anleitung für Transektzähler. *Oedipus* 27.
- Kuussaari, M.; Heliölä, J.; Luoto, M., 2004: Farmland biodiversity indicators and monitoring in Finland. In: Groom, G. (Hrsg.): Developments in strategic landscape monitoring for the Nordic countries, 29-40, Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
- Kuussaari, M.; Heliölä, J.; Pöyry, J.; Saarinen, K. (2007): Contrasting trends of butterfly species preferring semi-natural grasslands, field margins and forest edges in northern Europe. *Journal of Insect Conservation* 11 (4), 351-366.
- Le Coeur, D.; Baudry, J.; Burel, F. (1997): Field margins plant assemblages: variation partitioning between local and landscape factors. *Landscape and Urban Planning* 37 (1-2), 57–71.
- Le Coeur, D.; Baudry, J.; Burel, F.; Thenail, C. (2002): Why and how we should study field boundary biodiversity in an agrarian landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89 (1-2), 23–40.
- Ludwig, G. & Schnittler, M. (1996). Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde: H. 28. Münster: Landwirtschaftsverl.
- Ma, M.; Hietala, R.; Kuussaari, M.; Helenius, J. (2013): Impacts of edge density of field patches on plant species richness and community turnover among margin habitats in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* 31, 25–34.
- Ma, M.; Tarmi, S.; Helenius, J. (2002): Revisiting the species–area relationship in a semi-natural habitat: floral richness in agricultural buffer zones in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89 (1-2), 137–148.
- MacDonald, D. W.; Johnson, P. J. (1995): The relationship between bird distribution and the botanical and structural characteristics of hedges. *Journal of Applied Ecology* 32 (3), 492-505.
- Manhoudt, A. G. E.; Udo de Haes, H.A.; De Snoo, G. R. (2005): An indicator of plant species richness of semi-natural habitats and crops on arable farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 109 (1-2), 166–174.
- Manhoudt, A. G. E.; Visser, A. J.; De Snoo, G. R. (2007): Management regimes and farming practices enhancing plant species richness on ditch banks. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119 (3-4), 353–358.
- Marshall, E. J. P. (2009): The impact of landscape structure and sown grass margin strips on weed assemblages in arable crops and their boundaries. *Weed Research* 49 (1), 107–115.

- Marshall, E. J. P.; West, T. M.; Kleijn, D. (2006): Impacts of an agri-environment field margin prescription on the flora and fauna of arable farmland in different landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 113 (1), 36-44.
- Meek, B.; Loxton, D.; Sparks, T.; Pywell, R.; Pickett, H.; Nowakowski, M. (2002): The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. *Biological Conservation* 106 (2), 259-271.
- Meinert, R.; Rahmann, G. (2010): Entwicklung einer Brutvogelgemeinschaft sechs Jahre nach Umstellung auf den Ökologischen Landbau in Norddeutschland. *Ressortforschung für den Ökologischen Landbau* 2009, 31-48.
- Moonen, A. C.; Marshall, E. J. P. (2001): The influence of sown margin strips, management and boundary structure on herbaceous field margin vegetation in two neighbouring farms in southern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 86 (2), 187–202.
- Munguira, M. L.; Thomas, J. A. (1992): Use of road verges by butterfly and burnet populations, and the effect of roads on adult dispersal and mortality. *Journal of Applied Ecology* 29 (2), 316-329.
- Noordijk, J.; Delille, K.; Schaffers, A. P.; Sýkora, K. V. (2009): Optimizing grassland management for flower-visiting insects in roadside verges. *Biological Conservation* 142 (10), 2097-2103.
- O'Connor, R. J. (1984): The importance of hedges to songbirds. *Agriculture and the Environment*, 117-123.
- Orlowski, G.; Nowak, L. (2005): Species composition of woody vegetation of three types of mid-field woodlots in intensively managed farmland (Wroclaw Plain, south-western Poland). *Polish Journal of Ecology* 53, 25–36.
- Osborne, P. (1984): Bird numbers and habitat characteristics in farmland hedgerows. *Journal of Applied Ecology* 21 (1), 63-82.
- Parish, T.; Lakhani, K. H.; Sparks, T. H. (1994): Modelling the relationship between bird population variables and hedgerow and other field margin attributes. I. Species richness of winter, summer and breeding birds. *Journal of Applied Ecology* 31 (4), 764-775.
- Parr, T. W.; Way, J. M. (1988): Management of Roadside Vegetation: The Long-Term Effects of Cutting. *The Journal of Applied Ecology* 25 (3), 1073-1087.
- Pausas, J. G.; Austin, M. P. (2001): Patterns of plant species richness in relation to different environments: An appraisal. *Journal of Vegetation Science* 12 (2), 153–166.
- Pollard, E.; Yates, T. J. (1993): *Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation*. London: Chapman & Hall.
- Pywell, R. F.; Warman, E. A.; Sparks, T. H.; Greatorex-Davies, J. N.; Walker, K. J.; Meek, W. R.; Carvell, C.; Petit, S.; Firbank, L. G. (2004): Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland. *Biological Conservation* 118 (3), 313-325.
- Rands, M. R. W.; Sotherton, N. W. (1986): Pesticide use on cereal crops and changes in the abundance of butterflies on arable farmland in England. *Biological Conservation* 36 (1), 71-82.
- Rundlöf, M.; Bengtsson, J.; Smith, H. G. (2008): Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. *Journal of Applied Ecology* 45(3), 813-820.
- Rundlöf, M.; Smith, H. G. (2006): The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology* 43 (6), 1121-1127.

