

TEXTE

53/2018

Biodiversitätsflächen zur Minderung der Umweltauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln

Anforderungen an Kompensationsmaßnahmen im
Risikomanagement

TEXTE 53/2018

Projektnummer 88644

UBA-FB 002647

Biodiversitätsflächen zur Minderung der Umweltauswirkungen von Pflanzenschutzmitteln

Anforderungen an Kompensationsmaßnahmen im Risikomanagement

von

Hermann Hötter
Michael-Otto-Institut im NABU, Forschungs- und Bildungszentrum für
Feuchtgebiete und Vogelschutz, Bergenhusen

Carsten Brühl
ecocoGbR, Bad Bergzabern

Constanze Buhk, Rainer Oppermann
Institut für Agrarökologie und Biodiversität (IFAB), Mannheim

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Michael-Otto-Institut im NABU
Forschungs- und Bildungszentrum für Feuchtgebiete und Vogelschutz,
Goosstroot 1
24861 Bergenhusen

ecocoGbR
Weinstr. 9
76887 Bad Bergzabern

Institut für Agrarökologie und Biodiversität (IFAB)
Böcklinstr. 27
68163 Mannheim

Abschlussdatum:

März 2018

Redaktion:

Fachgebiet IV 1.3 Pflanzenschutzmittel
Steffen Matezki, Klaus Swarowsky

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Juni 2018

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Projektnummer [88644]

Erweiterung des Risikomanagements durch Kompensationsmaßnahmen – Erfassung und Definition der Kompensationsleistungen geeigneter Managementmaßnahmen

von

Hermann Hötker

Michael-Otto-Institut im NABU, Forschungs- und Bildungszentrum für Feuchtgebiete und Vogelschutz, Goosstroot 1, D - 24861 Bergenhusen

Carsten Brühl

ecocoGbR, Weinstr. 9, 76887 Bad Berzabern

Constanze Buhk, Rainer Oppermann

Institut für Agrarökologie und Biodiversität (IFAB), Böcklinstr. 27, D - 68163 Mannheim

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Abschlussdatum März 2018

Kurzbeschreibung

Die Biodiversität im Agrarbereich ist in den vergangenen Jahrzehnten stark zurückgegangen. Als wesentlicher Grund für die Artenverluste wird die Intensivierung der Landwirtschaft, insbesondere auch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) angesehen. Eine Möglichkeit, Biodiversitätsverluste durch PSM auszugleichen, bieten Kompensationsflächen. In dieser Studie wird die Wirksamkeit von Kompensationsflächen bewertet. Studien an Vögeln und Säugetieren über die Mindestausstattung von Agrar-Lebensräumen mit geeigneten Habitat-Komponenten zeigen, dass deren Flächenanteil mindestens 10 % der Anwendungsfläche biodiversitätsschädigender PSM betragen muss. Für Amphibien, Arthropoden und Pflanzen der Agrarlandschaft liegen kaum entsprechenden Daten vor. Die Ergebnisse von Experteninterviews ergaben 15 % ökologischer Aufwertungsfläche für Vögel und 20% für Ackerwildkräuter.

Für die Umsetzung der Kompensation werden zwei Ansätze vorgeschlagen. Der erste, sehr einfache Ansatz besteht nur aus der Maßnahme „selbstbegrünte Brache“ in Streifenform. Als Kompensation für einen biodiversitätsschädigenden PSM-Einsatz ist eine Brachefläche in der Größe von 10 % der zu behandelnden Fläche nachzuweisen. Der zweite Ansatz basiert auf einem Punktesystem, mit dem die zu erbringenden Kompensationsleistungen mit verschiedenen, darunter auch mit produktionsbezogenen Maßnahmen erfüllt werden können. Das System und die Maßnahmen werden im Detail vorgestellt.

Ein Abgleich zeigt, dass viele der aktuellen Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUM) der Bundesländer prinzipiell mit dem hier vorgeschlagene Punktesystem übereinstimmen. Allerdings sind die Ansätze und Förderbedingungen in den Bundesländern sehr unterschiedlich und umfassen eine breite Spanne der Ausgestaltung.

Abschließend wird der Einfluss der Abdrift auf die kompensatorische Wirkung von Ökologischen Aufwertungsflächen (ÖAF) untersucht.

Abstract

Biodiversity in agricultural landscapes has severely declined in the past decades. Agricultural intensification and the application of plant protection products (PPP) have been discussed as main reasons of species loss. Setting off areas for compensation would be a means to mitigate biodiversity loss through PPP use. This study evaluates the potency of offset areas for compensation. Studies on birds and mammals have shown, that the minimum area required for compensating damages through PPP use needs to comprise no less than 10 % of the size of the total area where PPP are applied. Results from expert interviews in Germany have shown that even 15 % for birds and 20 % herbs and weeds on arable land are required.

Two approaches are introduced on how to compensate PPP use. The first, simple approach consists of fallow strips covering a minimum area of 10 % of the area where PPP have been applied. The second approach is a point-based system where credits can be earned for various measures to compensate for PPP use. These measures can be directly related to agricultural production. The point-based system and adequate measures is presented in detail.

The point-based system can be implemented into existing current federal states' measures within agri-environment schemes and measures to facilitate climate adaptation. Grant conditions, subsidies and the general approach differ widely among the federal states and encompass a broad range of possibilities.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
Zusammenfassung	10
Summary	13
1 Einleitung	15
2 Stand des Wissens zu quantitativen Auswirkungen des Anteils von ÖAF für den Schutz der terrestrischen biologischen Vielfalt	17
2.1 Literaturstudie zu quantitativen Auswirkungen des Anteils von ÖAF auf bestimmte Organismengruppen	18
2.1.1 Vögel in der Agrarlandschaft	18
2.1.2 Säugetiere in der Agrarlandschaft	24
2.1.3 Amphibien in der Agrarlandschaft	24
2.1.3.1 Amphibien und PSM	24
2.1.3.2 Kompensationsmaßnahmen für Amphibien	25
2.1.4 Arthropoden in der Agrarlandschaft	25
2.1.4.1 Arthropoden und PSM	25
2.1.4.2 Kompensationsmaßnahmen für Arthropoden	26
2.1.5 Pflanzen in der Agrarlandschaft	27
2.1.5.1 Pflanzen und PSM	27
2.1.5.2 Kompensationsmaßnahmen für Pflanzen	31
2.1.6 Generelle Studien	31
2.2 Expertinnen- und Experten-Befragungen	32
2.3 Fazit	34
3 Vorschlag eines Kompensationssystems	35
3.1 Kompensation mit der Maßnahme „selbstbegrünte Brache“ in Streifenform (3 – 30 m Breite) als Referenzsystem	36
3.2 Kompensation auf Basis eines Punktesystems	36
3.2.1 Überblick über die Auswahl der Kompensationsmaßnahmen	37
3.2.2 Vorstellung eines Spektrums verschiedener anerkennungsfähiger Maßnahmen	38
3.2.2.1 Gruppe 1 – AMP - Ackerflächen mit Produktion	38
3.2.2.2 Gruppe 2 – AOP - Ackerflächen ohne Produktion	40
3.2.2.3 Gruppe 3 – LOP – Landschaftselemente ohne (landwirtschaftliche) Produktion	44
3.3 Beispielbetriebe	45

3.4	Umsetzung und Kontrolle	48
4	Kompatibilität der aktuell vorliegenden Fördermaßnahmen der Agrar- und Naturschutzprogramme der Bundesländer mit dem Punktesystem.....	50
4.1	Agrar- und Naturschutzprogramme der Bundesländer.....	50
4.2	Fazit zur Anrechenbarkeit von Fördermaßnahmen aus bestehenden Agrar-Förderprogrammen	52
5	Pestizideinträge	53
6	Quellenverzeichnis.....	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Blühaspekt in der Parzelle einer Kontrolle (vorne) und einer Behandlung mit für Feldsäume relevanten Mengen von Herbizid, Dünger und Insektizid nach drei Jahren.	29
Abbildung 2	Größenverteilung von Raupen der Kohleule nach dem Fraß von behandeltem Scharfen Hahnenfuß.	30
Abbildung 3:	Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft. Beispiel 1.	46
Abbildung 4:	Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft. Beispiel 2.	47
Abbildung 5:	Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft. Beispiel 3.	48
Abbildung 6:	Schema des Pestizideintrags in an Flächenkulturen angrenzende Kompensationsflächen via Abdrift und Überspritzung.	54
Abbildung 7:	Pestizidanwendung am Rand einer zu behandelnden Fläche unter Beachtung der Anwendungs- und Verwendungsbestimmungen.....	55
Abbildung 8:	Geschätzter Eintrag von Pestiziden in Flächen mit Kompensationsmaßnahmen im Abstand zur jeweiligen Kultur.	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Anteile von ÖAF in der Landschaftsstruktur, die bei verschiedenen europäischen Vogelarten zu positiven Effekten (Bestandsanstieg oder erhöhte Dichte) führten.....	19
Tabelle 2:	Anteile von ÖAF in der Landschaftsstruktur, die bei verschiedenen europäischen Vogelarten zu positiven Effekten (Bestandsanstieg oder erhöhte Dichte) führten.....	24
Tabelle 3:	Schätzung Ist-Zustand und Vorschlag Soll-Zustand für die Hauptregionen.....	32
Tabelle 4:	Ergebnisse der Expertinnen- und Expertenfrage zum Maßnahmenbedarf von 10 Vogelarten mit Habitatnutzung im Acker.....	33
Tabelle 5:	Ergebnisse der Expertinnen und Expertenfrage zum Maßnahmenbedarf von sieben Pflanzenarten des Ackerlandes.....	34
Tabelle 6:	Maßnahmenübersicht mit Bepunktung in Kurzfassung.....	49
Tabelle 7:	Maßnahmentypen im Greening (Ökologische Vorrangflächen) bzw. in den Agrarumweltprogrammen der Bundesländer.....	51

Abkürzungsverzeichnis

AMP	Ackerflächen mit landwirtschaftlicher Produktion
AOP	Ackerflächen ohne landwirtschaftliche Produktion
AUM	Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen der Bundesländer
LOP	Landschaftselemente ohne landwirtschaftliche Produktion
MTI	Margin Treatment Index
NT-Auflage	Anwendungsbestimmungen zum Schutz von Nichtzielorganismen
ÖAF	Ökologische Aufwertungsfläche
PSM	Pflanzenschutzmittel

Zusammenfassung

Die Biodiversität im Agrarbereich ist in den vergangenen Jahrzehnten stark zurückgegangen. Dies gilt für viele verschiedene Organismengruppen von den Gefäßpflanzen über die Arthropoden bis zu Amphibien, Vögeln und Säugetieren. Als wesentlicher Grund für die Artenverluste und die negativen Populations-trends wird die Intensivierung der Landwirtschaft angesehen. Pflanzenschutzmittel (PSM) haben einen entscheidenden Beitrag zur dieser Intensivierung geleistet. Ohne PSM wären intensive Anbauverfahren mit ihren hohen Düngergaben und ihren dichten Nutzpflanzenbeständen nicht denkbar. PSM können die Biodiversität schädigen, indem sie direkt toxisch auf Nicht-Ziel-Organismen wirken, oder indirekt, indem sie die Nahrung, die Wirtspflanzen oder -tiere oder die Deckung für Nicht-Ziel-Organismen beeinflussen. Die Wirkungspfade von PSM unterscheiden sich zwischen den Organismengruppen. Die Zusammenhänge zwischen PSM und dem Rückgang der Biodiversität konnten in mehreren Studien klar belegt werden.

Den nachgewiesenen Wirkungen von PSM auf die Biodiversität im Agrarbereich stehen gesetzliche Vorschriften und politische Ziele zum Erhalt der Biodiversität gegenüber. Die EU-Kommission schreibt in ihrer Verordnung (EC) 1107/2009 vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln vor, dass der Gebrauch von PSM keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt haben dürfe.

Da PSM, wenn sie im Freiland angewendet werden, immer eine Auswirkung auf die Biodiversität im Anwendungsbereich haben, ist die Erfüllung der Vorgaben der oben genannten Verordnung nicht trivial. Als eine der Möglichkeiten, die Biodiversitätsverluste durch PSM auszugleichen, werden Kompensationsflächen diskutiert.

In der hier vorliegenden Studie sollen die Anforderungen an die Leistung und Bewertung vorhandener ökologischer Aufwertungsflächen (ÖAF) zur Kompensation PSM-bedingter Biodiversitätsverluste zu einem Konzeptvorschlag weiterentwickelt werden, der im Bedarfsfall schnell in die Praxis umgesetzt werden kann. Im Einzelnen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- ▶ Wie viel Kompensation bzw. welcher Anteil von ÖAF ist in der Agrarlandschaft nötig um Populationen erhalten zu können?
- ▶ Welche Typen von ÖAF gibt es, die so wirksam sind, dass sie Beiträge zur Kompensation von PSM-bedingten Biodiversitätsverlusten leisten können? Welche Instrumente gibt es bereits in Deutschland, zum Beispiel in Form der Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUM) der Bundesländer, wie biodiversitätswirksam sind diese und kann daraus ein Instrumentenkasten i.S. eines Systems zur Anerkennung der Kompensationsleistung vorhandener Flächen entwickelt werden?
- ▶ Wie lässt sich die für einen Anwendungsvorbehalt erforderliche Anerkennung der vorhandenen Kompensationsleistung praktisch umsetzen?

Der Stand des Wissens zur quantitativen Auswirkungen des Anteils von ÖAF für den Schutz der terrestrischen biologischen Vielfalt wurde mit einer Literaturstudie und einer Umfrage unter Expertinnen und Experten in Deutschland dargestellt. Es zeigte sich, dass es nur vergleichsweise wenige Studien gibt, die zeigen, wie hoch der Anteil an ÖAF in der Landschaft sein muss, um eine Kompensation von durch PSM verursachten Schäden zu gewährleisten. Untersuchungen an Vögeln und Säugetieren zeigen, dass dieser mindestens 10 % betragen muss. Für Amphibien, Arthropoden und Pflanzen der Agrarlandschaft liegen keine entsprechenden Daten vor. Studien, die mehrere Organismengruppen gleichzeitig betrachten, kommen zu höheren Werten (maximal 21 %). Die Umfragen unter Expertinnen und Experten in Deutschland ergaben 15 % für Vögel und 20 % für Ackerwildkräuter, jeweils bezogen auf Ackerflächen.

Der sowohl in der Literaturstudie als auch in der Umfrage wichtigste ÖAF-Typ war die mehrjährige selbstbegrünte Brache. Allerdings können durch Brachen nicht alle Auswirkungen von PSM kompensiert werden, weswegen weitere flankierende Maßnahmen empfohlen werden.

Das Vorhandensein von 10 % ÖAF (bezogen auf mehrjährige, selbstbegrünte Brache) im Landschaftskontext ist bezogen auf die Wirkungen von PSM als Mindestwert für eine Kompensation von PSM-Anwendungen anzusehen.

Für die Umsetzung der Kompensation werden zwei Ansätze vorgeschlagen. Der erste, sehr einfache, erreicht die Kompensation nur mit der Maßnahme „selbstbegrünte Brache“ in Streifenform (3 – 30 m Breite). Der Landwirt muss vor der Durchführung eines kompensationspflichtigen PSM-Einsatzes 10 % der zu behandelnden Fläche als selbstbegrünte Brache angelegt haben, und zwar möglichst auf derselben Ackerfläche oder in der Nähe des Feldes mit PSM-Einsatz. Dabei ist entscheidend, dass diese Flächen vor der Durchführung des PSM-Einsatzes zur Verfügung stehen, damit die Arten auf die selbstbegrünte Brache als einem alternativen, nicht durch PSM beeinträchtigten Lebensraum ausweichen können. Mögliche Nachteile der einfach durchzuführenden Maßnahme sind, dass sich auf nährstoffreichen Böden auf brachliegenden Flächen ein großes Unkrautpotential entwickeln kann und dass Brachen nur für einen Teil der möglichen Schädigungen durch PSM kompensieren können.

Daher wird als zweiter Ansatz ein Punktesystem vorgestellt, mit dem die zu erbringenden Kompensationsleistungen auch mit produktionsbezogenen Maßnahmen erfüllt werden können. Als Grundprinzip ist vorgesehen, dass jeder Landwirt, der einen kompensationspflichtigen Pestizideinsatz durchführt, für den entsprechenden Flächenumfang eine Mindestanzahl von Kompensationspunkten nachweisen muss. Wie und auf welchen Flächen er die Kompensationsmaßnahmen durchführt, bleibt ihm dabei selbst überlassen. Aus landwirtschaftlicher und aus ökologischer Sicht bringt dieser Ansatz die Vorteile, dass Schädigungen durch PSM für mehr Organismen als nur die von Brachen profitierenden kompensiert werden können, und dass Unkrautproblematiken durch eine größere Auswahl möglicher Kompensationsmaßnahmen entschärft werden können.

Die Maßnahmen, die zur Anlage von Kompensationsflächen nötig sind, werden genau beschrieben. Dabei wird zwischen Maßnahmen auf Ackerflächen mit Produktion (z. B. Lichtäcker), Maßnahmen auf Ackerflächen ohne Produktion (z. B. Blühstreifen) und Landschaftselementen (ohne Produktion) unterschieden. Das Punktesystem wird detailliert erläutert und begründet. Die unterschiedliche Be-punktung verschiedener Maßnahmen spiegelt deren ökologische Wertigkeit wider. Konkrete Rechenbeispiele an fiktiven Betrieben verdeutlichen die Wirkungsweise des Systems.

Ein Abgleich der AUM der Bundesländer zeigte, dass sich die aktuellen AUM prinzipiell mit den Maßnahmen des hier vorgeschlagene Punktesystem übereinstimmen. Allerdings sind die Ansätze und Förderbedingungen in den Bundesländern oftmals sehr unterschiedlich und umfassen eine breite Spanne der Ausgestaltung. Dies bedeutet, dass bereits jetzt eine ganze Reihe der über Greening und AUM durchgeführten Maßnahmen wegen ihrer Kompensationsleistung auch unter Pflanzenschutzrecht anerkennungsfähig wären, allerdings von Bundesland zu Bundesland in sehr unterschiedlicher Weise. Für einige wichtige Maßnahmen gibt es derzeit nur sehr vereinzelt Fördergelder, insbesondere produktionsintegrierte Maßnahmen, z.B. Lichtäcker.

Die mögliche Reaktion der Landwirte und die Kontrollmöglichkeiten werden diskutiert. Nach übereinstimmender Einschätzung der beteiligten Autoren würde sich das Fördersystem der AUM sehr schnell an einem qualitativ differenzierten Maßnahmenkatalog orientieren, wenn dies für eine Vielzahl von Landwirten bundesweit relevant würde.

Abschließend wird der Einfluss der Abdrift auf die kompensatorische Wirkung von ÖAF untersucht. Auf Grund der allgemeinen Wirksamkeit von Pestiziden ist ein Eintrag in Kompensationsflächen, die dem Erhalt und der Steigerung der Biodiversität dienen sollen, nicht wünschenswert. Angrenzend an

ÖAF ist auf den Äckern zumindest der Einsatz von Randdüsen und abdriftmindernder Technik notwendig. Ein zusätzlicher Abstand zwischen behandelter Kultur und Kompensationsfläche kann durch Forderung einer minimalen Breite der angelegten Strukturen der verschiedenen Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden.

Summary

In agricultural landscapes, biodiversity has severely declined in the past decades. This is true for many different taxonomic groups from vascular plants to arthropods to amphibians to birds and mammals. A major cause for declines in species diversity and negative population trends lies in the intensification of farming. Plant protection products (PPPs) have promoted agricultural intensification noticeably. Without PPPs, modern, conventional high-yield cropping systems with high demands for fertilizers and a dense cover of crops would not be possible. PPPs can affect biodiversity either directly by being toxic for non-targeted organisms or indirectly by affecting food, hosts or cover for non-targeted organisms. The effects of PPPs on organisms differ widely. A relationship between PPP use and the decline of biodiversity has been shown in several studies.

The scientifically proven negative effects of PPPs on biodiversity in agricultural landscapes are contradictory to the political aims to preserve biodiversity. Regulation (EC) No. 1107/2009 of the EU Parliament and the Council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market states that substances should only be included in plant protection products where it has been demonstrated that they are not expected to have any unacceptable effects on the environment.

It is not trivial to fulfil the requirement of this regulation as PPPs, when applied in the field, always affect biodiversity at least in the near surroundings of the application area. A means to mitigate biodiversity loss through the application of PPPs could be to set-off areas for compensation.

This study proposes methods on how to determine and evaluate the requirements of existing ecological compensation areas to mitigate PPP-related biodiversity loss. The proposed methods are ready to use and can be put into action whenever required. This study gives guidelines to the following questions:

- ▶ What is the proportion of ecological compensation areas needed in agricultural landscapes to preserve populations?
- ▶ Which types of ecological compensation areas are suitable to help mitigating PPP-related biodiversity loss? Which types of instruments do exist already (like e.g. federal states' measures within agri-environment schemes and measures to facilitate climate adaptation)? How effective are they in preserving biodiversity? Can they be combined in a toolbox that will direct procedures on how to accept which compensation measures of existing ecological compensation areas.
- ▶ How to initiate and implement procedures to receive conditional permits to apply plant protection products subject to provide approved compensation measures.

The State of knowledge on the quantitative impact of the proportion of ecological compensation areas on the protection of terrestrial biodiversity was presented on the basis of a literature study and a survey of experts in Germany. It has become obvious that only few studies have collected sound knowledge on the extent of ecological compensation areas needed to mitigate PPP-induced damages to nature. They show that, for birds and mammals, the extent needs to be no less than 10%. There was no corresponding data for amphibians, arthropods and plants in agricultural landscapes. Studies that have integrated several groups of organisms have found that larger areas are needed (up to 21 %). Results from expert interviews suggest 15 % set-off areas for birds, and 20 % set-off area for natural herbs and weeds on arable land.

The most effective type of ecological compensation areas revealed both in the literature review and the expert survey were perennial unsown fallow areas. Yet, such fallow land cannot compensate for all negative effects of PPP use, which is why necessary accompanying measures are recommended.

A conservative approach would be to accept a 10 % ecological compensation area of the type of perennial unsown fallow land within the context of the landscape to mitigate PPP use.

This study proposes two approaches to implement measures to compensate for PPP use. The first, very simple approach, achieves the compensation only with the measure "unsown fallow land" in strip form (3 – 30 m width). The farmer must demonstrate that 10 % of the area to be treated is managed as unsown fallow land, preferably on the same arable land or near the field with PPP use, before carrying out a PPP operation requiring compensation. It is crucial that these areas are available before the use of PPPs so that effects can be compensated when they occur. Potential limitations and disadvantages of this approach might arise on highly fertile soils where unwanted weeds can potentially become the dominant species, and such fallow land might then only be partially suitable to compensate for damages to nature caused by the application of PPP.

The second approach is a point-based system, in which compensation measures can be met within the day-to-day farming operations. The basis of this approach is that a farmer who plans to use PPP for which there is a requirement to compensate the damage for nature needs to collect points for compensation measures. There is a minimal number of points required for a given area. How and on which areas such compensation measures are implemented is up to the farmer. From an agricultural and an ecological perspective, this approach has the advantage that damage to nature by the application of PPP can be compensated for more species than only those profiting from unsown fallow land. Also, the magnitude of weed problems can be mitigated as farmers can choose from a larger variety and range of areas and fields.

How such compensational areas need to look like is described in detail in this study. The study distinguishes between measures on arable land with crops (e.g. reducing crop densities), measures on arable land without crops (e.g. fallow strips with flowering plants) and landscape features not part of the agricultural production, such as hedges or hedgerows, clearance cairns, ponds. The study gives details on how a point-based system will work, e.g. how different measures get awarded with different points respecting the ecological value of the measure. Examples from fictitious farms will illustrate the effectiveness of this system.

Comparing the measures suggested in the point-based system with existing German federal states' measures within agri-environment schemes and measures to facilitate climate adaptation shows that they could be merged. However, approach and conditions for funding often vary widely among the German federal states. This means that a whole range of existing measures (measures implemented within agri-environment schemes, measures to facilitate climate adaptation and "greening") would already be eligible under plant protection law because of their compensatory performance. Still, every federal state has different regulations and procedures. For some of the effective measures such as e.g. reducing crop density on arable land only few funds are available.

The study discusses possible reactions of farmers and ways to inspect and supervise measures implemented. Existing federal states' support schemes of measures within agri-environment schemes and measures to facilitate climate adaptation can potentially be easily adapted to a point-based system suggested on a short-term notice if needed.

Finally, the study discusses the impact of PPP drift on beneficial effects of ecological compensation areas. Ecological compensation areas provide shelter for non-target species and help to keep and increase biodiversity, consequently, contamination via spray drift is not desirable. When applying PPP adjacent to ecological compensation areas the use of PPP drift minimizing technology is mandatory. Additional distance between cultivated area with PPP application and compensation areas can be granted by setting minimum standards as to how wide structures or buffer strips need to be.

1 Einleitung

Die Biodiversität im Agrarbereich ist in den vergangenen Jahrzehnten stark zurückgegangen. Dies gilt für viele verschiedene Organismengruppen von den Gefäßpflanzen über die Arthropoden bis zu Amphibien, Vögeln und Säugetieren (Brühl et al. 2015, EFSA PPR Panel 2014, Robinson & Sutherland 2002, Stoate et al. 2001). Als wesentlicher Grund für die Artenverluste und die negativen Populations-trends wird die Intensivierung der Landwirtschaft angesehen (Benton et al. 2002, Billeter et al. 2008, Flohre et al. 2011, Smith et al. 2005, Tscharrntke et al. 2005). Mittlerweile werden die Biodiversitätsverluste auch in einer breiteren Öffentlichkeit diskutiert. So erregte in jüngster Zeit der massive Rückgang von Fluginsekten (Hallmann et al. 2017) eine hohe internationale Aufmerksamkeit. Der Insektenrückgang war zwar überwiegend in nordrhein-westfälischen Naturschutzgebieten beobachtet worden, diese sind jedoch in eine intensiv genutzte Kulturlandschaft eingebettet, so dass ein Bezug zur Landwirtschaft nahe liegt.

Pflanzenschutzmittel (PSM) haben einen entscheidenden Beitrag zur Intensivierung der Landwirtschaft geleistet. Ohne PSM wären moderne, konventionelle und ertragreiche Anbauverfahren mit ihren hohen Düngergaben und ihren dichten Nutzpflanzenbeständen nicht denkbar (Jahn et al. 2014). Der Einsatz von PSM und hohe Düngergaben sowie die Mechanisierung in der Landwirtschaft sind eng miteinander verflochten, wobei der Einzelbeitrag der PSM nicht immer leicht zu erkennen ist.

Grundsätzlich können PSM Nicht-Ziel-Organismen dadurch schädigen, dass sie toxisch wirken und diese entweder töten (letale Wirkung) oder so schädigen, dass sie in ihren Lebensfunktionen (vor allem bei der Fortpflanzung) behindert sind (sub-letale Wirkung). PSM können aber auch indirekte Wirkungen entfalten, indem sie die Nahrung, die Wirtspflanzen oder -tiere oder die Deckung für Nicht-Ziel-Organismen schädigen (Boatman et al. 2004, Jahn et al. 2014). Hinzu kommen die oben genannten allgemeinen Beiträge von PSM zur Intensivierung der Landwirtschaft. Die Wirkung der PSM auf die Agrarumwelt geht aber auf jeden Fall weit über rein toxische Wirkungen auf bestimmte Organismen hinaus.

Auf die verschiedenen Organismen können PSM unterschiedliche Wirkungen entfalten. Für Wildpflanzen können PSM, insbesondere Herbizide toxisch wirken. Ähnliches gilt für Arthropoden hinsichtlich der Insektizide. Arthropoden können aber auch indirekt durch den Verlust ihrer Wirtspflanzen bzw. ihrer Wirtstiere betroffen sein. Pflanzen können umgekehrt durch Insektizide ihre Bestäuber verlieren (Biesmeijer et al. 2006). Säugetiere können durch Rodentizide getötet werden, aber auch durch Herbizide ihre Nahrung und Deckung verlieren (Jahn et al. 2014). Amphibien können durch PSM sowohl direkten toxischen meist subletalen Wirkungen, als auch indirekten Wirkungen ausgesetzt sein (Brühl et al. 2015). Vögel leiden überwiegend durch die indirekten Auswirkungen von PSM (Jahn et al. 2014), vor allem durch Insektizide, da fast alle Vögel der Agrarlandschaft (außer Greifvögel und Hänflinge) ihre Küken überwiegend mit Arthropoden ernähren (Benton et al. 2002, Brickle et al. 2000, Morris et al. 2005).

Durch zahlreiche Untersuchungen konnten die Zusammenhänge zwischen PSM und dem Rückgang der Biodiversität klar belegt werden: Pflanzen (Boutin et al. 2014, EFSA PPR Panel 2014, Schmitz et al. 2015, Strandberg et al. 2012); Arthropoden (EFSA PPR Panel 2015, Geiger et al. 2010, Poulin et al. 2010); Amphibien: Zusammenfassung in Brühl et al. (2015); Nahrungsnetz Pflanzen – Arthropoden – Wirbeltiere: Brühl et al. (2015); Vögel (Boatman et al. 2004, Hallmann et al. 2014, Jahn et al. 2014).

Den nachgewiesenen Wirkungen von PSM auf die Biodiversität im Agrarbereich stehen politische Ziele zum Erhalt der Biodiversität gegenüber, wie sie die deutsche Bundesregierung in ihrer Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 2007) und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit in seiner Naturschutz-Offensive 2020 (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

(BMUB) 2015) zum Ausdruck gebracht haben. Auch auf internationaler politischer Ebene gibt es erhebliche Bemühungen zum Erhalt der Biodiversität, sowohl innerhalb der EU mit der Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020 (Europäische Union 2011) als auch global im Nagoya-Protokoll von 2010 der UN-Konvention über biologische Vielfalt (CBD) (<https://www.bmub.bund.de/themen/natur-biologische-vielfalt-arten/naturschutz-biologische-vielfalt/internationales-eu/nagoya-protokoll/>).

Die EU-Kommission schreibt in ihrer Verordnung (EC) 1107/2009 vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2009) vor, dass der Gebrauch von PSM keine unakzeptablen Auswirkungen auf die Umwelt haben dürfe. In der Verordnung sind explizit Nicht-Ziel-Organismen sowie Auswirkungen auf die Biodiversität und das Ökosystem genannt. Die Mitgliedstaaten der EU sind zur Umsetzung dieser Verordnung verpflichtet.

Da PSM, wenn sie im Freiland angewendet werden, selbst wenn sie sehr spezifisch wirken, immer eine Auswirkung auf die Biodiversität im Anwendungsbereich haben, ist die Erfüllung der oben genannten Richtlinie nicht trivial. Dies gilt natürlich besonders für sehr breit wirkende PSM wie etwa Totalherbizide. Es trifft auch zum Beispiel für den Herbizideinsatz zur Sikkation zu, der genau in die Zeit fällt in der der Futterbedarf für viele Vogelarten besonders hoch ist (Versorgung der Jungen) und viele Felder wegen der Ernte und ggf. direkt folgendem Umbruch als Nahrungshabitate ausfallen.

Jahn et al. (2014) haben im Auftrag des Umweltbundesamtes verschiedene Maßnahmen des Risikomanagements für PSM-Anwendungen referiert und dafür eine Reihe von Methoden zur Reduktion der PSM-Auswirkungen auf Nicht-Ziel-Organismen und die Biodiversität zusammengestellt und hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkung und praktischen Anwendbarkeit beurteilt. Es zeigten sich zwei grundsätzlich verschiedene Wege.

- ▶ Die räumliche, zeitliche oder mengenmäßige Reduktion der angewendeten PSM-Mengen
- ▶ Die Anlage von Kompensationsflächen (ohne PSM), die die Biodiversitätsverluste durch PSM ausgleichen

Die alleinige Reduktion der PSM-Anwendungsmengen wurde als insgesamt für die zu erreichenden Ziele als unzureichend beurteilt. Außerdem wurde sie als schwer kontrollierbar angesehen. Die PSM-Anwendung unter den Vorbehalt zu stellen, dass ausreichend Kompensationsflächen vorhanden sind, wurde hingegen als erfolgversprechender Ansatz zum flächendeckenden Schutz der Biodiversität vor PSM identifiziert - zumal zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass ÖAF generell die Biodiversität im Agrarbereich steigern können und positiv auf die Populationen zahlreicher Taxa wirken (Birrer et al. 2014), wobei Qualität und Quantität der ÖAF entscheidend sind (Birrer et al. 2007, Meichtry-Stier et al. 2014). Zudem zeigten Jahn et al. (2014), dass die besonders PSM-Einsätzen besonders empfindlichen Vogelarten sehr stark von den Kompensationsmaßnahmen profitieren könnten.

In der hier vorliegenden Studie sollen die Anforderungen an die Leistung und Bewertung vorhandener ÖAF zur Kompensation PSM-bedingter Biodiversitätsverluste zu einem Konzeptvorschlag weiterentwickelt werden, der im Bedarfsfall schnell in die Praxis umgesetzt werden kann. Im Einzelnen sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- ▶ Wie viel Kompensation bzw. welcher Anteil von ökologischen Aufwertungsflächen (ÖAF) ist in der Agrarlandschaft nötig, um Populationen erhalten zu können? Bezugspunkt soll der Anteil von Brachflächen sein.
- ▶ Welche Typen von ÖAF gibt es, die so wirksam sind, dass sie Beiträge zur Kompensation von PSM-bedingten Biodiversitätsverlusten leisten können? Welche Instrumente gibt es bereits in Deutschland, zum Beispiel in Form der Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUM) der Bundesländer, wie biodiversitätswirksam sind diese und kann daraus ein Instrumentenkasten im

Sinne eines Systems zur Anerkennung der Kompensationsleistung vorhandener Flächen entwickelt werden?

- Wie lässt sich die für einen Anwendungsvorbehalt erforderliche Anerkennung der vorhandenen Kompensationsleistung praktisch umsetzen? Kann ein entsprechendes Punktesystem entwickelt werden?

Da PSM in nur relativ geringem Umfang im Grünland angewendet werden, beschränken sich die Betrachtungen auf Ackerstandorte. Raumkulturen mit hohen PSM-Applikation wie zum Beispiel der Obst- und Weinbau werden mit berücksichtigt, sofern Erkenntnisse vorliegen.

Der Bezugsraum der Studie ist Deutschland. Viele grundlegende Untersuchungen sind jedoch in anderen, meist europäischen Ländern durchgeführt worden, wie etwa in Großbritannien und der Schweiz. Sofern ein Bezug zu den Verhältnissen in Deutschland erkennbar war, wurden auch diese Untersuchungen genutzt.

Die in dieser Studie behandelten ÖAF verfolgen das Ziel, die Biodiversität für eine Vielzahl taxonomischer Gruppen zu fördern und damit PSM-Auswirkungen zu kompensieren. Erfahrungen mit der Anwendung der gängigen Maßnahmen zeigen, dass diese insbesondere häufigen, aber kaum seltenen und bedrohten Arten zu Gute kommen (Birrer et al. 2007). Für besonders gefährdete Arten sind deshalb trotz ÖAF spezielle Maßnahmen nötig. Dies gilt zum Beispiel auch für gefährdete Ackerwildkräuter, die in speziellen Kulturen gepflegt werden müssen (EFSA PPR Panel 2014, Meyer & Leuschner 2015). Es sollte deshalb eine Vielfalt an Maßnahmen zur Verfügung stehen (siehe Kap. 3).

In dieser Studie wird zunächst anhand einer Literaturzusammenstellung und einer Umfrage an Expertinnen und Experten die Frage behandelt, wie potentielle Kompensationsmaßnahmen auf eine Reihe von Organismengruppen wirken und welche Schlussfolgerungen daraus für die Frage gezogen werden können, welcher Mindestanteil an wirksamen Flächentypen in der Landschaft vorhanden sein muss, um PSM-Auswirkungen weitgehend kompensieren zu können (Kap. 2). In Kap. 3 wird zunächst ein sehr einfaches, nur auf mehrjährigen Ackerbrachen basierendes Kompensationssystem dargestellt. Daneben wird ein umfassenderes System zur Anerkennung vorhandener Kompensationsleistungen unterbreitet und anhand von publizierten Befunden begründet. Die verschiedenen für eine Anerkennung berücksichtigten Flächentypen werden über ein einfaches Punktesystem gewichtet. Das vorgeschlagene System wird in Kap. 4 exemplarisch mit den von den Bundesländern angebotenen Agrarumweltmaßnahmen verglichen, um mögliche Abweichungen oder Synergien herauszuarbeiten. Abschließend werden kurz die Methoden zur Ausbringung der PSM auf den Ackerflächen beschrieben (Kap. 5). Dabei steht die Frage nach der Abdrift von PSM im Vordergrund, da potentielle Kompensationsflächen ja nahe an Anwendungsflächen liegen werden und durch Abdrift von PSM in ihrer Kompensationsfähigkeit geschmälert werden könnten.

2 Stand des Wissens zu quantitativen Auswirkungen des Anteils von ÖAF für den Schutz der terrestrischen biologischen Vielfalt

Es ist offensichtlich, dass ÖAF für den Erhalt der Biodiversität in Agrarlandschaften nicht nur in ausreichender Qualität sondern auch Quantität zur Verfügung stehen müssen (Meichtry-Stier et al. 2014). Die Frage, welche Landschaftsanteile im Landschaftskontext minimal vorhanden sein müssen, um wenigstens stabile Populationen zu gewährleisten und so auch negative Auswirkungen von PSM kompensieren zu können, muss vor allem für mobile Organismen mit hohem Raumbedarf beantwortet werden (Vögel, Säugetiere, Amphibien, mobile Insekten). Für die weniger mobilen Organismen sind hingegen die Größe und die Vernetzung der einzelnen Flächen des geeigneten Lebensraumes entscheidend. Dementsprechend entfalten ÖAF in reich strukturierten Agrarlandschaft eine geringere relative Wirkung als in sehr monotonen Agrarlandschaften (Batary et al. 2010). Mobile Organismen mit hohem

Raumbedarf nutzen innerhalb ihrer Aufenthaltsgebiete (home ranges, Reviere) in verschiedenen Teil Lebensräumen unterschiedliche Ressourcen, z. B. Hecken als Brutplatz und Brachen als Nahrungsquelle. Sie können es tolerieren, dass Teile des Gebietes wie zum Beispiel Äcker weniger gut nutzbar sind, aber immerhin zur Offenheit der Landschaft beitragen oder als Balzplatz verfügbar sind. Für weniger mobile Organismen mit geringerem Raumbedarf ist dagegen die Konnektivität des Lebensraumes entscheidend. Im Sinne einer Metapopulation begünstigt die Konnektivität verschiedenere Habitatfragmente den Austausch dort befindlicher Teilpopulationen, sodass das Aussterben einer Teilpopulation durch eine Wiederbesiedlung durch eine andere Teilpopulation eher ausgeglichen werden kann.

Die Unterschiedlichkeit der Ansprüche verschiedener Organismengruppen und Arten an ihre Lebensräume und auch die Diversität der Regionen und der Lebensräume in ihnen zeigt ganz deutlich, dass es kaum möglich ist, einen einzelnen bestimmten Wert für den Anteil an ÖAF-Flächen in der Landschaft zu finden, der ausreichend ist, um zum Beispiel den Verlust der Biodiversität durch den Pflanzenschutzmitteleinsatz innerhalb der Anwendungsflächen zu kompensieren. Je nachdem, welche Ressource für eine Art die limitierende ist und welche Typen von ÖAF angeboten werden, wird das Ergebnis unterschiedlich sein. Trotz dieser wissenschaftlich leicht belegbaren Schwierigkeit der Normenfindung ist es für die Praxis unumgänglich, eine feste Zahl oder wenigstens ein einfaches System zu entwickeln, welches ohne weitere Voruntersuchung vor Ort eine vernünftige Lösung anbietet. Die im Folgenden entwickelte Zahl ist vor dem Hintergrund dieses Dilemmas zu sehen. Nichtsdestotrotz soll versucht werden, die vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen zusammenzustellen und auszuwerten um eine nachvollziehbare Grundlage für die Wahl der Zahl zu geben.

Theoretisch lässt sich in einfacheren Systemen der Mindestanteil geeigneter Flächen berechnen. Wenn zum Beispiel die Insektendichte an Stellen mit PSM-Applikationen und an Stellen ohne bekannt ist und der Nahrungsbedarf und der Jagderfolg der Vögel bekannt ist, lässt sich so eine Rechnung durchführen (DEFRA 2005), was aber unseres Wissens nach aufgrund des entsprechenden Datenmangels noch nicht geschehen ist.

In diesem Kapitel sollen zunächst die verfügbaren Ergebnisse der Studien zum Mindestanteil von ÖAF für Vögel und Säugetiere dargestellt werden und anhand der Amphibien, Arthropoden und Pflanzen aufgezeigt werden, welche Lebensraumansprüche erfüllt sein müssen, um Populationen dauerhaft zu erhalten. Danach werden Studien betrachtet, die mehrere taxonomische Gruppen gleichzeitig untersuchen. In einem zweiten Schritt sollen die Ergebnisse einer noch nicht veröffentlichten Umfrage im Auftrag der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter Expertinnen und Experten vorgestellt werden, die den Maßnahmenbedarf ermittelt, um mittel- bis langfristig die Biodiversität der Arten der Kulturlandschaft zu sichern bzw. wiederherzustellen. Diese Studie ergänzt die Ergebnisse der Literaturstudie.

2.1 Literaturstudie zu quantitativen Auswirkungen des Anteils von ÖAF auf bestimmte Organismengruppen

2.1.1 Vögel in der Agrarlandschaft

Die Agrarlandschaften Europas bieten einer großen Zahl von Vogelarten Lebensräume für die Reproduktion, für die Rast während des Vogelzugs oder als Winterquartier (Flade 1994, Pain & Pienkowski 1997). In Mitteleuropa nutzen mindestens 50 Vogelarten sehr regelmäßig landwirtschaftliche Nutzflächen, viele Arten brüten auch auf denselben. Während einige der auf den Äckern und Wiesen rastenden Vögel von der Intensivierung der Landwirtschaft profitiert haben wie etwa die Gänse (Fox & Madsen 2017), gehören die Brutvögel der Agrarlandschaft zu den insgesamt am stärksten gefährdeten Vogelgilden (Grüneberg et al. 2015).

Studie		Aebischer et al. 2014	Flade et al. 2007, Flade 2012	Melchtry-Stier et al. 2014	Jenny 2011	Wagner et al. 2014	Martinez et al. 2017	Henderson et al. 2012	Aebischer & Ewald 2004	Gottschalk & Beeke 2014	Hoffmann et al. 2012 (Tab. 43)
	+	5							4	7	
Fasan	-	9				7,5					
	+	5				13,5					
Wachtel	-			<9							
	+			>9							
Kiebitz	-							<3			
	+							>10			
Ringeltaube	-	5									
	+	9									
Turteltaube	-										
	+	5									
Grünspecht	-										
	+	5									
Neuntöter	-			<9			1,7				
	+			>9			9				
Feldlerche	-	9		<9				<3			
	+	5		>9				>10			>19
Wiesenschafstelze	-										
	+	5									<4
Heckenbraunelle	-	9									
	+	5									
Braunkehlchen	-										
	+										>40
Rotkehlchen	-	9									
	+	5									
Singdrossel	-	9									
	+	5									

Studie		Aebischer et al. 2014	Flade et al. 2007, Flade 2012	Melchtry-Stier et al. 2014	Jenny 2011	Wagner et al. 2014	Martinez et al. 2017	Henderson et al. 2012	Aebischer & Ewald 2004	Gottschalk & Beeke 2014	Hoffmann et al. 2012 (Tab. 43)
Klappergrasmücke	-										
	+	59									
Dorngrasmücke	-			<9							
	+	59		>9	10						
Sumpfrohrsänger	-			<3							
	+			>3							
Elster	-										
	+	9									
Dohle	-										
	+	59									
Saatkrähe	-										
	+	9									
Rabenkrähe	-										
	+	59									
Star	-	9									
	+	5									
Haussperling	-	59									
	+										
Feldsperling	-	9									
	+										
Buchfink	-	9									
	+										
Grünfink	-	9									
	+	5									
Stieglitz	-										

Studie		Aebischer et al. 2014	Flade et al. 2007, Flade 2012	Meichtry-Stier et al. 2014	Jenny 2011	Wagner et al. 2014	Martinez et al. 2017	Henderson et al. 2012	Aebischer & Ewald 2004	Gottschalk & Beeke 2014	Hoffmann et al. 2012 (Tab. 43)
	+	5									
Hänfling	-	9						<3			
	+	5						>10			
Goldammer	-	9		<9			1,7	<3			
	+	5		>9			9	>10			8
Rohrammer	-										
	+	5									
Grauammer	-		7	<9							
	+		10	>9							>24

Es ist offensichtlich, dass die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse durch die gewählten Untersuchungsansätze beeinflusst wurden. So wurden auf der Hope Farm und auf der Loddington Farm ÖAF sehr gezielt angelegt, um bedrohte Vögel der Agrarlandschaft zu fördern (Aebischer et al. 2016). Dabei handelte es sich um Maßnahmen, deren Art und Lage aus der Sicht des Naturschutzes bestimmt worden waren und nicht um freiwillige Maßnahmen, die die Landwirte gewählt hatten. Insbesondere auf der Hope Farm waren die Maßnahmen danach selektiert worden, dass auf geringem Raum ein möglichst hoher Effekt erzielt werden konnte (RSPB 2012). Dies erklärt, dass zum Teil bei sehr geringen ÖAF-Anteilen Erfolge in Form steigender Bestände sichtbar wurden. Die Ergebnisse wären in einer typischen Agrarlandschaft jedoch nur in Kombination mit einer intensiven naturschutzfachlichen Beratung reproduzierbar. Die vielen Unterschiede zwischen der Loddington Farm und der Hope Farm rühren nach Aebischer et al. (2016) vor allem daher, dass auf der Loddington Farm nach Aufgabe der Regulierung von Prädatoren (Tiere, die Eier und Jungvögel fressen) die Aktivität der Nesträuber stark zunahm während sie auf der Hope Farm immer relativ gering war.

Die von Hoffmann et al. (2012) genannten Zahlen sind strenggenommen keine Schwellenwerte für den Bracheanteil, oberhalb derer eine Stabilisierung der Bestände zu erwarten ist, sondern sie stellen Optimalsituationen dar. Damit dürften sie im Allgemeinen oberhalb des Mindestflächenanteils von ÖAF liegen, der zur Stabilisierung der Bestände notwendig ist.

In den übrigen in Tabelle 1 genannten Fällen liegt der Schwellenwert nahe bei 10 %. In der umfangreichen Untersuchung im schweizerischen Klettgau (Jenny 2011, Meichtry-Stier et al. 2014) zeigte sich bei den meisten betrachteten Arten eine erhebliche Zunahme der Siedlungsdichte der Brutvögel zwischen Gebieten, in denen der ÖAF-Anteil 6 - 9 % und > 9 % gelegen hatte.

Die Arten, bei denen der Mindestanteil von ÖAF in mindestens zwei Studien deutlich unter 10 % lag, Wiesenschafstelze und Schwarzkehlchen, gehören zu den wenigen Agrarvögeln, deren Bestände sich in den letzten Jahren in Europa nicht negativ entwickelt haben (European Bird Census Council 2017)

und in Deutschland sogar einen positiven mittelfristigen Trend (25-Jahrestrend) aufweisen (Sudfeldt et al. 2013).

Der Dachverband Deutscher Avifaunisten (DDA) (DDA, schriftliche Mitteilung) verglich den Trend häufiger Vogelarten der Agrarlandschaft mit Veränderungen in der Landnutzung Deutschlands über den Zeitraum 1991-2013 (Projekt: Ursachenanalyse von Bestandsveränderungen bei Indikatorvogelarten und Energiewende FKZ 3514 82 1000, <https://www.natur-und-erneuerbare.de/projekt-datenbank/projekte/vogelbestand-und-energiewende/>). Die durch das Ende der obligatorischen Flächenstilllegung bedingten Rückgänge des Anteils von Bracheflächen und die gleichzeitige Zunahme des Maisanbaus ließen sich aufgrund einer hohen Korrelation statistisch nicht trennen, so dass ein Brache-Mais-Index eingeführt werden musste. Dieser Brache-Mais-Index spiegelt das Verhältnis der Brache- zur Maisfläche wider und zeigt so bei einer Abnahme von Mais, beziehungsweise der Zunahme von Brache, ansteigende Werte. Für neun der 15 untersuchten Feldvogelarten (Feldschwirl, Hänfling, Star, Feldlerche, Stieglitz, Turteltaube, Sumpfrohrsänger, Kiebitz, Neuntöter) hatten Zunahmen der Fläche an Brachen und Abnahmen der Fläche an Mais einen signifikant positiven Einfluss auf die Bestandsentwicklung, bei der Misteldrossel einen signifikant negativen. Der Brache-Mais-Index besaß den stärksten positiven Einfluss aller untersuchten Landnutzungs-faktoren. Im Zeitraum der Datenerhebung sank der Bracheanteil an der landwirtschaftlichen Nutz-fläche in Deutschland von maximal 8,6 % (1994) auf 1,2 % (2013).

Nitsch et al. (2017) stellten Vergleiche auf Landschaftsebene (1 km²-Plots) in verschiedenen Teilen Deutschlands an. Aufgewertete Flächen mit 1 - 20 % dunkelgrünen, das heißt für Vögel nachweislich wirksamen ÖAF (analog zu dunkelgrünen AUM) waren im Vergleich zu Flächen mit 0 - 4 % ÖAF von 1,5 x mehr Vögeln besiedelt, darunter auch durch bedrohte Arten.

Wenn auch für viele Brutvogelarten der Agrarlandschaft der Anteil von ÖAF, der zum Erhalt ihrer Populationen notwendig ist, nahe bei 10 % liegt, ist dennoch zu berücksichtigen, dass die Arten unterschiedliche Habitatansprüche besitzen (Mason & Macdonald 2000, Whittingham et al. 2009). Demzufolge kommen nicht alle ÖAF-Typen allen Arten gleichzeitig zugute. So wirkt sich etwa die Anlage von Hecken positiv auf die Bestände von Neuntöttern, Dorngrasmücken und Goldammer (4 % dornen-bewehrte Gehölze ideal, Pfister et al. 1986) aber negativ auf die Bestände von Feldlerchen aus (z. B. Chamberlain & Gregory 1999). Es ist demzufolge davon auszugehen, dass mehr als 10 % ÖAF zur Verfügung stehen müssen, um eine typische Agrarvogelgemeinschaft zu erhalten. So stellten Martinez et al. (2017) fest, dass trotz des relativ hohen Anteils von ökologischen Aufwertungsflächen in der Schweiz von ca. 15 % die Bestände von Feldlerche, Neuntöter, Goldammer und anderer Feldvogelarten sanken. Als einen der Gründe für diese Entwicklung sahen sie den relativ geringen Anteil hochwertiger ÖAF (in diesem Fall (Bunt-)Brachen) an. Brachen bzw. Blühflächen entfalten offensichtlich erst einige Jahre nach ihrer Anlage eine optimale Wirkung auf Vogelbestände; Zollinger et al. (2013) und Martinez et al. (2017) nennen sechs Jahre. Auch die von Enzian & Gutsche (2004) errechnete Ausstattung deutscher Agrarräumen mit naturnahen terrestrischen Biotopen von 5 - 20 % war offensichtlich nicht ausreichend, um die negativen Trends der Agrarvögel zu stoppen. Es dürfte sich nicht immer um hochwertige Lebensräume gehandelt haben. Es ist zudem anzunehmen, dass die Landschaften, in denen diese Werte erreicht wurden, vom Julius-Kühn-Institut (JKI) als Agrarlandschaften mit einem ausreichenden Anteil an Kleinstrukturen aus-gewiesen wurden. Die damit einhergehende Befreiung von den Auflagen zum Schutz der Saumstrukturen (Befreiung von NT 101 bis 106, kein 5m Abstand bei NT 107 - 109) führt zu erhöhten PSM-Einträgen und zu einer teilweisen Entwertung dieser Saum-strukturen.

Einige Autoren haben sich auf bestimmte Mindestwerte an ÖAF festgelegt, so Meichtry-Stier et al. (2014) mit 14 % ÖAF in der Landschaft, die im Klettgau in der Schweiz zu stabilen Vogel- und Feldhasenbeständen führten. Das NeFo (Network-forum for Biodiversity Research Germany 2012) kommt auf der Basis von Untersuchungen an Grauammer (Fischer 2006), Wachtel (Herrmann & Dassow

2006) und Rebhuhn (Herrmann & Fuchs 2006) im Schorfheide-Chorin-Projekt zum Schluss, dass 10 - 12 % ÖAF für die meisten Feldvogelarten auf Ackerland ausreichend seien.

2.1.2 Säugetiere in der Agrarlandschaft

Auch viele Säugetierarten nutzen regelmäßig landwirtschaftliche Nutzflächen (Jahn et al. 2014). Diese Habitatwahl war für die bekanntesten Arten sogar namensgebend: Feldhase und Feldhamster. Für Säugetiere gibt es erheblich weniger auswertbare Untersuchungen als für Vögel. Für Feldhasen liegen die Mindestwerte der ÖAF bei den in Tabelle 2 aufgeführten Studien ebenfalls im Bereich von 10 %.

Tabelle 2: Anteile von ÖAF in der Landschaftsstruktur, die bei verschiedenen europäischen Vogelarten zu positiven Effekten (Bestandsanstieg oder erhöhte Dichte) führten. Die roten Ziffern geben an, bei welchen ÖAF-Anteil noch kein nennenswerter Effekt zu sehen war.

Studie		Meichtry-Stier et al. 2014	Jenny 2011	Köppl et al. 2014	Volmer & Pegel (in NABU 2004)
Kriterium		Vergleich Bestandsdichte und -entwicklung mit Anteil ÖAF (Blühflächen, Extensivwiesen)	Vergleich Bestandsdichte und -entwicklung mit Anteil ÖAF	Vergleich Bestandsdichte und -entwicklung mit Anteil ÖAF	Vergleich Bestandsdichte und Entwicklung mit Anteil ÖAF
Feldhase	-	<9	4	7,5	
	+	>9	9	13,5	2 % Aufwertung
Reh	-			0	
	+			2	

Ähnlich wie für Vögel, besitzen Brachen bzw. Blühflächen auch für Säugetiere eine hohe Bedeutung. Dies gilt für verschiedene Arten von Kleinsäugetern (Arlettaz et al. 2010, Aschwanden et al. 2007), für Feldhamster, die auf Blühflächen ihre Winterbaue anlegen können (Fischer et al. 2014) und für Feldhasen (Köppl et al. 2014). Meichtry-Stier et al. (2014) gehen nach ihren Untersuchungen im Klettgau (CH) davon aus, dass 14 % ÖAF in der Landschaft zu stabilen Hasenbeständen führen.

2.1.3 Amphibien in der Agrarlandschaft

2.1.3.1 Amphibien und PSM

Von den 20 in Deutschland vorkommenden Amphibienarten sind 17 in der strukturierten Agrarlandschaft anzutreffen (Brühl et al. 2015, Berger et al. 2011). In der terrestrischen Lebensphase der Amphibien, während der An- und Abwanderung der adulten Tiere zu Laichgewässern oder beim Verlassen der Juvenilen im Sommer, werden neben den Feldkulturen auch semi-natürliche Strukturen zur Bewegung genutzt. Erste Daten für die räumliche Nutzung der Agrarlandschaft wurden über Besendungen und Fallen erhoben. In Brandenburg wurde die Nutzung von Feldern und Saumstrukturen für vier Arten über zwei Jahre quantitativ bestimmt und eine Koinzidenz von Pestizidapplikation und später im Frühjahr aktiven Amphibien aufgezeigt (Lenhardt et al. 2015). Besenderte Erdkröten zeigten in der Agrarlandschaft zwei verschiedene Bewegungsstrategien: während sie sich innerhalb einer Nacht über eine große Distanz (450 m) in einem frisch eingesäten Roggenfeld bewegten, verblieben sie mehrere Tage in strukturreichen, bewachsenen Feldern (Berger et al. 2011). In der Schweiz wurden anhand von Telemetrie-Daten die Streifgebiete von Kreuzkröten (*Epidalea calamita*) aufgenommen, um die Eignung von Ackerbaugebieten als Lebensraum für diese Art einzuschätzen (Schweizer 2016). Alle besenderten Individuen nutzten Ackerbaugebiete als Sommer- und Winterstandort und zeigten eine

Vorliebe für Wegrandstreifen und Randzonen gepflügter und ungepflügter Felder bis 10 Meter sowie für Gemüsegelder mit angehäufelten Reihen als Habitat. Aktuell laufende Untersuchungen zu besenderten Erdkröten in der Weinberglandschaft von Rheinland-Pfalz deuten ebenfalls darauf hin, dass die gesamte Agrarlandschaft bis in den späten Herbst als Habitat genutzt wird und halbnatürliche Strukturen als Bewegungsmatrix und Langzeitaufenthaltort der Adulten von Bedeutung sind (Leeb, unveröffentlichte Daten).

Über die Haut aufgenommene Pestizidprodukte zeigten sich in Laborversuchen mit juvenilen Stadien des Europäischen Grasfroschs als hochtoxisch, einzelne Fungizide bewirkten 100 % Mortalität in weniger als einer Stunde. Zu dieser hohen akuten Toxizität kommen subletale Wirkungen die bisher nur ungenügend untersucht sind. Pestizidmischungen zeigten allerdings Auswirkungen auf die metabolische Aktivität der Leber und verändern die Enzymexpression (Van Meter et al. 2018).

2.1.3.2 Kompensationsmaßnahmen für Amphibien

Kompensationsmaßnahmen, die zusätzliche, von Pestiziden unbelastete Habitate und Refugien in der Agrarlandschaft schaffen, sind als positiv zu bewerten, zumal ein höherer Anteil an Insekten und anderen Wirbellosen in diesen Strukturen die Nahrungsverfügbarkeit erhöht und daher ein höheres Überleben der Amphibien, besonders der juvenilen Stadien, ermöglichen sollte (Berger et al. 2011). Für den Amphibienschutz in deutschen kleingewässerreichen Agrarlandschaften wurde im Rahmen eines DBU-Projektes eine ausführliche Problemanalyse erstellt und verschiedene Umsetzungsoptionen vorgeschlagen und auch erprobt (Berger et al. 2011). Neben Maßnahmen, die im Feld durchgeführt werden können, wird eine Aufwertung von Saumstrukturen durch Anlage von Lesesteinhäufen, eine generelle Vernetzung der Gewässer durch breite Feldsäume und Hecken, sowie die Etablierung von 30 m breiten, die Laichgewässer umgebenden Säumen empfohlen. Es ist darauf hinzuweisen, dass auch Regenrückhaltebecken wichtige Laichgewässer von Amphibien in ausgeräumten Agrarlandschaften darstellen, die dann in die Betrachtung mit eingeschlossen werden sollten (Lenhardt et al. 2017). Zudem wird aus Sicht des Amphibienschutzes ein generelles Anwendungsverbot von Pestiziden in einem Radius von 300 m um die Laichgewässer und Feuchtgebiete gefordert (Plötner & Matschke 2012).

Eine klare Vorgabe in Form einer in Prozent festgelegten Mindestausstattung einer Landschaft mit ÖAF lässt sich für Amphibien aus der Literatur nicht ableiten. Es wird jedoch deutlich, dass Brachen und nicht genutzte Strukturen einen positiven Effekt haben, insbesondere wenn sie zur Pufferung von Laichgewässern oder zur Vernetzung von Habitaten dienen.

2.1.4 Arthropoden in der Agrarlandschaft

2.1.4.1 Arthropoden und PSM

Agrarlandschaften stellen einen wichtigen Lebensraum für viele Arthropoden wie Wildbienen, Schmetterlinge und Motten, Käfer, Grashüpfer und Heuschrecken oder Spinnen dar (Wilson et al. 1999; Roß-Nickoll et al. 2004; Wickramasinghe et al. 2004). Diese Tiere können verschiedenen funktionellen Gruppen zugeordnet werden wie Bestäubern (z.B. Wildbienen, Hummeln, Imagines von Schmetterlingen und Motten, Schwebfliegen und andere Fliegen), Herbivoren (Wanzen, Zikaden, Grashüpfer und Heuschrecken, Raupen von Schmetterlingen und Motten) und Räubern (z.B. Laufkäfer, Spinnen, Raubwanzen und Larven von Schwebfliegen). Letztere werden, wenn ihre Nahrung Schädlinge wie z. B. Blattläuse einschließt, auch als „Nützlinge“ bezeichnet. Zur Anzahl von Arthropodenarten in der Agrarlandschaft gibt es nur wenige vollständige Studien. Die Erfassung der Arthropoden ist immer abhängig von der verwendeten Methode. So werden mit Malaisefallen fliegende Insekten und mit Barberfallen bodenlebende Arthropoden erfasst. Da oftmals nur eine oder wenige Methoden zur Erfassung eingesetzt werden und die Beprobungsdauer oft ebenfalls beschränkt ist, wobei Arthropodenpopulationen allerdings stark fluktuieren, wird die tatsächliche Zahl der in Habitaten der Agrarlandschaft lebenden Arthropoden fast immer unterschätzt. Umfassende Untersuchungen liegen von Tischler (1948) vor, der Arthropoden in Hecken von Eichen-Hainbuchen und Eichen-Birken Knicks in

Norddeutschland über mehrere Jahre untersucht hat und über 1.000 Arten nachweisen konnte. Eine Untersuchung von Glatthafer-Feldsäumen in drei Untersuchungsgebieten in Deutschland (Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Bayern) mit mehreren Methoden über drei Jahre konnte über 550 Arthropodenarten nachweisen (Roß-Nickoll et al. 2004). Werden diese Untersuchungen durch Erfassungen einzelner Artengruppen ergänzt, wurden fast 2.100 Arthropodenarten in Feldsäumen und Hecken nachgewiesen (Brühl et al. 2015). In einer Auswertung von über 1.000 Veröffentlichungen konnten Meissle et al. (2014) über 3.000 Arthropodenarten in den Kulturen und auch Feldsäumen in 31 Ländern der EU nachweisen. In der öffentlich zugänglichen Datenbank finden sich z. B. für europäische Maisfelder 5.499 Einträge für 1.679 Arten (Romeis et al. 2014). Diese Datenbank wird laufend erweitert (aktuell über 4.000 Arthropodeneinträge, Riedel et al. 2016). Es ist damit offensichtlich, dass in den Agrarlandschaften Europas mehrere Tausend Spinnen- und Insektenarten zu finden sind sowohl in den Feldkulturen selbst als auch in den verbliebenen semi-natürlichen Habitaten wie Feldsäumen und Hecken, wobei die Arthropodendiversität in diesen Strukturen höher ist.

Eine neue Studie, die einen Langzeitdatensatz des Krefelder entomologischen Vereins analysierte, stellte fest, dass die Biomasse von fliegende Insekten, die in standardisierten Malaisefallen in 63 kleinräumigen Schutzgebieten in der Agrarlandschaft gefangen wurden, in 27 Jahren (1989-2016) um fast 80 % zurückgegangen ist (Hallmann et al. 2017). Rückgänge der Artenzahlen wurden auch für einzelne Gruppen gezeigt (z.B. Biesmeijer et al. 2006; Kluser & Peduzzi 2007), allerdings sind nur sehr wenige Langzeituntersuchungen zu dieser Thematik vorhanden. In Großbritannien werden über Jahrzehnte Insekten in über 12 m hohen Saugtürmen erfasst. In einer Analyse über 27 Jahren (1972-1999) an einem Standort in Schottland wurde eine geringere Arthropodenabundanz mit einer höheren landwirtschaftlichen Intensität inklusive Pestizideinsatz in Zusammenhang gebracht (Benton et al. 2002). Die Erfassung von nachtaktiven Insekten an festinstallierten Dauerlichtfallen zeigte, dass zwei Drittel der Motten in ihrer Populationsgröße abnahmen (Conrad et al. 2006) und auch hier wird die Intensivierung der Landwirtschaft als Ursache diskutiert (Fox et al. 2006). Rückgänge von Schmetterlingspopulationen in der Agrarlandschaft wurden über einen 16-jährigen Zeitraum ebenfalls für über 50 % der Ackerlandarten aufgezeigt (Van Dyck et al. 2009).

Die aktuelle Analyse der Biomasse zeigt allerdings, dass dies nicht für einzelne Artengruppen gilt sondern für die Biomasse an fliegenden Insekten generell. Dieser Rückgang ist nicht mit Vegetations- oder Klimaveränderungen zu erklären und nicht nur in seiner funktionellen Auswirkung wie z.B. durch die mögliche Reduktion von Bestäubung für das Agrarökosystem bedeutend, sondern auch durch die Auswirkung auf die Nahrungskette, da Insektivoren nun weniger Nahrung zur Verfügung steht. Insektenbiomasse ist für Wirbeltiere besonders während der Reproduktion im Frühjahr von Bedeutung, so werden alle Jungvögel über einen gewissen Zeitraum mit aus Insekten bestehender proteinreicher Nahrung versorgt.

2.1.4.2 Kompensationsmaßnahmen für Arthropoden

Durch Kompensationsmaßnahmen können die Arthropodenpopulationen in der Agrarlandschaft stabilisiert und gestärkt werden. Aufgrund der großen Anzahl von Arten und ihrer unterschiedlichen Ansprüche ist es allerdings schwierig, verschiedene Kompensationsmaßnahmen zu bewerten. So wurden als Einflussgrößen auf die Insektendiversität von Flächenstilllegungen das Sukzessionsstadium, die Einsaatstrategie und der Landschaftskontext identifiziert (Tscharncke et al. 2011). Junge Brachen können demnach durchaus artenreich sein, wenn eine gute Samenbank verfügbar ist und entsprechende seltene Pflanzenarten für entsprechende herbivore Insektenarten vorhanden sind. Wenn die lokale Samenbank allerdings artenarm ist, kann eine Aussaat empfehlenswert sein. In ausgeräumten, strukturarmen Landschaften wirken sich Flächenstilllegungen besonders positiv auf die Biodiversität und auch Dienstleistungen wie Bestäubung und biologische Schädlingsbekämpfung aus. Brachflächen wirken sich positiv auf den Artenreichtum und die Populationsgröße von relativ ortsgewundenen Artengruppen wie Schmetterlinge, Motten und Räuber aus, die mit zunehmendem Sukzessionsstadium und

Alter der Brachfläche zunehmen (Alanen et al. 2011, Denys & Tscharnke 2002, Frank et al. 2009, Kuussaari et al. 2011). Hummeln aber können aber auch durch kurzjährige Brachen gefördert werden, wenn die notwendigen Nistmöglichkeiten vorhanden sind (z.B. Firbank et al. 2009, Kuussaari et al. 2011). Mobile Generalisten, die einen hohen Beitrag zur Bestäubung und biologischen Schädlingsbekämpfung leisten, profitieren besonders von kurzzeitigen, eingesäten Brachen (Toivonen 2016).

Eine aktuelle Literaturübersicht zeigte, dass sich angesäte Blühstreifen generell positiv auf Insekten auswirken und in höheren Arten- und Individuenzahlen resultieren (Haaland et al. 2011). Die Zusammenfassung zeigte auch, dass angesäte Säume generell eine höhere Diversität als natürlich regenerierte oder mit Gras angesäte Säume zeigten, dies aber deutlich von der Blühmischung abhängig ist und meist häufige Arten von Blühstreifen profitieren. Die Effekte von angesäten Blühstreifen auf die Erhöhung der Diversität variieren in den Insektengruppen, sind allerdings für die Gruppe der Laufkäfer als Bewohner der Feldgrenze meist negativ (wobei ein methodischer Erfassungsfehler nicht ausgeschlossen werden kann). Allerdings wirken Blühstreifen nicht nur auf Blüten-besuchende Insekten positiv, sondern auch auf karnivore Wespen die hier nach Nahrung jagen (Hoffmann et al. 2017). Arthropoden-Artenzahlen unterschieden sich nicht in verschiedenen Feldsaumtypen in einer Studie in Deutschland, allerdings nahm die Artenzahl mit dem Alter der Maßnahme signifikant zu (sechs Jahre im Vergleich zu einjährig), was die Bedeutung des Alters deutlich machte und was ebenso bei den untersuchten Brachen beobachtet wurde (Denys et al. 2002).

Wie schon für die Amphibien lässt sich auch für die Arthropoden keine klare Vorgabe in Form einer in Prozent festgelegten Mindestausstattung einer Landschaft mit ÖAF aus der Literatur ableiten. Es liegen jedoch Erkenntnisse zur Kompensationsleistung bestimmter Strukturen vor. In der Literatursuche wurde der Einfluss von semi-natürlichen Strukturen und Kompensationsmaßnahmen wie Blühstreifen und dem entgegen der Einfluss von Pestiziden auf Abundanz oder Artenreichtum von verschiedenen Gruppen wie Wildbienen (n=29), Lauf- und Kurzflügelkäfer (n=39), Schwebfliegen (n=11), Spinnen (n=32), Wanzen (n=14), Zikaden (n=11) und Großschmetterlinge (n=41) wurde bewertet (Brühl et al. 2015). In den 132 ausgewählten Fachartikeln wurden Informationen zu den Einflussfaktoren gewichtet und zusammengestellt woraus sich ergab, dass Feldsäume und Hecken, Puffer und Ackerschonstreifen als auch Blühstreifen positive Auswirkung auf die untersuchten Arthropodengruppen hatten. Die Bedeutung von Blühstreifen, Säumen und anderen halbnatürlichen Strukturen als Überwinterungshabitat für Arthropoden wurde in einer Untersuchung in der Schweiz deutlich, wo dort bis zu fünfmal mehr Arthropoden in Bodenproben erfasst wurden als in angrenzenden Feldern (Pfiffner & Luka 2000). Bezogen auf den Anteil an der Gesamtfläche finden sich Empfehlungen für einen Flächenanteil von mindestens 20 % an halb-natürlichen, nicht bewirtschafteten Strukturen für den Erhalt der Biodiversität, ohne allerdings bestimmte Gruppen von Arthropoden zu nennen (Tscharnke et al. 2011). Da viele Insekten von spezifischen Wirtspflanzen abhängig sind, profitieren Insekten auch von den Maßnahmen zur Kompensation von Schäden an Ackerwildkräutern (siehe unten).

2.1.5 Pflanzen in der Agrarlandschaft

2.1.5.1 Pflanzen und PSM

In den letzten Jahrzehnten ist vielerorts in der Kulturlandschaft Deutschlands eine dramatische Verarmung der floristischen Artenvielfalt beobachtet worden. Zahlreiche Untersuchungen für die Lebensräume Acker und Grünland in Deutschland belegen, dass viele der für die Agrarlandschaften typischen Vegetationsarten verschwunden oder in ihrem Vorkommen bedroht sind (Storkey et al., 2011, Meyer et al., 2013, Meyer et al., 2014, Krause et al. 2014).

Der mit der Nutzungsintensivierung einhergehende hohe Spezialisierungsgrad der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland führte seit den 1950er Jahren zu einer Monotonisierung der deutschen Kulturlandschaft und zu einer verringerten Kulturartenvielfalt mit deutlich dichterem Beständen

im Feldinneren. Die direkten Einflüsse dieser Parameter auf die Zusammensetzung der Ackerbegleitflora sind deutlich (Schmidt, 1986; Storkey et al., 2011).

Für die Verarmung der Ackerbegleitflora wird dabei vor allem die mit der Nutzungsintensivierung der Landwirtschaft einhergehende, zunehmende Lebensfeindlichkeit für Nichtkulturpflanzen in der Agrarlandschaft Deutschlands verantwortlich gemacht (Leuschner, 2014, Meyer et al., 2013, Meyer et al., 2014, Krause et al., 2014).

Die Intensivierung der Landwirtschaft in Deutschland zielt auf eine stark standardisierte Massenproduktion zu günstigsten Preisen ab (UBA, 2015) und ist neben einem hohen Spezialisierungsgrad, starken strukturellen Veränderungen der Agrarlandschaft sowie hohen abiotischen Belastungen durch einen hohen Einsatz von Dünger und Pestiziden gekennzeichnet. Die starke Zunahme des Einsatzes von Agrarchemikalien seit den 1950er Jahren in Deutschland (Bauerkämper, 2004, Leuschner et al., 2014), speziell der verstärkte Einsatz von Herbiziden, hat zu einer Selektion ausgewählter Segetalarten geführt, die an die heutigen nivellierten Standortbedingungen in der deutschen Agrarlandschaft angepasst sind (Meyer, 2013). Deutliche Veränderungen der Agrobiodiversität der Kulturlandschaft in Deutschland, in Form von starken Verlusten an floristischer und faunistischer Vielfalt typischer Arten der Kulturlandschaft werden beobachtet und wesentlich dem Pflanzenschutz als Einflussfaktor zugeordnet (Roß-Nickoll, 2004) sowie der Kombination aus höheren Düngergaben mit der heute üblichen Anwendung von Herbiziden und den sehr dicht stehenden Kulturpflanzenbeständen (Meyer, 2013).

Nach Roß-Nickoll (2004) setzt sich die Störung auf Nichtzielflächen (außerhalb der Behandlungsfläche von PSM) in der Agrarlandschaft in erster Linie aus Eutrophierung, Mahd, Pflanzenschutzmittel-Eintrag und Bodenverdichtung zusammen. Die Autoren beobachten bei den Pflanzenarten der Nichtzielflächen eine allgemeine Tendenz zur Ausbildung von Dominanzbeständen (wie Glatthafer, Quecke und Landschilf) und empfehlen diese als Endpunkt einer Störung in der Agrarlandschaft zu betrachten. Die Dominanzbestände erweisen sich in planungsrelevanten Zeiträumen als ökologisch sehr stabil, womit die natürliche Sukzession nachhaltig beeinträchtigt ist (Ellenberg 1983 und Glavac 1996 in Roß-Nickoll 2004). Diese nachhaltige erhebliche Ausbildung von Dominanzbeständen in der Agrarlandschaft und der damit verbundene Verlust von Diversität ist laut Roß-Nickoll (2004) als schädlich und unverträglich anzusehen.

Viele Faktoren haben zu dem beobachteten Verlust der Pflanzenvielfalt in Agrarlandschaften beigetragen, so dass es nicht möglich ist, die Auswirkungen eines einzelnen Faktors eindeutig zu quantifizieren. Dennoch werden Herbizide als eine Haupttriebkraft angesehen (Andreasen & Streibig 2011). Es ist anzunehmen, dass der bisher beobachtete Artenschwund unter Berücksichtigung des zu erwartenden fortlaufenden Intensivierungsprozesses der Landwirtschaft in Deutschland, weiterhin stattfinden wird (Leuschner et al., 2014).

Pflanzen sind nicht nur für sich in ihrer Vielfalt schützenswert, sondern liefern auch Energie und bilden die Grundlage der Nahrungskette in einem Ökosystem. In Agrarlandschaften sind Vögel und Säugtiere abhängig von Wirbellosen, zu denen auch pflanzenfressenden Insekten gehören. Diese Gruppe von Insekten hängt oft von sehr spezifischen Futterpflanzen ab und viele verschiedene Arten verbrauchen unterschiedliche Teile einer Pflanze, was zu einer hohen Biodiversität des Systems führt. Pflanzen stellen die Grundlage der Nahrungskette in Ökosystemen dar und es ist daher essentiell, dass Verluste der Diversität durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wirksam kompensiert werden.

Zur Zulassung eines Herbizids auf dem Markt werden meist Empfindlichkeitsstudien mit Kulturpflanzen nach OECD Protokollen durchgeführt, wobei Lücken bezüglich der Testung von repräsentativen Arten und auch von verwendeten Endpunkten in der Risikobewertung aufgezeigt wurden (EFSA 2014, Schmitz et al. 2015). Wildpflanzenarten die in Forschungsprojekten untersucht wurden, zeigten eine hundertfach höhere Sensitivität u.a. in Datensätzen für Glyphosat (Schmitz et al. 2015). Allerdings

wurden bisher auch nur höhere Pflanzen getestet und die Empfindlichkeit von z.B. terrestrischen Algen, Moosen, Farnen und Flechten ist kaum untersucht (EFSA 2014, Schmitz et al. 2015). Untersuchungen von Pflanzengemeinschaften, die auch indirekte Konkurrenzeffekte zwischen unterschiedlich von Herbiziden betroffenen Arten mit einbeziehen, werden bisher nicht durchgeführt, wurden allerdings von einer Expertengruppe der EFSA empfohlen (EFSA 2014). Eine Analyse von 19 vorliegenden Gemeinschaftsversuchen zeigten, dass Interaktionen zwischen Pflanzenarten nicht von Tier-II-Standard Untersuchungen vorhergesagt werden können (Schmitz et al. 2015).

Der Einfluss von Herbiziden, Insektiziden und Dünger auf die Pflanzengemeinschaft eines Feldsaums wurde in einem randomisierten Freilandexperiment in einer Glatthaferwiese über drei Jahre untersucht. Hierbei wurden 30 % der Feldrate eines Herbizids eingesetzt um die Einträge in schmale Feldsäume, bestehend aus Überspritzung und Abdrift (s.o.) zu simulieren. Direkte Herbizideffekte zeigten sich schon nach einem Jahr bei einzelnen Arten: beim Zottigen Klappertopf (*Rhinanthus alectorolophus*), einem Hemiparasiten von Gräsern, wurde das mittlere Vorkommen über 90 % reduziert (Schmitz et al 2014). Das heißt, ein einmaliger Eintrag des verwendeten Herbizids (ATLANTIS®, Bayer) in einen schmalen Feldsaum würde zum fast vollständigen verschwinden des Klappertopfes führen. Die Art ist eine besonders stark von Hummeln genutzte Nektarquelle und stellt außerdem eine ökologische Schlüsselart in Nahrungsnetzen von Wiesen dar (Hartley et al. 2015). Da einzelne Arten verschieden stark vom Herbizid betroffen waren, verschob sich im Lauf der Jahre die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft, was durch eine Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse durch Beschattung und Veränderung der Ressourcenausnutzung zu erklären ist. Nach drei Jahren wurde die Gemeinschaft der mit Dünger und Herbizid behandelten Flächen von Gräsern dominiert, und nur wenige blühende Pflanzen waren noch anzutreffen (siehe Abbildung 1). Da die Pflanzen der Feldsäume durch verschiedene Herbizide exponiert sind, ist anzunehmen, dass die Gemeinschaften durch den Einsatz von Herbiziden in den letzten Jahrzehnten stark verarmt sind.



Abbildung 1 Blühaspekt in der Parzelle einer Kontrolle (vorne) und einer Behandlung mit für Feldsäume relevanten Mengen von Herbizid, Dünger und Insektizid nach drei Jahren (Foto: Carsten Brühl).

Im selben Feldversuch wurden negative Effekte auf die Ausbildung der Blüten beobachtet, die besonders beim Scharfen Hahnenfuß (*Ranunculus acris*) zu einer messbaren starken Reduktion führte. Die Blütendichte dieser Art war im ersten Jahr um 70 % reduziert und verminderte sich bis zu 100 % im

dritten Untersuchungsjahr (Schmitz, Schäfer & Brühl 2013). Da Pflanzen oft in älteren Lebensphasen Herbizidbehandlungen ausgesetzt sind (z. B. im Frühjahr, bei Blatt-/Blütenaustrieb), sind reproduktive Endpunkte besonders zu beachten. Sie zeigten eine hohe Empfindlichkeit der Blüten und Reduktionen von Samenansatz und Samengewicht (Schmitz et al. 2014). Diese Endpunkte sind wichtige relevante Messwerte, um das Fortbestehen einer Population von Pflanzen in der Natur einschätzen zu können. Eine parallel durchgeführte Monitoring-Studie ergab, dass der Scharfe Hahnenfuß, eine auf Wiesen häufige Art, fast vollständig in an Getreidefeldern angrenzenden Felldrändern verschwunden ist.

Die Reduktion der Blüten führt auch aufgrund einer reduzierten Nahrungsverfügbarkeit zu einem indirekten Effekt auf viele blütenbesuchende Insekten. Auf dem Scharfen Hahnenfuß wurden 117 Blütenbesuchende Insekten aufgenommen, darunter auch Nahrungsspezialisten wie die Hahnenfuß-Scherenbiene (*Chelostoma florissomnis*) (Weiner et al. 2011).

Herbivore Insekten, die sich von Pflanzen ernähren, sind aber nicht nur durch die Reduktion ihrer Nahrungspflanzen indirekt vom Herbizideinsatz betroffen. Herbizide können auch eine chemische Kettenreaktion in der Pflanze auslösen und damit die Verdaulichkeit der Pflanze herabsetzen. Diese Abwehr gegenüber herbivoren Insekten hat sich im Laufe der Evolution herausgebildet und viele der chemischen Stoffe die hierbei in Pflanzen synthetisiert werden (z.B. Pyrethrum, Nikotin), werden als organische Insektizidverbindungen vom Menschen nachgeahmt (Pyrethroide, Neonikotinoide). In einem Laborversuch wurde zur Untersuchung der Nahrungsqualitätsreduktion jungen Pflanzen des Scharfen Hahnenfußes eine sublethale Menge eines Herbizids appliziert (10 % der Feldrate). An der Pflanze waren nach der Behandlung lediglich für einige Tage gelbe Flecken sichtbar. Die Pflanzen wuchsen gesund weiter und wurden dann frisch geschlüpften Raupen der Kohleule (*Mamestra brassicae*) angeboten. Die Raupen zeigten ein signifikant reduziertes Gewicht (nach drei Wochen ca. ein Drittel des Kontrollgewichts), benötigten ungefähr ein Drittel länger bis zur Verpuppung und insgesamt sechs Tage mehr zur Entwicklung im Vergleich zu Raupen, die ungespritzte Pflanzen fraßen (Hahn et al. 2014; Abbildung 2).



Abbildung 2 Größenverteilung von Raupen der Kohleule nach dem Fraß von behandeltem Scharfen Hahnenfuß (10 % der Feldrate des Herbizids ATLANTIS®, Foto: Carsten Brühl).

Aus den angeführten Gründen scheint es möglich, dass die aktuelle Risikobewertung eine nicht ausreichende Protektivität für Pflanzen in der Agrarlandschaft bietet.

Pflanzen liefern die Energie und bilden die Grundlage der Nahrungskette in einem Ökosystem. In Agrarlandschaften sind Vögel und Säugetiere abhängig von Wirbellosen, zu denen auch pflanzenfressenden Insekten gehören. Diese Gruppe von Insekten hängt oft von sehr spezifischen Futterpflanzen ab und viele verschiedene Arten verbrauchen unterschiedliche Teile einer Pflanze, was zu einer hohen Biodiversität des Systems führt. Pflanzen stellen die Grundlage der Nahrungskette in Ökosystemen dar und sollten daher besonders kritisch hinsichtlich möglicher Pestizideffekte betrachtet werden.

Herbizide haben das Potenzial das Nahrungsnetz in der Agrarlandschaft zu unterbrechen, nicht nur durch die Dichteverringering oder komplette Verdrängung von spezifischen Pflanzen, sondern auch durch eine Verringerung der Nahrungsqualität für pflanzenfressende Insekten.

2.1.5.2 Kompensationsmaßnahmen für Pflanzen

Wie schon für die Amphibien und Arthropoden lässt sich auch für die Pflanzen keine klare Vorgabe in Form einer in Prozent festgelegten Mindestausstattung einer Landschaft mit ÖAF aus der Literatur ableiten. Auch für die Pflanzen liegen jedoch Erkenntnisse zur Kompensationsleistung bestimmter Strukturen vor.

Durch die Schaffung halbnatürlicher Strukturen wie Feldsäume und Hecken und das Anlegen von Brachen wird die Diversität der Pflanzen in der Agrarlandschaft erhöht (Marshall & Moonen 2002). So kann auf Ackerrandstreifen, die ohne den Einsatz von Dünger und Pestiziden bewirtschaftet werden, spontane eine Vegetation mit Ackerwildkräutern entstehen (Albrecht et al. 2016). Auch auf Lichtäckern, das heißt Äcker, die in weiter Reihe oder mit halber Saatstärke eingesät wurden, können sich Ackerwildkräuter ausbreiten (Albrecht et al. 2016). Auch durch den Anbau alter Getreidesorten, wie Dinkel, Emmer oder Einkorn gelangt durch den langsameren und lichtereren Wuchs im Vergleich zu modernen hochgezüchteten Sorten mehr Licht auf den Boden und ermöglicht so die Entstehung artenreicher Wildkrautgesellschaften. Die alten Getreidesorten werden ohne den Einsatz von Pestiziden und mit geringem Düngeinsatz angebaut. Im Weinbau können Weinberg-typische Kräuter durch Rebgasenbegrünung gefördert werden. Die Selbstbegrünung von Ackerbrachen erlaubt vielen Wildkräutern die Keimung und damit die Auffrischung der Samenbanken. Auf nährstoffreichen Böden können jedoch konkurrenzstarke Ackerunkräuter massiv auflaufen (Lang et al. 2016), so dass die Wirkung von Brachen auf die botanische Diversität nicht einheitlich ist (Dicks et al. 2014). Prädestinierte Orte für Brachen sind nährstoffärmere Standorte auf Sanden und Kalkkuppen (Albrecht et al. 2016) sowie feuchte Bereiche (Nitsch et al. 2016). Für den Erhalt gefährdeter Ackerwildkräuter ist es notwendig, spezielle Kulturen anzulegen, die ohne PSM nach den Bedürfnissen der einzelnen Arten bewirtschaftet werden (Ackerwildkraut-Schutzäcker, Meyer et al. 2010, siehe auch EFSA PPR Panel 2014, Meyer & Leuschner 2015).

2.1.6 Generelle Studien

Bei der Literaturrecherche hat sich gezeigt, dass es nur relativ wenige übergreifende und experimentelle Studien gibt, die den Umfang der notwendigen Biodiversitätsmaßnahmen untersucht haben, mit dem es gelingen kann, insgesamt die Biodiversität der Arten in der Kulturlandschaft zu stabilisieren und zu stärken. Dies liegt sicher auch daran, dass die Durchführung solcher Untersuchungen sehr aufwändig, teuer und langwierig ist. Es gibt jedoch einige wenige diesbezügliche Ergebnisse hierzu, so z. B. aus der Schweiz und aus Deutschland, die hier noch einmal zusammenfassend dargestellt werden sollen, auch wenn Teile von ihnen schon in den Kapiteln zu den einzelnen taxonomischen Gruppen verwendet worden sind.

Auf Basis einer langjährigen, experimentellen Feldstudie (seit 1999 im Gebiet Klettgau nahe Schaffhausen durchgeführt) mit Maßnahmenumsetzung zu unterschiedlichen Flächenanteilen in benachbarten Gebieten ermittelten Meichtry-Stier et al. (2014) einen notwendigen Umfang von 14 % ökologisch hochwertigen Flächen zur Erzielung der dauerhaften Erhaltung der Populationen bzw. zur Reproduktion erforderlichen Siedlungsdichten. Sie schreiben: „To attain target densities the required proportion of high-quality AES options (= Agrarumweltmaßnahmen) and semi-natural habitat has to be at least 14 % ...“. In einer breiten Analyse im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Schweizer Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) ermittelten Walter et al. (2013) die Sollzustände für den Umfang der notwendigen Biodiversitätsflächen und kommen für das Schweizer Mittelland, die am intensivsten landwirtschaftlich genutzte Region der Schweiz, zu einem mittleren Sollwert von

12 % Flächen (10-14 %). Dieser bezieht sich auf sogenannte UZL-Flächen (UZL = Umweltziele Landwirtschaft), die hohe Umweltqualität haben sowie auf Naturschutzflächen und Habitats, Trockenrasen, Moorflächen, Brachflächen, Säume, Pufferstreifen und ÖQV-Flächen. ÖQV-Flächen sind Flächen, die mit hochwertigen Agrarumweltmaßnahmen im Sinne der ÖQV (ÖkoQualitäts-Verordnung) bewirtschaftet werden. Vor allem letztere Kategorien, also Brachflächen und Säume, Pufferstreifen und ÖQV-Flächen sind die Flächen, die vom Landwirt aktiv zu steuern und ggf. auch kurzfristig einrichtbar sind.

Tabelle 3: Schätzung Ist-Zustand und Vorschlag Soll-Zustand für die Hauptregionen, Zahlen: Prozentualer Anteil an landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Region	Mittelland, tiefe Lagen im Jura	Alpen	Hoher westlicher Jura, tiefe Lagen in den Alpen	Tiefe Lagen im Wallis	Südlicher Alpenrand
Ist MIN	4	39	14	26	13
Ist MAX	6	58	24	39	22
Soll MIN	10	39	20	28	17
Soll MAX	14	58	30	41	27
Vorschlag Soll-Mittelwert	12	50	25	35	22

Verändert nach Walter et al. (2013)

Aus Deutschland gibt es verschiedene Abschätzungen, die von Oppermann et al. (2013) zusammenfassend im Hinblick auf eine künftige Agrarpolitik analysiert wurden. Die insgesamt sieben Studien, die für Deutschland gesamthaft den Flächenbedarf für den Biodiversitätsschutz in der landwirtschaftlich genutzten Fläche bilanzieren, kommen zu einem Gesamtumfang zwischen 1,3 und 6,3 Millionen ha bei insgesamt rund 17 Millionen ha landwirtschaftlicher Nutzfläche in Deutschland. Die meisten Studien liegen dabei mit Werten im Bereich zwischen 2 und 3,6 Millionen ha, was einem Umfang von 12 - 21 % der landwirtschaftlichen Fläche bedeutet.

2.2 Expertinnen- und Experten-Befragungen

Aufgrund der geringen Anzahl von Studien zum Flächenbedarf für die verschiedenen Zielarten und Zielartengruppen, die einer biodiversitätsschädigenden Wirkung des PSM-Einsatzes primär durch indirekte Effekte ausgesetzt sind, wird derzeit im Rahmen einer Studie des IFAB zusätzlich mit einer umfangreichen Expertenbefragung der Frage nachgegangen, welcher Art die Maßnahmen beschaffen sein müssen und in welchem Umfang sie erforderlich sind, um mittel- bis langfristig die Biodiversität der Arten der Kulturlandschaft zu sichern bzw. wiederherzustellen. Bei der Expertenbefragung wurden insgesamt rund 30 Experten/innen für die verschiedensten Artengruppen der Wirbeltiere (Vögel, Säuger, Amphibien, Reptilien), Insekten und Pflanzenarten kontaktiert und zum notwendigen Flächenumfang an bestimmten, vorgegebenen Maßnahmen befragt. Diese Maßnahmen sind weitgehend dieselben wie die in Kapitel 3 beschriebenen Kompensationsmaßnahmen. Durch die oft jahrzehntelange Erfahrung dieser Expertinnen und Experten, von denen jede/jeder das Habitatschema seiner/ihrer Arten/Artengruppe besonders gut kennt, konnte ein sehr überzeugendes und eindeutiges Feedback zum Flächenbedarf gewonnen werden. Dabei gibt es zwar je nach Herkunft der Expertinnen/en (landwirtschaftlicher Erfahrungshintergrund) etwas unterschiedliche Einschätzungen, aber im Großen und Ganzen konnte mit dieser Befragung ein sehr deutliches Anspruchsprofil für die Arten gezeichnet werden. Es muss jedoch betont werden, dass hierbei nicht danach unterschieden wurde, für welchen Anteil des notwendigen Maßnahmenbedarfs der PSM-Einsatz verantwortlich ist und für welchen Teil andere Faktoren wie z.B. der Einsatz von Düngemitteln.

Zu jeder der ausgewählten Arten erfolgte eine Auswertung der Expertenangaben zum Lebens-raumbedarf mit der Maßgabe, dass sich mit den angegebenen Werten für den Maßnahmenumfang die Populationen auf einem stabilen Niveau halten.

Die ersten Ergebnisse dieser Umfrage, die sich noch in weiterer Auswertung befindet, werden hier zusammenfassend am Beispiel typischer Feldvogelarten (Tabelle 4) und typischer Ackerwildkräuter (Tabelle 5) dargestellt. Dabei flossen die Angaben von 12 führenden Ornithologen und 8 Botanikern ein, die mit dem Schutz der Feldvögel bzw. der Ackerwildkrautflora vertraut sind.

Tabelle 4: Ergebnisse der Expertinnen- und Expertenbefragung zum Maßnahmenbedarf (prozentualer Flächenanteil) von 10 **Vogelarten** mit Habitatnutzung im Acker (Arten: Feldlerche, Grauammer, Rebhuhn, Wachtel, Kiebitz, Stieglitz, Bluthänfling, Schwarzkehlchen, Neuntöter, Mehl- und Rauchschnalbe). Die Spanne der Quartilwerte gibt den mittleren Wertebereich an, in dem die mittleren 50 % der abgegebenen Schätzwerte liegen, der Medianwert gibt den mittleren Wert der Schätzwerte an. Die Summe der Ackermaßnahmen wurde separat geschätzt (nicht automatisch aufaddiert). Insgesamt sind pro Maßnahme n=120 Schätzwerte in diese Tabelle eingegangen (n = 12 Experten und n = 10 Arten).

Nr.	Maßnahme	Maßnahmenbedarf (% Flächenanteil)	
		Spanne der Quartilwerte	Median
1	Ackerbrache (mehrjährig)	5-10	10
2	Blühflächen über- und mehrjährig / Buntbrache	3-5	5
3	Blühflächen einjährig	0-3	0
4	Ackerrandstreifen (ohne Herbizideinsatz)	1-5	3
5	Artenreiche Ackersäume und Pufferstreifen	1-5	2
6	Lichtäcker / Getreide weite Reihe mit blüh. Untersaat	0-13	5
7	Ackerwildkraut-Schutzäcker	0-2	1
8	Anbau seltene Kultursorten (z.B. Emmer, Einkorn)	0-2	0
9	Mischkulturen, Gemengeanbau	0-3	0
10	Rebgassenflächen mit Artenvielfalt	0-0	0
	Summe Ackermaßnahmen (gesamt alle Maßnahmen)	14-25	20

Im Median werden also bezüglich der Feldvögel 10 % an Ackerbrachen, 5 % an mehrjährigen Blühflächen, 3 % Ackerrandstreifen, 2 % Saumflächen, 5 % Lichtäcker und 1 % Ackerwildkraut-Schutzäckern als zielführend zur Sicherung der Populationen der genannten 10 Feldvogelarten gehalten; in der Summe wird ein Gesamtumfang von 20 % an Maßnahmenflächen für erforderlich gehalten.

Tabelle 5: Ergebnisse der Expertinnen und Expertenumfrage zum Maßnahmenbedarf (prozentualer Flächenanteil) von sieben **Pflanzenarten** des Ackerlandes (Ackerwildkräuter) (Arten: Acker-Spörgel, Kornblume, Acker-Krummhals, Bunter Hohlzahn, Klatschmohn/Saatmohn/Sandmohn, Ackerrittersporn, Ackerwildkräuter gesamt). Die Spanne der Quartilwerte gibt den mittleren Wertebereich an, in dem die mittleren 50 % der abgegebenen Schätzwerte liegen, der Medianwert gibt den mittleren Wert der Schätzwerte an. Die Summe der Ackermaßnahmen wurde separat geschätzt (nicht automatisch aufaddiert). Insgesamt sind pro Maßnahme n=42 Schätzwerte in diese Tabelle eingegangen (n = 6(-8) Experten und n = 7 Arten).

Nr.	Maßnahme	Maßnahmenbedarf (% Flächenanteil)	
		Spanne der Quartilwerte	Median
1	Ackerbrache (mehrjährig)	5-7	5
2	Blühflächen über- und mehrjährig / Buntbrache	0-0	0
3	Blühflächen einjährig	0-1	0
4	Ackerrandstreifen (ohne Herbizideinsatz)	3-5	5
5	Artenreiche Ackersäume und Pufferstreifen	0-0	0
6	Lichtäcker / Getreide weite Reihe mit blüh. Untersaat	2-10	2
7	Ackerwildkraut-Schutzäcker	5-5	5
8	Anbau seltene Kultursorten (z.B. Emmer, Einkorn)	0-1	0
9	Mischkulturen, Gemengeanbau	0-0	0
10	Rebgassenflächen mit Artenvielfalt	0-0	0
	Summe Ackermaßnahmen (gesamt alle Maßnahmen)	15-20	15

Im Median werden für die Ackerwildkräuter 5 % an Ackerbrachen, 5 % Ackerrandstreifen, 2 % Lichtäcker und 5 % Ackerwildkraut-Schutzäcker als zielführend zur Sicherung der Populationen der genannten sieben Arten bzw. Artengruppen gehalten. In der Summe wird ein Gesamtumfang von 15 % an Maßnahmenflächen für erforderlich gehalten.

Die Maßnahmen mit der höchsten Stetigkeit der Nennungen bei allen Arten, dies betrifft auch weitere Wirbeltierarten und die Insekten, sind die Angaben von mehrjährigen Brachflächen (selbstbegrünte Brachflächen), die im Median zwischen 5 und 10 % Flächenanteil einnehmen sollten, jedoch stets im Maßnahmen-Portfolio von weiteren Brachestrukturen wie Ackersäumen und Pufferstreifen begleitet werden sollten. Der Gesamtumfang der notwendigen Maßnahmen wird im Median mit 15 bis 20 % der Ackerflächen eingeschätzt.

2.3 Fazit

Zu den Auswirkungen von Pestiziden auf in der Agrarlandschaft lebende Organismen liegen eine Vielzahl von Labor und Halbfreilandstudien vor, und auch im Freiland wurden Effekte von einzelnen Pestiziden oder Produkten auf bestimmte Gruppen untersucht. Die Frage des quantitativen Anteils der Pestizide am Rückgang der mit der Agrarlandschaft assoziierten Vögel oder Insekten ist jedoch nach wie vor offen. Hierbei geht es auch nicht um die Auswirkung einzelner Pestizidprodukte, sondern einer Vielzahl von Mitteln, die als Spritzfolgen oder Tankmischungen in den verschiedenen Kulturen in der Landschaft eingesetzt werden. Es ist allerdings klar, dass Pestizide einen negativen Einfluss auf verschiedenen Maße der Biodiversität haben. So konnte in einer großen, europäischen Untersuchung auf Weizenfeldern gezeigt werden, dass die einzige signifikante Variable mit negativem Einfluss auf die

Anzahl von Feldvögeln, bodenlebende Insekten, Ackerwildkräuter und biologische Kontrolle hatte, auf verschiedene Pestizidanwendungen zurückzuführen war (Geiger et al 2010). Weitere aufgenommene Variablen umfassten z.B. Düngereinsatz, Pflügen und den Anteil von semi-natürliche Strukturen im Umkreis von 1000 m. In dieser Untersuchung hatten lediglich bestimmte Agrarumweltmaßnahmen immer einen positiven Effekt auf die Biodiversität. In einer Analyse von 132 Studien zu verschiedenen Insektengruppen in der Agrarlandschaft wurde gezeigt, dass auch hier Pestizide deutlich den negativen Einflussfaktor darstellten, wohingegen die Etablierung von Feldsäumen und Hecken, Blühstreifen und ökologische Landwirtschaft positive Effekte auf die Biodiversität zeigten (Brühl et al. 2015, siehe auch Kap. 2.1.4.2). Aus beiden Studien lässt sich zwar ableiten, dass Pestizide einen signifikanten und großen Anteil an der negativen Entwicklung der Biodiversität haben, allerdings nicht, wie groß dieser Anteil ist. Daher lässt sich auch nicht exakt darstellen, wie groß eine Kompensationsmaßnahme sein muss; dies kann nur grob abgeschätzt werden (siehe unten). Es müssen stattdessen Maßnahmen bestimmt werden, die eine gesamtpositive Auswirkung haben. Aus beiden oben zitierten Untersuchungen wird deutlich, dass Biodiversität in der Agrarlandschaft an zwei groben Stellschrauben justiert werden kann: negativ wird sie durch Pestizide, positiv durch Umweltmaßnahmen bestimmt. Da Indikatoren wie Feldvögel und Arthropoden seit Jahrzehnten eine negative Entwicklung aufzeigen, muss mit einem größeren Anteil an ÖAF gegengesteuert werden. Um überhaupt in den nächsten Jahrzehnten eine Stabilisierung bzw. eine positive Entwicklung zu verzeichnen, muss der Anteil an ÖAF großzügig bemessen werden.

Es gibt nur vergleichsweise wenige Studien, die zeigen wie hoch der Anteil an ÖAF in der Landschaft sein muss, um weitere Biodiversitätsverluste zu vermeiden und somit eine Kompensation von durch PSM verursachte Schäden zu gewährleisten. Studien an Vögeln und Säugetieren zeigen, dass dieser mindestens 10 % betragen muss. Für Amphibien, Arthropoden und Pflanzen der Agrarlandschaft liegen keine entsprechenden Daten vor. Studien, die mehrere Organismengruppen gleichzeitig betrachten, kommen zu höheren Werten (maximal 21 %). Auch Umfragen unter Expertinnen/en in Deutschland ergaben höhere Werte: 15 % für Vögel und 20 % für Ackerwildkräuter, jeweils bezogen auf Ackerflächen.

Der sowohl in der Literaturstudie als auch in der Umfrage wichtigste ÖAF-Typ war die (mehrjährige) selbstbegrünte Brache. Allerdings können durch Brachen nicht alle Auswirkungen von PSM kompensiert werden, weswegen andere flankierende Maßnahmen empfohlen werden.

3 Vorschlag eines Kompensationssystems

Viele der Vorschläge für unter Pflanzenschutzrecht anererkennungsfähige Kompensationsmaßnahmen gibt es bereits heute in Form von Agrarumwelt- oder Vertragsnaturschutz-Maßnahmen oder auch als anrechnungsfähige „Ökologische Vorrangflächen“ im Rahmen des Greenings. Auf solche Maßnahmen wird in Kapitel 4 näher eingegangen. Da die Maßnahmenbezeichnungen und -inhalte jedoch in vielen Bundesländern sehr unterschiedlich sind und viele Maßnahmen keinen Fokus auf den Ausgleich von schädlichen Wirkungen der PSM haben, wurde im Rahmen dieses Projekts zunächst ein tragfähiges Maßnahmenkonzept für die Kompensation von Auswirkungen der PSM entwickelt, das nachfolgend vorgestellt wird. In einem zweiten Schritt wird dann in Kapitel 4 abgeglichen, welche der in den Bundesländern angebotenen Maßnahmen den hier vorgestellten Kompensationsmaßnahmen entsprechen.

Dabei wird als Grundannahme davon ausgegangen, dass zur Kompensation der PSM-Auswirkungen ein Anteil an X % ökologisch hochwertigen Flächen vorhanden sein muss. Der Anteil von X % und auch deren Flächenqualität unterscheidet sich natürlich – wie in Kapitel 2 ausgeführt – je nach Organismengruppe und Einzelarten. Im Sinne eines umsetzbaren und für alle Gruppen hinreichend wirksamen

Beitrags wird hier ein (Mindest-)Anteil von 10 % des Typs „selbstbegrünte Brache¹“ in Streifenform (3 – 30 m Breite) als Referenz angesetzt (siehe Kapitel 2.3).

Dieser Referenztyp „selbstbegrünte Brache“ in Streifenform (3 – 30 m Breite) bringt für die meisten (aber nicht alle) der betroffenen Arten und Artengruppen positive Effekte und ist somit in der Lage, die Negativeffekte des PSM-Einsatzes zu einem großen Anteil zu kompensieren (siehe Kapitel 2). Der Einfachheit halber könnte man also vollständig auf eine solche Kompensation durch selbstbegrünte Brachen setzen, muss sich jedoch dabei bewusst sein, dass damit nicht alle Negativeffekte des PSM-Einsatzes kompensiert werden können. Daher wird neben diesem einfachen Kompensationsansatz mit selbstbegrünten Brachen ein Punkteansatz vorgestellt, mit dem den Landwirten die Möglichkeit eröffnet würde, verschiedenartige und z. T. auch produktiven Maßnahmen, das heißt Maßnahmen, die noch einen gewisse ackerbauliche Produktion erlauben, bei der Bewertung des Potenzials zur Kompensation der Negativwirkungen der PSM zu berücksichtigen. Ein solcher Punkteansatz könnte sowohl aus Biodiversitätssicht vorteilhaft sein als auch aus landwirtschaftlicher Sicht, bedarf jedoch einer etwas aufwändigeren Umsetzung und Kontrolle (siehe Kapitel 3.2).

3.1 Kompensation mit der Maßnahme „selbstbegrünte Brache“ in Streifenform (3 – 30 m Breite) als Referenzsystem

Die Berücksichtigung der Maßnahme „selbstbegrünte Brache“ in Streifenform (3 – 30 m Breite) ist einfach: Vor der Durchführung eines kompensationspflichtigen PSM-Einsatzes muss der Landwirt 10 % der zu behandelnden Fläche als selbstbegrünte Brache angelegt haben, und zwar möglichst auf derselben Ackerfläche (bei großen Schlägen ≥ 10 ha) oder in der Nähe des Feldes mit PSM-Einsatzes, möglichst im Umfeld von 500 m. Dies entspricht der täglichen Wanderungsdistanz vieler Arten, wobei es auch Arten mit kleineren und Arten mit größeren Wanderungsdistanzen gibt. Es ist wichtig, dass diese Flächen vor der Durchführung des PSM-Einsatzes zur Verfügung stehen, damit die Arten auf die selbstbegrünte Brache ausweichen können bzw. bereits vorher entsprechende „sichere“ Lebensräume besiedeln konnten.

Der Umfang von 10 % stellt den unteren Wert dar, der in Literaturrecherchen und umfangreichen Expertinnen- und Expertenumfragen als Mindestumfang von Biodiversitätsmaßnahmen zur langfristigen Sicherung von Arten und Populationen in der Kulturlandschaft ermittelt wurde (siehe Kapitel 2).

Wie bereits oben dargestellt, ist die Maßnahme „selbstbegrünte Brache“ zwar einfach durchzuführen. Sie kann jedoch aus Sicht des Landwirts problematisch sein, insbesondere, wenn sich auf nährstoffreichen Böden auf brachliegenden Flächen ein großes Unkrautpotential (unerwünschte Ackerwildkräuter wie Ackerkratzdistel, Gänsefuß, Melde, Ampferarten, Quecken, Hirsen etc.) entwickeln, die zum einen in Nachbarflächen aussamen können und zum anderen bei Wiederinkulturnahme einen hohen Bearbeitungsaufwand und/oder PSM-Aufwand erfordern. Daher soll als zweiter zielführender Ansatz, der aus landwirtschaftlicher Sicht, aber auch aus ökologischer Sicht mehr Vorteile bringt, ein Punkteansatz vorgestellt werden, mit dem die zu erbringenden Kompensationsleistungen auch mit produktionsbezogenen Maßnahmen erfüllt werden können.

3.2 Kompensation auf Basis eines Punktesystems

Als Grundprinzip ist hier vorgesehen, dass jeder Landwirt, der einen kompensationspflichtigen Pestizideinsatz durchführt, für den entsprechenden Flächenumfang eine Mindestanzahl von Kompensations-

¹ Im strengen Sinne ist „Brache“ ein Zustand ohne menschliche Pflegeeingriffe; im Hinblick auf die Erhaltung der „guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands“ ist jedoch mindestens eine Mahd mit Abräumen alle zwei Jahre oder jährliches Mulchen vorgeschrieben; Brache von Ackerland bedeutet in diesem Fall den Erhalt des Ackerstatus ohne den Anbau von Ackerkulturen.

punkten nachweisen muss. Wenn ein Landwirt z. B. auf 100 ha kompensationspflichtigen Pestizid-einsatz durchführt, so muss er Kompensationsmaßnahmen „im Wert“ von 100 Punkten nachweisen. Die Zahl 100 ist dabei im Prinzip willkürlich gewählt, ermöglicht aber eine direkte Umrechnung in die zu kompensierende Fläche (siehe unten). 100 Punkte sollen der ökologischen Wertigkeit von 10 ha selbstbegrünter mehrjähriger Brache aus Kapitel 3.1 entsprechen. Wie und mit welchen Maßnahmen und auf welchen Flächen er die Kompensationsmaßnahmen durchführt, bleibt ihm dabei selbst überlassen. Nachfolgend werden nun einerseits die Kompensationsmaßnahmen vorgestellt und andererseits deren Bepunktung, die die jeweilige ökologische Wertigkeit in Relation zur selbstbegrünten mehrjährigen Brache aus Kapitel 3.1 widerspiegelt.

3.2.1 Überblick über die Auswahl der Kompensationsmaßnahmen

Auf Grundlage der genannten negativen Effekte der Nutzung von Pestiziden auf die Biodiversität in der Agrarlandschaft und der Überlegungen, welche Aufwertungsmaßnahmen zu nennenswerten positiven Einflüssen auf die Biodiversität in Agrarlandschaften führen (Kapitel 2), werden hier verschiedenartige Maßnahmen vorgestellt und deren Wertigkeit quantifiziert. Dabei wird auf die in Kapitel 2 zusammengestellte Literatur zurückgegriffen. Um zu viele Querverweise zu vermeiden und die Begründung für die Bewertung nahe an der Beschreibung zu halten, werden einige Zitate und Argumente aus Kapitel 2 hier noch einmal aufgenommen.

Mit der Auswahl der Maßnahmen und der Bepunktung soll die Anerkennungsfähigkeit für bestimmte ökologisch wertvolle Flächen und Flächenkombinationen so gestaltet werden, dass es für den Landwirt eine Vielzahl passender Maßnahmemöglichkeiten gibt und gleichzeitig die Auswirkungen des Pestizideinsatzes auf verschiedenste Organismengruppen und auf die Vernetzung der für die Organismengruppen geeigneten Lebensräume so effizient wie möglich kompensiert werden. Das beinhaltet (I), dass jeweils mehrere verschiedene Maßnahmen kombiniert werden, da vielfältige Maßnahmen auch unterschiedliche Organismengruppen fördern und (II), dass linienförmige Maßnahmen wegen der Vernetzungswirkung höher bepunktet werden als flächige Maßnahmen, wobei es sowohl der flächigen als auch der linienförmigen Maßnahmen bedarf. Weiterhin wurde bei der Auswahl der Maßnahmen sehr großer Wert auf eine hohe Flexibilität für den Landwirt und eine einfache Kontrollierbarkeit gelegt. Auf komplexe und feingliedrig differenzierte Maßnahmen, die evtl. vor Ort noch bessere Kompensationseffekte ergäben (z.B. verschiedenartige Blühstreifen-Arten und Schwarzbrache nebeneinander mit einem rotierenden Managementsystem), wurde zugunsten der Verständlichkeit und Kontrollierbarkeit verzichtet. Aufgrund dieser Vorbedingungen wurde im Weiteren auf einige ökologisch relevante Abstufungen verzichtet, wenn sich z.B. die Abstufungen der ökologischen Wertigkeiten erst in der Vegetationsperiode ergeben. Der Landwirt muss bereits bei der Planung seiner Anbau- und Pflanzenschutzstrategie prüfen, ob die zu erwartenden Negativwirkungen des PSM-Einsatzes durch vorhandene oder im Rahmen des Greenings oder von AUM geplante Maßnahmen voraussichtlich ausreichend kompensiert werden können. Hierzu muss der Landwirt die das Kompensationspotenzial beschreibende Bepunktung für die verschiedenen Flächen- und Maßnahmentypen kennen und die sich ergebende Summe berechnen. Durch die Kommentare zu den jeweiligen Maßnahmen kann der Landwirt feststellen, welche Ausgestaltung der Maßnahme voraussichtlich den höchsten ökologischen Effekt hätte. Auch wird in den Kommentaren von manchen Maßnahmen unter bestimmten Umständen explizit abgeraten wie z. B. der Anlage von Brachen mit Selbstbegrünung auf nährstoffreichen Böden. Die selbstbegrünten Brachen sind für nährstoffarme Böden absolut empfehlenswert, unter nährstoffreichen Bedingungen entwickelt sich jedoch bei Selbstbegrünung nicht die erwünschte vielfältige Ackerflora, sondern es werden Problemunkräuter gefördert. Im eigenen Interesse des Landwirts wird darauf vertraut, dass solche Maßnahmen dann nicht durchgeführt werden. Alternativen werden jeweils benannt. Im Sinne der Umsetzbarkeit sind solche Kompromisse nötig, da man in der Umsetzung dem einzelnen Landwirt nicht bestimmte Maßnahmen auf Grund der vorherrschenden Bodenverhältnissen vorschreiben kann und sollte. Umgekehrt würde ein Ausschluss der Maßnahme „Brache mit Selbstbe-

grünung“ auf Grund der möglichen Probleme durch Problemunkräuter, ökologisch und aus landwirtschaftlicher Sicht nachteilig sein, denn so würde man Landwirten in vielen Gegenden auf nährstoffärmeren Standorten eine ökologisch hochwertige Ausgleichsmöglichkeit nehmen, die z.B. für die Kompensation der Auswirkungen des PSM-Einsatzes auf Ackerwildkräuter und/oder auf die betroffenen Tiere der Feldflur wichtig sind.

Im Folgenden werden die in Tabelle 6 aufgeführten vorgeschlagenen Maßnahmen mit Begründung der korrespondierenden Gewichtungen erklärt. Die anererkennungsfähigen Flächentypen sind in drei übergeordnete Gruppen eingeteilt. Die Ackerflächen mit Produktion (AMP), die Ackerflächen ohne Produktion (AOP) und die Landschaftselemente ohne Produktion (LOP). Ein Maßnahmenbereich (AMP, AOP, LOP) kann zu maximal 70 % der Mindestpunktzahl angerechnet werden, d. h. die Mindestpunktzahl muss über Maßnahmen aus mindestens zwei Bereichen erfüllt werden. Im einfachsten Fall können dies zwei einzelne Maßnahmen sein, es könnte aber auch das Gesamtspektrum aller 11 Maßnahmen zum Einsatz kommen. Die Punkte einer Maßnahme werden mit der jeweiligen Flächengröße in ha multipliziert und dann summiert. Diese Summe ist äquivalent der Fläche mit Pestizideinsatz, die durch dieses Set an Maßnahmen auszugleichen ist.

3.2.2 Vorstellung eines Spektrums verschiedener anererkennungsfähiger Maßnahmen

Die Vorstellung eines Spektrums verschiedener Kompensationsmaßnahmen geht von dem am Anfang des Kapitels 3 erläuterten Ansatz aus, dass es für den Landwirt, aber ggf. auch im Sinne der zu erzielenden Biodiversitätswirkungen besser sein könnte, auf ein Maßnahmenset zu verschiedenen Kompensationsmaßnahmen zu setzen anstatt nur auf die Maßnahme „selbstbegrünte Brache“. Das nachfolgend vorgestellte Spektrum verschiedener Kompensationsmaßnahmen ist nur relevant, wenn auf ein solches Punktesystem gesetzt wird.

Die Vorstellung der Maßnahmen ist hier bewusst in der Reihenfolge AMP (Ackerflächen mit Produktion), AOP (Ackerflächen ohne Produktion) und LOP (Landschaftselemente ohne Produktion) gewählt, da vermutlich die meisten Landwirte in dieser Reihenfolge denken. Zunächst wird die Frage beantwortet: „Kann ich auf meinen zur Kompensation notwendigen Flächen noch etwas produzieren?“ Als letzte bzw. kleinflächigste Option legt man Landschaftselemente an, das heißt, man nimmt landwirtschaftliche Flächen ganz aus der Produktion.

3.2.2.1 Gruppe 1 – AMP - Ackerflächen mit Produktion

AMP 1 bezeichnet Ackerrandstreifen ab 3 m Breite, die zwar ohne den Einsatz von Dünger und Pestiziden, aber ansonsten normal bewirtschaftet werden. Profitieren kann hiervon die spontane Vegetation mit Ackerwildkräutern (Albrecht et al. 2016) und davon abhängige Bestäuber wie auch andere Insektengruppen. Auch Feldvögel finden hier mehr Nahrung (siehe Kapitel 2). Die Breite der Streifen sollte möglichst hoch gewählt werden, um die ökologische Wirkung zu erhöhen. Gibt es erhöhten Druck von Problemunkräutern oder ausbleibende Vielfalt der Wildkräuter, so sollte man alternativ einen Blühstreifen AOP 2 mit Einsaat in Erwägung ziehen. Hier können gezielt Saatmischungen mit Anteilen von regional vorkommenden Ackerwildkräutern helfen, diverse Arten wieder anzusiedeln, die dann in den Folgejahren im Rahmen der Maßnahme AMP1 Ackerrandstreifen weiter im Bestand gehalten werden können. Eine geringere Dichte bei der Einsaat kann den Wildkrautschutz deutlich verbessern (Albrecht et al. 2016). Das wiederholte Anlegen der Streifen an denselben Stellen fördert die weitere Ausbreitung der Ackerwildkräuter und die Regeneration der Samenbanken und ist daher zu empfehlen.

Beitrag zur PSM Kompensation und Bepunktung: Ackerrandstreifen kompensieren Verluste von Habitat und Nahrung durch biodiversitätsschädigende Mittel innerhalb der Felder insbesondere für Ackerwildkräuter und Insekten sowie für einige Wirbeltiere (Vögel, Säuger, Amphibien, Reptilien). Direkte, insbesondere durch Herbizide verursachte Schädigung von Ackerwildkräutern werden durch die Bereitstellung unbehandelten Ackerlebensraums kompensiert, was ggf. zur Erhaltung und Förderung der Samenbank beiträgt, die oftmals durch langjährigen kontinuierlichen Herbizideinsatz geschädigt ist.

Im Vergleich zur Referenz „mehrjährige Brache“ (AOP1), ist das kompensatorische Potential aufgrund der ackerbaulichen Eingriffe jedoch deutlich geringer. Ackerrandstreifen werden daher mit 5 Punkten zur Kompensation angerechnet.

Punktwert: 5 Punkte.

AMP 2 bezeichnet Lichtäcker: Dies sind Getreideäcker, die in weiter Reihe oder mit halber Saatstärke eingesät wurden. Die flächige Auflichtung der Feldfrucht wird durch doppelten Reihenabstand (> 20 cm) bei der Aussaat oder mit um 30 - 50 % verringerter Saatstärke auf der ganzen Ackerfläche oder auf Ackerstreifen von mehr als 20 m Breite erreicht. In Lichtäckern sollen sich Ackerwildkräuter und die davon abhängigen Tiergemeinschaften ausbreiten können (Albrecht et al. 2016). Daher ist zusätzlich der Verzicht auf Herbizide und Insektizide notwendig. Die mechanische Unkrautbekämpfung sollte zurückhaltend erfolgen, solange keine Problemunkräuter auftauchen. Auf die Maßnahme AMP2 sollte bei starkem Druck von Problemunkräutern verzichtet werden. Eine geringe Einsaat von regional vorkommenden Ackerwildkräutern als blühende Untersaat ist möglich und wünschenswert, falls die erwünschte Vielfalt an Ackerwildkräutern ausbleibt. Die Düngung sollte nur spärlich erfolgen, da diese für die Ackerwildkräuter ungünstig ist und Problemunkräuter fördert (Albrecht et al. 2016).

Beitrag zu PSM Kompensation und Bepunktung: Lichtäcker kompensieren Verluste von Habitat und Nahrung durch biodiversitätsschädigende Mittel innerhalb der Felder durch Bereitstellung von geeigneten Lebensräumen, insbesondere für Ackerwildkräuter, Insekten und für Feldvögel. Nach Angaben aus einer umfangreichen Expertenumfrage wird ein Umfang von rund 20 % von Licht-äckern in der Agrarlandschaft für wichtig erachtet, um langfristig die Populationen von Arten der Ackerlandschaft zu erhalten. Die Bepunktung mit 5 Punkten/ha entspricht daher diesem Wert von 20 % Flächenumfang.

Punktwert: 5 Punkte

AMP 3 bezeichnet Ackerwildkraut-Schutzäcker. Das sind mehrere Jahre (> 5 Jahre) flächig extensiv bewirtschaftete Ackerflächen ohne Pestizideinsatz, auf denen extensiv vorwiegend Getreide angebaut wird (mit Fruchtfolge, einzelne Jahre mit Klee oder Klee gras) und bei denen die Artenvielfalt der Ackerflächen und nicht die Produktion im Vordergrund steht. Sie können initial auf Flächen bis 1 ha Größe angelegt werden (ggf. mehrere dieser Flächen bei großen Betrieben) und bei gutem Erfolg der Maßnahme auch größerflächig anerkannt werden. Düngung darf nur in Form von Festmist, Kompost oder Leguminosen erfolgen. Auf angepasste Fruchtfolge mit zumeist jährlichem Wechsel von eher schwach zehrenden Ackerfrüchten ist zu achten. Eine geringe Einsaat mit Ackerwildkräutern ist möglich und sinnvoll, falls sich vielfältige Ackerwildkräuter nicht selbst nach ca. zwei Jahren in diverser Form einstellen. Durch die lange Verweildauer der Fläche am selben Ort, können sich die Wildkräuter eher ausbreiten und die Samenbanken füllen. Im Optimalfall werden zumindest Teile des Ackers deutlich länger als die im Minimum angesetzten fünf Jahre als Schutzacker bewirtschaftet (Meyer et al. 2010).

Beitrag zu PSM-Kompensation und Bepunktung: Ackerwildkraut-Schutzäcker kompensieren Verluste von Habitat und Nahrung durch biodiversitätsschädigende Mittel innerhalb der Felder für alle relevanten Arten, indem hier ein Ackerbau betrieben wird, bei dem die Biodiversitätswirkung im Vordergrund steht. Sie sind daher gleichwertig mit mehrjährigen selbstbegrüntem Brachen.

Punktwert: 10 Punkte

AMP 4 bezeichnet den Anbau von alten Getreidesorten, wie Dinkel, Emmer oder Einkorn. Sie werden ohne den Einsatz von Pestiziden und mit geringem Düngeinsatz angebaut. Durch den langsameren und lichtereren Wuchs im Vergleich zu modernen, hochgezüchteten Sorten, kommt mehr Licht auf den Boden und ermöglicht die Entstehung artenreicher Wildkrautgesellschaften.

Beitrag zu PSM-Kompensation und Bepunktung: Der Anbau alter Getreidesorten ist ein extensiver Anbau, der ähnlich wie der Anbau eines Lichtackers wirkt. Im Vergleich zum Lichtacker wird jedoch etwas weniger Biodiversitätswirkung erzielt, daher ist der Punktwert etwas geringer.

Punktwert: 4 Punkte

AMP 5 sind Ackerflächen mit mindestens zwei Lerchenfenstern pro Hektar, das heißt im Innern des Getreideackers angelegte sogenannte Flächen ohne Einsaat. In den Getreideäckern mit dieser Maßnahme werden jeweils 2 – 10 Lerchenfenster mit einer Größe von je ca. 20 m² nicht eingesät. Diese Ofenbereiche bieten gute Landeplätze für die Lerche und erhöhen nachweislich die Populationsgröße (Schmidt et al. 2017). Die Maßnahme kann durchaus auch für andere Feldbewohner wie Hasen und Rebhühner einen positiven Effekt haben.

Beitrag zu PSM-Kompensation und Bepunktung: Lerchenfenster sind vorwiegend für die betroffene Art Feldlerche gedacht und hier auch wirksam. Andere Arten profitieren nur in äußerst geringem Umfang von dieser Maßnahme, da die Lerchenfenster klein und isoliert inmitten der intensiv bewirtschafteten Ackerflächen liegen. Lerchenfenster sind daher bezüglich der Bepunktung so zu bemessen, dass sie den positiven Effekt für die Feldlerche abbilden, aber als Maßnahme allein bei weitem nicht ausreichen, um die biodiversitätsschädigenden Wirkungen für Insekten, viele Ackerwildkräuter und viele andere Wirbeltiere auszugleichen. Dies bedeutet, dass man als Landwirt selbst bei Anlage von Lerchenfenstern auf der ganzen Ackerfläche seines Betriebs noch zusätzliche Maßnahmen anlegen muss, um auch für andere Arten bzw. Artengruppen Biodiversitätswirkungen zu erzielen.

Punktwert: 0,5 Punkte

AMP 6 ist die Rebgassenbegrünung mit standortangepassten Arten. In mindestens jeder zweiten Rebgasse wird mit vielfältigem Regio-Saatgut eingesät. Zwischen Oktober und Mitte Mai sollte kein Schnitt erfolgen, da es sich bei vielen typischen Wildpflanzen der Weinberge um Frühblüher handelt, die sonst ihrer Blätter und Reserven beraubt würden. Das Hacken im Herbst zur Reduktion dominanter Gräser ist erwünscht. Eine Einsaat mit regional typischen Pflanzen kann unterbleiben, wenn sich noch eine vielfältige Weinbergsvegetation in dem Gebiet befindet und die Selbstbegrünung eine vielfältige Flora mit sich bringt (in Rücksprache mit Experten zu validieren).

Beitrag zu PSM Kompensation und Bepunktung: In Rebflächen findet oftmals eine intensive Anwendung von biodiversitätsschädigenden Mitteln statt. In den Rebgassen wird oft ebenfalls intensiv gemulcht oder gegrubbert, sodass hier ebenfalls die Kompensationsflächen fehlen. Die Bepunktung ist so zu bemessen, dass ein bedeutender Anteil der Rebflächen mit einer artenreichen Mischung begrünt ist (oder artenreich an Rebwildkräutern erhalten bleibt), um die Negativwirkungen zu kompensieren. In Anlehnung an die Maßnahme Lichtacker ist ein Punktwert von 4 Punkten angemessen. Er ist etwas geringer als bei den Lichtäckern, da er in Rebkulturen nur die Rebgassen betrifft und nicht die Rebzeilen. Somit ist die biodiversitätseffektive Fläche hier etwas geringer.

Punktwert: 4 Punkte

3.2.2.2 Gruppe 2 – AOP - Ackerflächen ohne Produktion

Die Flächen AOP 1 und AOP 2 gehören zur Gruppe der Brachen oder Blühbrachen. Die Benennung von Brachen, Puffer-, Schutz- oder Blühstreifen ist in der Literatur und in gängigen Förderprogrammen nicht einheitlich. Viele Brachen werden beispielsweise bei Einsaat von Blühstreifen gesondert als Blühflächen bezeichnet oder bleiben in der Benennung Ackerbrachen trotz der Einsaat von Blühmischungen. Um der ökologischen Rolle der verschiedenen Bewirtschaftungsformen Rechnung zu tragen, wurden die Formen hier einerseits auf Grund der Einsaat und Bearbeitung und andererseits aufgrund der Lebensdauer definiert. Gleichzeitig soll die Einteilung so anwendungsfreundlich wie möglich sein. Die ökologisch relevanten und zu differenzierenden Gruppen sind:

- ▶ **AOP 1** Ackerbrachen oder brachliegende Säume mit Selbstbegrünung (ohne Einsaat, späte Mahd mit Abräumen alle zwei Jahre oder einmalige späte Mahd mit Abräumen oder Mulchen und ggf. späte Beweidung; mindestens 30 %, max. 70 % über Winter stehen lassen)
- ▶ **AOP 2** Blühflächen mit Einsaat diverser Blümmischungen (max. einmaliges Mulchen, mindestens 30 %, max. 70 % über Winter stehen lassen).

Innerhalb der Formen gibt es nach Lebensdauer sortiert

- ▶ einjährige Formen, die im März/April/ Mai angelegt werden und z.T. im Herbst umgebrochen werden (vor Anbau der Winterkultur), z. T. aber auch bis Frühjahr stehen bleiben,
- ▶ überjährige Varianten, die im Spätsommer / Herbst (Aug./Sept.) angelegt werden oder erst nach der Hauptkultur des Folgejahres wieder umgebrochen werden und
- ▶ mehrjährige Varianten, die mindestens 2 Jahre am gleichen Ort verbleiben.

Diese Unterteilung ist ökologisch sinnvoll, da Brachen mit Selbstbegrünung besonders an nährstoffarmen Standorten mit hohem Samenpotential an konkurrenzschwachen Ackerwildkräutern hohen ökologischen Wert besitzen, während der Wert auf besseren Standorten oft nur durch Einsaat bestimmter Blümmischungen erhöht werden kann. Besonders auf besseren Standorten entwickelt sich statt einer diversen Vegetation oftmals ein dichter Bestand mit Problemunkräutern, die auch in den Folgejahren und auf benachbarten Flächen zu großen Schwierigkeiten führen und kaum ökologischen Wert in die Fläche bringen. Mit steigender Dauer der Maßnahme steigt im Allgemeinen die ökologische Bedeutung. Die überjährigen Varianten nehmen ökologisch eine Zwischenstellung ein, da die im Herbst entstehenden Maßnahmenflächen bereits im Winter und Frühjahr Unterschlupf und Nahrungsquellen liefern. Im Folgenden werden die Maßnahmen AOP 1 und AOP 2 in ihrer ökologischen Wertigkeit weiter untergliedert und die Einordnung begründet.

AOP 1 Ackerbrachen und brachliegende Säume (nur Selbstbegrünung) 4 – 10 Punkte

Beitrag zu PSM-Kompensation und Bepunktung: Die Ackerbrachen und brachliegende Säume entsprechen im optimalen Fall der mehrjährigen selbstbegrüneten Brache und kompensieren so, wie in Kapitel 2 eingehend dargestellt, biodiversitätsschädigende PSM-Wirkungen für eine Vielzahl von Arten. Es gibt jedoch nicht nur den Typ der mehrjährigen selbstbegrüneten Brache, der in mehr oder weniger breiten Streifen wie ein Netz die Landschaft durchzieht und so ein optimales Muster an Kompensationsflächen schafft, sondern es existieren auch die einjährigen Brachen und die großflächigen Brachen, die weniger Wirkung entfalten als ein Netz von breiten Brachestreifen in der Landschaft. Daher wurde die Bepunktung in Abhängigkeit von der zu erwartenden Biodiversitätswirkung für die verschiedenen Brache- und Saumtypen abgestuft. Ein Streifen hat oftmals eine deutlich höhere Flächenwirkung wegen der Randeffekte, die von ihm ausgehen - daher ist die Bepunktung deutlich höher.

Die Bepunktung wurde entsprechend differenziert: Für mehrjährige Brachestreifen bis 30 m Breite sind 10 Punkte vorgesehen. Dies gilt auch für unregelmäßig geschnittene Flächen, die größtenteils (zu über 50 % ihrer Länge) eine Breite zwischen 3 und 30 m aufweisen; für breitere mehrjährige Streifen (z.B. 40 m breit) oder Flächen, die überwiegend (zu über 50 % ihrer Länge) breiter als 30 m sind, sind 8 Punkte vorgesehen. Mehrjährig bedeutet dabei mindestens 2 Jahre.

Analog gilt die Breitedefinition für die ein- und überjährigen Brachen, bis 30 m Breite sind 6 Punkte vorgesehen, über 30 m Breite sind 4 Punkte vorgesehen.

Eine angelegte Brachefläche ergibt also im ersten Jahr weniger Punkte als in den Folgejahren. Dies gilt auch für überjährige Brachen, d.h. die Flächen, die nach der Hauptkultur (z.B. Getreide) brach bleiben (Stoppel): im ersten Folgejahr ist die Bepunktung als einjährige Brache vorgesehen, im darauf folgenden Jahr ist dann die Bepunktung für mehrjährige Brachen vorgesehen.

Punktwerte: 4-10 Punkte

- ▶ Mehrjährige Ackerbrachestreifen/Säume im Acker und an Rändern, Breite 3 – 30 m: 10 Punkte (Hinweis: sollten sich Problemunkräuter ausbreiten, ist auf AOP 2 Blühstreifen auszuweichen. Das ist vor allem auf Standorten mit guter Nährstoffversorgung zu erwarten)
- ▶ Mehrjährige Ackerbrachen: 8 Punkte (Hinweis: sollten sich Problemunkräuter ausbreiten, ist auf AOP 2 Blühflächen auszuweichen. Das ist vor allem auf Standorten mit guter Nährstoffversorgung zu erwarten)
- ▶ Einjährige oder überjährige Säume im Acker und an Rändern, Breite 3 – 30 m: 6 Punkte (Hinweis: sollten sich Problemunkräuter ausbreiten, ist auf AOP 2 überjährige Blühstreifen auszuweichen. Das ist vor allem auf Standorten mit guter Nährstoffversorgung zu erwarten)
- ▶ Ein- oder überjährige Ackerbrachen: 4 Punkte (Hinweis: sollten sich Problemunkräuter ausbreiten, ist auf AOP 2 Blühflächen auszuweichen. Das ist vor allem auf Standorten mit guter Nährstoffversorgung zu erwarten)

Die Selbstbegrünung von Ackerbrachen erlaubt vielen seltenen und meist geschützten konkurrenzschwachen Wildkräutern die Keimung und ermöglicht ihnen genügend Licht zum Wachstum und die Auffrischung der Samenbanken. Durch den langjährigen Verzicht auf Brachephase und Pestizideinsatz sind an vielen Stellen die Samenbanken dieser Wildkräuter jedoch bereits erloschen bzw. die Böden sind so nährstoffreich, dass konkurrenzstarke Ackerunkräuter bei Selbstbegrünung massiv auflaufen (Lang et al. 2016). Das spiegelt sich in teils widersprüchlichen Ergebnissen zur Wirkung von Brachen auf die Diversität nieder (Dicks et al. 2014). Brachen auf ärmeren, ertragsschwachen Äckern, haben ein deutlich höheres Potential diverse und ökologisch wertvolle Habitats auszubilden. Hohe ökologische Wertigkeit mit vielen Arten der Roten Listen besitzen meist ärmere Standorte auf Sanden und auf Kalkkuppen (Albrecht et al. 2016) sowie regelmäßig vernässte Bereiche (Nitsch et al. 2016). Auf diesen sehr locker bewachsenen Flächen fühlen sich neben konkurrenzschwachen Wildkräutern auch viele Offenland-Tierarten und spezialisierte Bestäuber wohl. Die Überwinterung der Flächen bietet auch im Winter Nahrung und Schutz diverser Tiergruppen und wird daher höher bewertet als die einjährige Anlage solcher Brachen nur über den Sommer hinweg. Je intensiver die Bereiche bereits genutzt wurden oder je besser die Bodenverhältnisse, desto schwieriger wird es, durch Selbstbegrünung ökologisch hochwertige Bereiche zu schaffen. Oft fehlt es an Samen in der Samenbank und es bedarf der Einsaat seltener Arten (Albrecht et al. 2016; Lang et al. 2016). Stattdessen wird dann das übermäßige Wachstum aggressiver, konkurrenzstarker, mehrjähriger Unkräuter wie der Stumpfblättrige Ampfer oder die Acker-Kratzdistel durch Selbstbegrünung in Brachen gefördert, die weder aus landwirtschaftlicher noch aus ökologischer Sicht sinnvoll sind und vermieden werden sollen. Die Alternative ist die Einsaat – wenn möglich bereits im Herbst - von konkurrenzstarken Blümmischungen. Diese Form der Bewirtschaftung findet sich in der Klasse AOP 2 in den Blühflächen bzw. Blühstreifen.

AOP 2 Blühflächen und Blühstreifen 5 – 15 Punkte

Beitrag zu PSM Kompensation und Bepunktung: Blühflächen haben biodiversitätsfördernde Wirkung nicht nur für Insekten, sondern auch für eine Vielzahl von Wirbeltieren (Vögel, Säugetiere etc.). Bei einer artenreichen Ausbildung kann eine Blühfläche die Biodiversitätswirkung einer selbstbegrünten Brache übersteigen, insbesondere in Gebieten mit nährstoffreichen Böden. Ähnlich wie bei der Ackerbrache sind die Blühflächen und Blühstreifen unterschiedlich zu bepunkteten. Je nach Ein- oder Mehrjährigkeit und Streifen- oder Flächenanlage sowie Artenvielfalt der Mischung wird die Punktzahl bemessen. Blühstreifen haben eine deutlich höhere Wirkung als Blühflächen und artenreiche Mischungen kompensieren Negativwirkungen von biodiversitätsschädigenden PSM deutlich besser als artenarme Mischungen.

Die Bepunktung wurde analog zu den Brachflächen nach Breite und Mehrjährigkeit sowie Art der Begrünung (Saatgut) differenziert: Für mehrjährige Blühstreifen bis 30 m Breite sind 15 Punkte vorgesehen. Dies gilt auch für unregelmäßig geschnittene Flächen, die größtenteils (zu über 50 % der Länge) eine Breite zwischen 3 und 30 m aufweisen, für breitere mehrjährige Streifen (z.B. 40 m breit) oder Flächen, die überwiegend (zu über 50 % ihrer Länge) breiter als 30 m sind, sind 10 Punkte vorgesehen. Mehrjährig bedeutet dabei mindestens 2 Jahre.

Analog gilt die Breitedefinition für die ein- und überjährigen Blühstreifen und Blühflächen, bis 30 m Breite sind 8 Punkte vorgesehen, über 30 m Breite sind 5 Punkte vorgesehen.

Eine angelegte Blühfläche ergibt je nach Verwendung von artenreichem Regio-Saatgut und Mehrjährigkeit deutlich mehr Punkte als Blühflächen mit wenigen Kulturarten.

Punktwerte: 5 – 15 Punkte

- ▶ Mehrjährige Blühstreifen (>2 Jahre), lokal angepasste und standortgerechte vielfältige Blühmischungen (>15 Arten, Regio Saatgut), Breite 3 – 30m: 15 Punkte
- ▶ Mehrjährige Blühfläche (>2 J.), lokal angepasste und standortgerechte vielfältige Blühmischungen (>15 Arten, Regio Saatgut): 10 Punkte
- ▶ Ein- oder Überjährige Blühstreifen (> 2 J.), einfache Saadmischungen von mindestens acht Arten von Blütenpflanzen (hier auch Leguminosen-dominierte Mischungen möglich), Breite 3 – 30 m: 8 Punkte
- ▶ Ein- oder Überjährige Blühflächen, von mindestens 8 Arten von Blütenpflanzen: 5 Punkte

Auf Grundlage neuerer Untersuchungen können einzelne, nur kurzzeitig angelegte Blühstreifen in vielen Fällen keinen großen Beitrag zum Diversitätserhalt leisten, da zwar einige weit verbreitete Bienenarten davon kurzzeitig profitieren, viele schützenswerte Arten und Arten auch aus anderen Gruppen damit aber nicht gefördert werden (Scheper et al. 2013). Je größer und zusammenhängender die Blühflächen sind und vor allem, wenn diese mindestens über den Winter oder mehrere Jahre in Folge genutzt werden, desto effektiver wird die Maßnahme auch für spezialisierte Bienen (Buhk et al. submitted; Carvell et al. 2015). Die Bereitstellung von Nektar bereits früh im Jahr ist nur auf Blühstreifen gegeben, die entweder mehrjährig sind, oder bereits im vorangegangenen Herbst eingesät wurden. Neben der Attraktivität für Bestäuber, so sollten die Blühstreifen auch auf Grund der Qualität des Saatguts in ihrer Nützlichkeit abgestuft werden. Die Ausbringung von Kulturvarianten der in freier Wildbahn vorkommender Arten wie beispielsweise dem Rotklee kann die Wildformen genetisch verändern und zu einer genetischen Homogenisierung führen oder zu fehlenden Anpassungen wilder Insekten an die neuen Formen. Eingesäte Wildformen können hingegen die Vernetzung von Habitaten seltener Pflanzenarten fördern, die auf Insektenbestäubung angewiesen sind und an genetischer Verarmung durch Fragmentierung leiden (Rösch et al. 2015). Der Einsatz von Saatgut mit überwiegend Wildformen einheimischer und lokal angepasster Arten ist daher deutlich höher zu bewerten wie auch eine hohe Anzahl verschiedener Arten in der Mischung (Scheper et al. 2013). Um eine möglichst gute Vernetzung der Lebensräume herzustellen sind hier gezielt Streifen höher bewertet, als ganze Ackerflächen. Auch wenn ein Streifen bereits ab 3 Metern einen hohen ökologischen Wert hat, so ist zu beachten, dass eine höhere Breite von 10 – 20 Metern durchaus erstrebenswert ist, da damit Beutegreifer weniger leicht die Bereiche nach Bodenbrütern und Kleinsäugern absuchen können, diese also sicherer sind (Nitsch et al. 2016). In der unmittelbaren Umgebung von Gehölzen und anderen Biotopen werden Blühstreifen oder Brachen zur Nahrungsquelle besonders stark genutzt. Insofern wird ange-regt, die Streifen als Pufferstreifen beispielsweise an den Rand von Landschaftselementen zu legen, um diesen zusätzlichen Effekt zu ermöglichen (Nitsch et al. 2016). Außerdem sind Streifen, die gezielt

Landschaftselemente verbinden, besonders wertvoll, sowie auch Streifen, die große Schläge unterteilen, um Offenlandarten wie Feldlerche oder Rebhuhn zu fördern (siehe Kapitel 2.1.1). Weniger wertvoll sind Streifen entlang von stark frequentierten Straßen oder Wegen.

AOP 3 bezeichnet die Anlage eines Kiebitzfensters oder einer Kiebitzinsel (Schmidt 2018). Hier werden auftretende Vernässungsstellen im Acker zu kleinen Ackerbiotopen umfunktioniert anstatt sie mit großem Aufwand zu drainieren. Die Größe sollte der Vernässungsstelle angepasst werden (mindestens ca. 1 ha). Ein äußerer Rand von mindestens 3 m Breite sollte zur Vernässungsstelle eingehalten werden. Bei starkem Unkrautdruck kann eine dem Standort angepasste Saatmischung mit Regio Saatgut eingesät werden oder das Getreide mit maximal 50 % Dichte ausgebracht werden. Im Gegensatz zu den Lerchenfenstern, die ein eher enges Spektrum an Arten fördern, kommen in Kiebitzfenstern viele seltene Wiesenbrüter, Pflanzen und Insekten vor, die von den besonderen feuchten Verhältnissen profitieren, solange der Standort nicht besonders stickstoffreich ist und sich Problemunkräuter nicht ausbreiten.

Beitrag zu PSM-Kompensation und Bepunktung: Kiebitzfenster oder Kiebitzinseln kompensieren Verluste von Habitat und Nahrung durch biodiversitätsschädigende PSM innerhalb der Felder insbesondere für einige Wirbeltiere (Vögel, Amphibien), aber z. T. auch für Insekten und Ackerwildkräuter. Sie entfalten damit ähnlich große Kompensationswirkung wie selbstbegrünte Brachflächen. Die Eingriffe durch die gelegentliche Ackerbearbeitung haben hier für die Zielorganismen (Kiebitz und andere Arten) positive Wirkungen, sodass die Biodiversitätswirkung ähnlich stark wie die der selbstbegrünten Brache einzuschätzen ist.

Punktwert: 10 Punkte

3.2.2.3 Gruppe 3 – LOP – Landschaftselemente ohne (landwirtschaftliche) Produktion

LOP 1 bezeichnet das Anlegen oder die Erhaltung von Lesesteinhaufen, Lesesteinwällen, Trockenmauern aus regional typischen Natursteinen, Ast- und Totholzhaufen. Die Errichtung sollte angepasst an die landschaftstypischen Strukturen stattfinden und mit einem mindestens 1 m breiten umgebenden Krautsaum ausgestattet sein. In solchen Strukturen finden vielerlei Insekten Unterschlupf und Nistmöglichkeiten. Auch Reptilien und Vögel finden hier Verstecke und Nahrung. Die Position sollte nicht an belebten Bereichen direkt an Straßen oder Wegen sein. Je nach Lage finden wärmeliebende Tiere und Pflanzen oder auch feuchteliebende Arten einen Lebensraum.

Beitrag zu PSM-Kompensation und Bepunktung: Die Anlage von Landschaftselementen kann für sehr viele Arten Lebens- und Rückzugsräume schaffen und so eine Kompensation der biodiversitätsschädigenden Wirkung von PSM bewirken. Durch die punktförmige oder lineare Anlage ist der Flächeneffekt deutlich höher als bei der selbstbegrünten Brache. Die Bepunktung ist somit deutlich höher zu bemessen.

Punktwert: 20 Punkte

LOP 2 bezeichnet die Anlage oder die Erhaltung von Hecken, Feld- und Ufergehölzen, die typisch für die jeweilige Landschaft sind. Es werden zwei Ausführungen unterschieden. Pflegearbeiten an den Gehölzen sollten immer nur im Winter ausgeführt werden, um die Nistaktivitäten nicht zu stören. Um den Schutz der Hecke allerdings nicht auf einen Schlag zu entfernen, wenn die Hecke geschnitten wird, sollten nicht alle Bereiche gleichzeitig bearbeitet werden, sondern abschnittsweise.

Beitrag zu PSM-Kompensation und Bepunktung: Bei der Anlage und Erhaltung von Hecken und Gehölzen hängt die Kompensationswirkung in starkem Maße davon ab, ob sich am Rand der Gehölze noch ein Wiesensaum befindet oder nicht. Eine einfache Hecke wird bezüglich der Bepunktung wie eine selbstbegrünte Brache eingeschätzt, eine Hecke mit entsprechenden Saumbereichen als doppelt so wirksam. Analog wurde die Bepunktung vorgenommen.

Punktwerte: 10 – 20.

- ▶ Anlage oder Erhaltung von regionaltypischen Hecken, Ufer-, oder Feldgehölzen. Zu beiden Seiten (am Ufer nur eine Seite) mit mindestens 3 m breitem Wiesensaum, der extensiv genutzt wird (ohne Düngung, 1 - 2-malige Mahd und/oder Beweidung): 20 Punkte
- ▶ Anlage oder Erhaltung von regionaltypischen Hecken, Ufer-, oder Feldgehölzen (nach Definition durch die GAP): 10 Punkte

Eine dem Gehölz vorgelagerte extensiv bewirtschaftete, artenreiche Wiese erhöht den Wert der Struktur deutlich, da die nächstgelegenen Habitate zu Nistplätzen in den Gehölzen bei Vögeln wie Insekten von größter Bedeutung für die Nahrungssuche sind. Auch die Pflanzenvielfalt ist vor bzw. hinter einem Gehölz erhöht, da sich Mikrohabitate unterschiedlichen Klimas bilden und so beispielsweise wärmeliebende Saumarten an Südrändern auftreten.

3.3 Beispielbetriebe

Die vorhergehend dargestellten Kompensationsmöglichkeiten sollen am Beispiel verschiedener fiktiver Betriebe dargestellt werden. Bei den Betrieben wird der Vergleichbarkeit halber jeweils von einem biodiversitätsschädigenden PSM-Einsatz auf 100 ha Fläche ausgegangen. Kleinere oder größere Flächen lassen sich entsprechend prozentual hochrechnen, da das Kompensationssystem linear aufgebaut ist, d.h. für 10 ha zu kompensierende PSM-Wirkfläche sind 10 % der Biodiversitätsflächen im Vergleich zum hier dargestellten 100 ha Beispiel anzusetzen, für 1.000 ha zu kompensierende PSM-Wirkfläche sind entsprechend 10 Mal so große Flächen wie im hier dargestellten 100 ha Beispiel anzusetzen.

Im Beispiel 0, dies entspricht dem Referenzsystem mit der Anlage von selbstbegrüntem Brachen in Streifenform (3-30 m), hat ein Betrieb mit 100 ha PSM-Wirkfläche 10 ha Biodiversitätsflächen anzulegen, also selbstbegrünte Brachen auf 10 ha. In einem theoretischen Fall eines großen Feldes von 1.000 x 1.000 m Fläche (dies sind 100 ha) könnte der Landwirt z. B. vier Streifen von je 25 m Breite als selbstbegrünte Brachestreifen anlegen. Das heißt, dass auf ca. 200- 250 m Felddbreite (die genaue Anlage bemisst sich i.d.R. nach der betriebsüblichen Arbeitsbreite der PSM-Geräte, also z.B. 18 m, 27 m oder 36 m Arbeitsbreite und dem entsprechend Vielfachen) ein Brachestreifen von 25 m Breite käme.

Für das hier alternativ vorgeschlagene Punktesystem dienen die folgenden drei Beispiele zur Illustration (Abbildungen 3, 4 und 5):

Im Beispiel 1 hat der Landwirt bereits im Status quo einen ausreichenden Umfang an Kompensationsflächen, und zwar über Maßnahmen des Greening, von ihm angewendete AUM und vorhandene Landschaftselemente: er erfüllt seine Greening-Verpflichtungen über 5 ha mehrjährig angelegte Brachestreifen und hat damit 5 % ökologische Vorrangflächen angelegt. Im Weiteren nimmt er an einem regionalen Agrarumweltprogramm teil und hat dort 2 ha mehrjährige Blühflächen angelegt. Bedingt durch die Landschaftsstruktur seines Betriebs sind bereits im Status quo 2 ha Gehölzflächen vorhanden, davon 1 ha mit einem beidseitig ausgeprägten Wiesensaum und 1 ha ohne Wiesensaum. Er muss also keine zusätzlichen Maßnahmen zur Kompensation der biodiversitätsschädigenden Wirkung des PSM-Einsatzes anlegen.

Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft.				Beispielrechnung: PSM-Einsatz auf 100 ha Fläche im Betrieb soll ausgeglichen werden		
				1. Beispiel "ausreichend vorhanden"		
Ein Maßnahmenbereich (AMP, AOP, LOP) kann zu maximal 70 % der Mindestpunktzahl angerechnet werden, d.h. die Mindestpunktzahl muss über Maßnahmen aus mindestens zwei Bereichen erfüllt werden. Im einfachsten Fall können das zwei einzelne Maßnahmen sein, es könnte aber auch das Gesamtspektrum aller 11 Maßnahmen zum Einsatz kommen. Die Punkte einer Maßnahme werden mit der jeweiligen Flächengröße in ha multipliziert und dann summiert. Diese Summe ist äquivalent der Fläche mit Pestizideinsatz, die durch dieses Set an Maßnahmen auszugleichen ist.			Punkte je ha Maßnahmenfläche	Bepunktung für die jeweilige Maßnahme, die ergriffen wurde	Fläche der Maßnahme in ha	Punkte
Im Acker mit Produktion	AMP 1	Ackerrandstreifen	5			0
	AMP 2	Lichtäcker, halbe Saaddichte, Getreide weite Reihe mit oder ohne blüh. Untersaat	5			0
	AMP 3	Ackerwildkraut-Schutzäcker	10			0
	AMP 4	Anbau seltener Kultursorten (z.B. Emmer, Einkorn)	4			0
	AMP 5	Lerchenfenster	0,5			0
	AMP 6	Rebgassenflächen mit Artenvielfalt (natürliche Saumbegrünung, Ansaat von Zwischenzeilen mit Regioaatgut)	4			0
Im Acker ohne Produktionsnutzung	AOP 1	Ackerbrachen und Säume (mit Selbstbegrünung)	4-10			
	AOP 1a	Mehrjährige Brachestreifen/- säume	10	10	5	50
	AOP 1b	Mehrjährige Bracheflächen	8			0
	AOP 1c	Ein- und überjährige Brachestreifen/ -säume	6			0
	AOP 1d	Ein- und überjährige Bracheflächen	4			0
	AOP 2	Blühflächen (Blühstreifen/-flächen, Buntbrache)	5 - 15			
	AOP 2a	Mehrjährige Blühstreifen, Regio-Saatgut (≥ 15 Arten)	15			0
	AOP 2b	Mehrjährige Blühflächen, Regio-Saatgut (≥ 15 Arten)	10	10	2	20
	AOP 2c	Ein- u. überjähr. Blühstreifen, Kulturpfl.-Saatgut (≥ 8 Arten)	8			0
	AOP 2d	Ein- u. überjähr. Blühflächen, Kulturpfl.-Saatgut (≥ 8 Arten)	5			0
Landschaftselemente ohne Produktion	AOP 3	Kiebitzfenster	10			0
	LOP 1	Totholzhaufen, Steinhaufen, Trockenmauer, Asthaufen	20			0
	LOP 2	Hecken-, Ufer-, Feldgehölze	10-20			
	LOP 2b	Regionaltypische Gehölze mit Wiesensaum	20	20	1	20
	LOP 2b	Regionaltypische Gehölze ohne Wiesensaum	10	10	1	10
Summe der Maßnahmenflächen (ha) und der Punkte				Summe	9	100

Abbildung 3: Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft. Beispiel 1.

Im Beispiel 2 hat der Landwirt im Status quo fast keine Kompensationsflächen zur Verfügung, weil er die Greening-Verpflichtungen mit dem Anbau von Zwischenfrüchten erfüllt und er bislang keine entsprechend geeigneten AUM durchführt. Er hat lediglich 0,5 ha Hecken- und Feldgehölze auf seinen Flächen und diese sind ohne Saumbvegetation. Dies ergibt 5 Punkte nach dem vorgeschlagenen Punktemodell. Der Landwirt möchte einen möglichst großen Anteil seiner Kompensationsverpflichtungen mit produktionsintegrierten Maßnahmen erfüllen. Somit legt er 14 ha Lichtäcker, womit er 70 Punkte bzw. 70 % der erforderlichen 100 Punkte über diese AMP-Maßnahme erfüllt. Er braucht nun noch weitere 25 Punkte aus einem anderen als dem AMP-Bereich und er entscheidet sich in diesem Fall für eine ein- oder überjährige Blümmischung mit Leguminosen, von der er sich noch einen kleinen Biomasse-Ertrag verspricht (für die Biogasanlage) und die für ihn neben der Biodiversitätswirkung zumindest eine bodenverbessernde Wirkung versprechen. Mit 3,5 ha dieser Maßnahme kommt er hier auf 28 Punkte, sodass er zusammen mit den anderen Maßnahmen 103 Punkte erreicht.

Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft.				Beispielrechnung: PSM-Einsatz auf 100 ha Fläche im Betrieb soll ausgeglichen werden		
				2. Beispiel "produktionsorientiert"		
Ein Maßnahmenbereich (AMP, AOP, LOP) kann zu maximal 70 % der Mindestpunktzahl angerechnet werden, d.h. die Mindestpunktzahl muss über Maßnahmen aus mindestens zwei Bereichen erfüllt werden. Im einfachsten Fall können das zwei einzelne Maßnahmen sein, es könnte aber auch das Gesamtspektrum aller 11 Maßnahmen zum Einsatz kommen. Die Punkte einer Maßnahme werden mit der jeweiligen Flächengröße in ha multipliziert und dann summiert. Diese Summe ist äquivalent der Fläche mit Pestizideinsatz, die durch dieses Set an Maßnahmen auszugleichen ist.			Punkte je ha Maßnahmenfläche	Bepunktung für die jeweilige Maßnahme, die ergriffen wurde	Fläche der Maßnahme in ha	Punkte
Im Acker mit Produktion	AMP 1	Ackerrandstreifen	5			0
	AMP 2	Lichtäcker, halbe Saatdichte, Getreide weite Reihe mit oder ohne blüh. Untersaat	5	5	14	70
	AMP 3	Ackerwildkraut-Schutzäcker	10			0
	AMP 4	Anbau seltener Kultursorten (z.B. Emmer, Einkorn)	4			0
	AMP 5	Lerchenfenster	0,5			0
	AMP 6	Rebgassenflächen mit Artenvielfalt (natürliche Saumbegrünung, Ansaat von Zwischenzeilen mit Regiosaatgut)	4			0
Im Acker ohne Produktionsnutzung	AOP 1	Ackerbrachen und Säume (mit Selbstbegrünung)	4-10			
	AOP 1a	Mehrjährige Brachestreifen/- säume	10			0
	AOP 1b	Mehrjährige Bracheflächen	8			0
	AOP 1c	Ein- und überjährige Brachestreifen/ -säume	6			0
	AOP 1d	Ein- und überjährige Bracheflächen	4			0
	AOP 2	Blühflächen (Blühstreifen/-flächen, Buntbrache)	5 - 15			
	AOP 2a	Mehrjährige Blühstreifen, Regio-Saatgut (≥ 15 Arten)	15			0
	AOP 2b	Mehrjährige Blühflächen, Regio-Saatgut (≥ 15 Arten)	10			0
	AOP 2c	Ein- u. überjähr. Blühstreifen, Kulturpfl.-Saatgut (≥ 8 Arten)	8			0
	AOP 2d	Ein- u. überjähr. Blühflächen, Kulturpfl.-Saatgut (≥ 8 Arten)	5	8	3,5	28
Landschaftselemente ohne Produktion	LOP 1	Totholzhaufen, Steinhaufen, Trockenmauer, Asthaufen	20			0
	LOP 2	Hecken-, Ufer-, Feldgehölze	10-20			
	LOP 2b	Regionaltypische Gehölze mit Wiesensaum	20			0
	LOP 2b	Regionaltypische Gehölze ohne Wiesensaum	10	10	0,5	5
Summe der Maßnahmenflächen (ha) und der Punkte				Summe	18	103

Abbildung 4: Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft. Beispiel 2.

Im Beispiel 3 möchte der Landwirt seine notwendigen Kompensationsverpflichtungen vielfältig erfüllen. So legt er insgesamt sieben verschiedene Maßnahmentypen an: Zwei AMP-Maßnahmen (Lichtäcker 8 ha und Anbau von Emmer auf 2,5 ha), drei AOP-Maßnahmen (3 ha mehrjährige Brachflächen, 0,5 ha einjährige Blühstreifen und 1 ha Kiebitzfenster) und zwei LOP-Maßnahmen (0,1 ha Anlage von Lesesteinhaufen und Totholzhaufen sowie Anlage von Wiesensäumen entlang seiner Hecken und Feldgehölze. Zusammen mit diesen kommt er hier auf 0,5 ha Fläche). Insgesamt kommt er so mit sieben Maßnahmen auf zusammen 15,1 ha Fläche auf die benötigten 100 Punkte.

Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft.				Beispielrechnung: PSM-Einsatz auf 100 ha Fläche im Betrieb soll ausgeglichen werden		
				3. Beispiel "vielfältige Anlage"		
Ein Maßnahmenbereich (AMP, AOP, LOP) kann zu maximal 70 % der Mindestpunktzahl angerechnet werden, d.h. die Mindestpunktzahl muss über Maßnahmen aus mindestens zwei Bereichen erfüllt werden. Im einfachsten Fall können das zwei einzelne Maßnahmen sein, es könnte aber auch das Gesamtspektrum aller 11 Maßnahmen zum Einsatz kommen. Die Punkte einer Maßnahme werden mit der jeweiligen Flächengröße in ha multipliziert und dann summiert. Diese Summe ist äquivalent der Fläche mit Pestizideinsatz, die durch dieses Set an Maßnahmen auszugleichen ist.			Punkte je ha Maßnahmenfläche	Bepunktung für die jeweilige Maßnahme, die ergriffen wurde	Fläche der Maßnahme in ha	Punkte
Im Acker mit Produktion	AMP 1	Ackerrandstreifen	5			0
	AMP 2	Lichtäcker, halbe Saatkichte, Getreide weite Reihe mit oder ohne blüh. Untersaat	5	5	8	40
	AMP 3	Ackerwildkraut-Schutzäcker	10			0
	AMP 4	Anbau seltener Kultursorten (z.B. Emmer, Einkorn)	4	4	2,5	10
	AMP 5	Lerchenfenster	0,5			0
	AMP 6	Rebgassenflächen mit Artenvielfalt (natürliche Saumbegrünung, Ansaat von Zwischenzeilen mit Regioaatgut)	4			0
Im Acker ohne Produktionsnutzung	AOP 1	Ackerbrachen und Säume (mit Selbstbegrünung)	4-10			
	AOP 1a	Mehrjährige Brachestreifen/- säume	10			0
	AOP 1b	Mehrjährige Bracheflächen	8	8	3	24
	AOP 1c	Ein- und überjährige Brachestreifen/ -säume	6			0
	AOP 1d	Ein- und überjährige Bracheflächen	4			0
	AOP 2	Blühflächen (Blühstreifen/-flächen, Buntbrache)	5 - 15			
	AOP 2a	Mehrjährige Blühstreifen, Regio-Saatgut (≥ 15 Arten)	15			0
	AOP 2b	Mehrjährige Blühflächen, Regio-Saatgut (≥ 15 Arten)	10			0
	AOP 2c	Ein- u. überjähr. Blühstreifen, Kulturpfl.-Saatgut (≥ 8 Arten)	8	8	0,5	4
	AOP 2d	Ein- u. überjähr. Blühflächen, Kulturpfl.-Saatgut (≥ 8 Arten)	5			0
AOP 3	Kiebitzfenster	10	10	1	10	
Landschaftselemente ohne Produktion	LOP 1	Totholzhaufen, Steinhaufen, Trockenmauer, Asthaufen	20	20	0,1	2
	LOP 2	Hecken-, Ufer-, Feldgehölze	10-20			
	LOP 2b	Regionaltypische Gehölze mit Wiesensaum	20			0
	LOP 2b	Regionaltypische Gehölze ohne Wiesensaum	10	20	0,5	10
Summe der Maßnahmenflächen (ha) und der Punkte				Summe	15,6	100

Abbildung 5: Beispielrechnung zum Ausgleich von Pestizideinsatz in der Agrarlandschaft. Beispiel 3.

Ähnlich wie im Greening würden bei der Umsetzung einer solchen Kompensationserfordernis von den einschlägigen Landwirtschaftsinstitutionen (z.B. Ministerien, Fachbehörden) rasch die entsprechenden „Kompensationsflächen-Rechner“ entwickelt, die dem Landwirt sehr schnell erlauben, den notwendigen Umfang an Maßnahmen zu berechnen und auch entsprechend zu dokumentieren.

3.4 Umsetzung und Kontrolle

Basierend auf dem hier erarbeiteten Maßnahmenkatalog müsste selbstverständlich eine Kontrolle dergestalt erfolgen, ob und in welchem Umfang die Maßnahmen durchgeführt wurden. Dazu bedarf es zunächst einer Aufzeichnungspflicht für die kompensationspflichtigen Flächen bzw. den notwendigen Kompensationsumfang in Punkten. An Hand dieser Punktzahl berechnet der Landwirt, mit welchen Maßnahmen und Flächen er seinen Kompensationsumfang umsetzt. Diese Flächen werden in ein Flächenverzeichnis eingetragen (ebenso wie die zu kompensierenden Flächen). Der Prüfdienst kann so dann vor Ort nachschauen – ggf. stichprobenbasiert und mit selektiver Vorauswahl der Kontrollflächen mit Hilfe von aktuellen Luftbildern –, ob die Maßnahmen korrekt und im richtigen Umfang durchgeführt wurden.

Ein Landwirt müsste also im Rahmen seiner Aufzeichnungspflicht nur mit seinem Flächenverzeichnis nachweisen, wo welche Maßnahmen umgesetzt worden sind. Diese Flächen können dann sehr leicht vor Ort und ggf. auch über Satellitenfotos geprüft werden. Da es viele Überschneidungen mit der Nachweis- und Dokumentationspflicht für andere Agrarförderungen gibt, könnte in den entsprechenden EDV-Programmen des Landwirts die entsprechende „Zusatzspalte“ angelegt werden. Die Dokumentation sollte auf jeden Fall durch den Landwirt erfolgen. Dies kann analog oder digital mit einem der vielen in dieser Hinsicht erprobten Instrumente erfolgen.

Tabelle 6: Maßnahmenübersicht mit Bepunktung in Kurzfassung.

Gruppe AMP (im Acker mit Produktion)		Punkte pro ha
AMP 1	Ackerrandstreifen	5
AMP 2	Lichtäcker	5
AMP 3	Ackerwildkraut-Schutzäcker	10
AMP 4	Anbau seltener Kultursorten	4
AMP 5	Acker mit Lerchenfenster	0,5
AMP 6	Artenreiche Rebgrassenflächen	4
Gruppe AOP (im Acker ohne Produktion)		Punkte pro ha
AOP 1	Ackerbrachen und Säume (mit Selbstbegrünung)	4 - 10
AOP 1a	Mehrjährige Streifen	10
AOP 1b	Mehrjährige Flächen	8
AOP 1c	Ein- und überjährige Streifen	6
AOP 1d	Ein- und überjährige Flächen	4
AOP 2	Blühflächen (Blühstreifen/-flächen, Buntbrache)	5 - 15
AOP 2a	Mehrjährige Blühstreifen, RS	15
AOP 2b	Mehrjährige Blühflächen, RS	10
AOP 2c	Ein- und überjährige Blühstreifen, NS	8
AOP 2d	Ein- und überjährige Blühflächen, NS	5
AOP 3	Kiebitzfenster	10
Gruppe LOP (Landschaftselemente ohne Produktion)		Punkte pro ha
LOP 1	Totholzhaufen, Trockenmauer, etc.	20
LOP 2	Hecken-, Ufer-, Feldgehölze	10 - 20
LOP 2a	Regionaltypische Gehölze mit Wiesensaum	20
LOP 2b	Regionaltypische Gehölze ohne Wiesensaum	10

4 Kompatibilität der aktuell vorliegenden Fördermaßnahmen der Agrar- und Naturschutzprogramme der Bundesländer mit dem Punktesystem

4.1 Agrar- und Naturschutzprogramme der Bundesländer

Nach der Zusammenstellung der für die Kompensation von Pestizideinsätzen geeigneten Maßnahmen und deren ökologischer Wertigkeit wurde geprüft, welche Maßnahmen aus den bisherigen Agrarumwelt- und Vertragsnaturschutzprogrammen der Bundesländern sowie der Maßnahmentypen der Ökologischen Vorrangflächen (Greening der Agrarprogramme) den hier gestellten Anforderungen entsprechen. Insgesamt findet sich sogar der weitaus überwiegende Teil der in Kapitel 3 vorgestellten Maßnahmen in den einschlägigen Agrarprogrammen der Bundesländer (Tabelle 5). Bei der genaueren Analyse zeigte sich jedoch sehr schnell, dass eine direkte Kompatibilität nur zum Teil bzw. insgesamt nur in geringem Maße gegeben ist. Im Folgenden wird dies für verschiedene Beispiele näher dargestellt, zum einen für die Blühstreifen und -flächen, zum anderen für weitere Lebensräume der Agrarlandschaft.

Für Blühstreifen und Blühflächen (AOP 2) wird beispielsweise in Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen und im Saarland bei der Zahlung nicht oder unzureichend zwischen verschiedenen wertigen Blühstreifen bzw. Blühflächen differenziert. Mit den Maßnahmen können z.B. einjährige oder überjährige und z.T. auch mehrjährige Flächen angelegt werden und es wird diesbezüglich nicht zwischen Streifen- und Flächenmaßnahmen unterschieden. Entsprechend lässt sich die Punktzahl nicht weiter differenzieren und es könnten in diesem Fall pauschal nur fünf Punkte (minimal mögliche Punktzahl) vergeben werden. Neben der Dauer der Einbringung der Blühfläche, die hier nicht differenziert wird, ist besonders die Qualität der Samenmischung nicht einzuordnen. In Baden-Württemberg sind beispielsweise bestimmte einjährige (M1 und M2) Saatmischungen und eine überjährige Saatmischung (M3) vorgegeben. Diese Mischungen sind zwar alle artenreich, entsprechen aber nicht dem Kriterium Regio-Saatgut. Es sind überwiegend Kulturpflanzen und kaum Wildpflanzen enthalten. Es könnte also nur die minimale Zahl von 5 Punkten erzielt werden. Da auch nicht unterschieden wird, ob ein Blühstreifen oder ein ganzer Acker als Blühfläche eingesät wird, ließe sich auch hier nicht differenzieren. Unter derselben Fördermaßnahme könnten je nach Ausführung durch den Landwirt auch bis zu 10 Punkte für dieselbe Fläche angerechnet werden oder im Fall von Streifen sogar bis zu 15 Punkte/ha. Die pauschale Anerkennung der Maßnahme mit nur 5 Punkten wäre also gerade für die ambitionierten Landwirte nachteilig.

In Bayern, Sachsen und Thüringen wird bei Blühstreifen zwischen ein- und mehrjährigen Streifen unterschieden. Man könnte also je nach Programm mit mindestens 5 - 10 Punkten rechnen. Da die Saatmischungen in der Qualität aber hier keine Rolle spielen bzw. die vorgeschlagenen Mischungen nicht den hier vorgeschlagenen ökologisch relevanten Kriterien entsprechen, sind weitere Differenzierungen nicht möglich (und bei mehrjährigen Blühstreifen wären nach dem hier vorgestellten System bis zu 15 Punkte pro ha möglich).

Ähnlich schwierig wäre ein Übertrag in Niedersachsen. Die dort aufgestellten Kriterien sind zwar interessant, aber nicht gut übertragbar auf die hier präsentierte Einteilung. Hier wird beispielsweise bei einfachen Blühstreifen Einsaat und Selbstbegrünung innerhalb einer Fläche kombiniert. Dafür müssen Saatmischungen nur fünf Arten enthalten (aus einer Liste von Arten mit überwiegend Kulturpflanzen), was einem diversen Blühstreifen aus ökologischen Gründen nicht gerecht wird. Hingegen könnten die mehrjährigen Blühstreifen des niedersächsischen Programms fast uneingeschränkt eins zu eins übernommen werden. Da hier die Verwendung von Regio-Saatgut und 70 % Wildpflanzen in der Mischung vorgegeben ist, könnten 15 Punkte vergeben werden. Allerdings sind die mehrjährigen Blühstreifen in

der AUM-Förderung in Niedersachsen auf 10 ha gedeckelt. Größere Flächen wären entsprechend nicht erfasst.

In Hessen wird zwar zwischen ein-, über und mehrjährigen Blühflächen unterschieden, allerdings darf nicht mehr als 1 ha angerechnet werden und das Saatgut für ein- und überjährige Blühflächen muss nur sieben verschiedene Arten enthalten (aus einer Liste selektiert, die überwiegend Kulturarten enthält). Bei der Einsaat der mehrjährigen Blühflächen wird hingegen ähnlich gut wie in Niedersachsen auf Regio-Saatgut mit immerhin mindestens 30 % Wildpflanzen Wert gelegt. Durch die Deckelung auf maximal 1 ha förderfähiger Fläche wäre aber auch hier eine Übertragung nur bis zu einem Umfang von 1 ha möglich.

In Brandenburg gibt es kein derartiges Programm.

In Rheinland-Pfalz werden Blühstreifen gemeinsam mit Grüneinsaat erfasst und sind daher nicht separat zu ermitteln. Finanziell werden die unterschiedlichen Maßnahmen entsprechend sehr unterschiedlich vergütet. Die Werte liegen zwischen wenigen 100 Euro/ha/Jahr für einfache Streifen oder Flächen mit oder ohne bestimmte Einsaat bis zu etwa 1500 Euro/ha/a im Falle der höchstwertigen und mehrjährigen Streifen.

Die Anlage für Hecken und Feld- oder Ufergehölze (LOP 2) werden z.B. in Bayern und Niedersachsen durch AUM gefördert. Die Erhaltung selbst wird nicht unbedingt unterstützt. In Bayern gibt es beispielsweise die Option einer Erneuerung der Hecke, indem abschnittsweise die Hecke einem Verjüngungs-schnitt unterzogen wird, um die ökologische Funktion wiederherzustellen. Bereits gepflegte Hecken sind von der Förderung allerdings ausgeschlossen, so dass die dauerhafte Erhaltung nicht im Programm erfasst ist. In Nordrhein-Westfalen wiederum wird nur die Pflege und nicht die Anlage unterstützt. Keine Förderung für Feldgehölze im Rahmen der AUM gibt es in Hessen, Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern oder Thüringen.

Ackerrandstreifen (AMP 1) findet man in einigen Länderprogrammen und sie könnten zum Teil einigermaßen auf das hier entwickelte Punktesystem übertragen werden. So ist beispielsweise in Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen eine ähnliche Definition genutzt worden, wie hier in Kapitel 3, so dass die vorgeschlagenen 5 Punkte/ha vergeben werden könnten. Finanziell wird solch ein Streifen in Hessen mit 660€/ ha/Jahr vergütet und in Niedersachsen mit 750€ /ha/Jahr. In Rheinland-Pfalz sind die Programme Ackerrandstreifen, Lerchenfenster und Lichtäcker in einer Maßnahme kombiniert und werden mit bis zu 450 € /ha/Jahr vergütet. Keine derartigen Programme gibt es in Bayern, Brandenburg, Baden-Württemberg oder Mecklenburg-Vorpommern.

Tabelle 7: Maßnahmentypen im Greening (Ökologische Vorrangflächen) bzw. in den Agrarumweltprogrammen der Bundesländer.

Vorgeschlagene Kompensationsmaßnahmen	D (Greening)	AUM Bu.länder	BW	BY	BB / BE	HE	MV	NI / HB	NRW	RP	SL	SN	SA	SH	TH
Gruppe AMP															
AMP 1 Ackerrandstreifen	-	-	-	-	-	X	-	X	X	(X)	-	-	(X)	-	X
AMP 2 Lichtäcker