- Saarinen, K. (2002): A comparison of butterfly communities along field margins under traditional and intensive management in SE Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 90 (1), 59-65.
- Schippers, P.; Joenje, W. (2002): Modelling the effect of fertiliser, mowing, disturbance and width on the biodiversity of plant communities of field boundaries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93 (1-3), 351–365.
- Schröder, H. (1988): Primärproduktion von Gehölzpflanzen in Wallhecken von Schlehen-Haseltyp, Bedeutung solcher Hecken für Vögel und Arthropoden sowie einige Pflanzennährstoffbeziehungen zum angrenzenden intensiv bewirtschafteten Feld. Kiel: Schriftenreihe Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie der Christian-Albrechts-Universität Kiel 7.
- Settele, J.; Steiner, R.; Reinhardt, R.; Feldmann, R.; Hermann, G. (2009): Schmetterlinge. Die Tagfalter Deutschlands. 2. Aufl., Stuttgart: Ulmer.
- Skórka, P.; Lenda, M.; Moroń, D.; Kalarus, K.; Tryjanowski, P. (2013): Factors affecting road mortality and the suitability of road verges for butterflies. *Biological Conservation* 159, 148-157.
- Smith, H.; Feber, R. E.; Johnson, P. J.; McCallum, K.; Jensen, S. P.; Younes, M.; MacDonald, D. W. (1993). *The Conservation Management of Arable Field Margins*. Peterborough, UK: English Nature. Zit. in: Field, R. G.; Gardiner, T.; Mason, C. F.; Hill, J. (2005): Agri-environment schemes and butterflies: the utilisation of 6 m grass margins. *Biodiversity & Conservation* 14 (8), 1969-1976.
- Smith, H. G.; Dänhardt, J.; Lindström, A.; Rundlöf, M. (2010): Consequences of organic farming and landscape heterogeneity for species richness and abundance of farmland birds. *Oecologia* 162 (4), 1071-1079.
- Sparks, T. H.; Parish, T. (1995): Factors affecting the abundance of butterflies in field boundaries in Swavesey fens, Cambridgeshire, UK. *Biological Conservation* 73 (3), 221-227.
- Sparks, T. H.; Parish, T.; Hinsley, S. A. (1996): Breeding birds in field boundaries in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 60 (1), 1-8.
- Stein-Bachinger, K.; Fuchs, S.; Gottwald, F.; Helmecke, A.; Grimm, J.; Zander, P.; Schuler, J.; Bachinger, J.; Gottschall, R. (2010): Naturschutzfachliche Optimierung des Ökologischen Landbaus „Naturschutzhof Brodowin. Ergebnisse des E+E-Projektes „Naturschutzhof Brodowin“. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 90, Münster: BfN-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag.
- Südbeck, P.; Andretzke, H.; Fischer, S.; Gedeon, K.; Schikore, T.; Schröder, K. & Sudfeldt, C. (Hrsg.; 2005): *Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands*. Radolfzell.
- Südbeck, P.; Bauer, H.-G.; Boschert, M.; Boye, P.; Knief W. (2007): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 4. Fassung, 30 November 2007. *Ber. Vogelschutz* 44, 23–81.
- Taylor, M. E.; Morecroft, M. D. (2009): Effects of agri-environment schemes in a long-term ecological time series. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130 (1), 9-15.
- Valtonen, A.; Saarinen, K.; Jantunen, J. (2006): Effect of different mowing regimes on butterflies and diurnal moths on road verges. *Animal Biodiversity and Conservation* 29 (2), 133-148.
- Voigtländer, U.; Scheller, W.; Martin, C. (2001): Ermittlung von Ursachen für die Unterschiede im biologischen Inventar der Agrarlandschaft in Ost- und Westdeutschland als Grundlage für die Ableitung naturschutzverträglicher Nutzungsverfahren : Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 808 02 005 des

Bundesamtes für Naturschutz. Münster: BfN Schriftenvertrieb im
Landwirtschaftsverlag.

- Walker, M. P.; Dover, J. W.; Hinsley, S. A.; Sparks, T. H. (2005): Birds and green lanes: Breeding season bird abundance, territories and species richness. *Biological Conservation* 126: 540-547.
- Weibull, A. C.; Bengtsson, J.; Nohlgren, E. (2000): Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography* 23 (6), 743-750.
- Weibull, A. C.; Östman, Ö.; Granqvist, Å. (2003): Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity & Conservation* 12 (7), 1335-1355.
- Wretenberg, J.; Pärt, T.; Berg, A. (2010): Changes in local species richness of farmland birds in relation to land-use changes and landscape structure. *Biological Conservation* 143 (2), 375-381.
- Wuczyński, A.; Dajdok, Z.; Wierzcholska, S.; Kujawa, K. (2014): Applying red lists to the evaluation of agricultural habitat: regular occurrence of threatened birds, vascular plants, and bryophytes in field margins of Poland. *Biodiversity & Conservation* 23 (4), 999–1017.
- Zwölfer, H.; Bauer, G.; Heusinger, G.; Stechmann, D. (1984): Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken. Laufen/Salzach: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege.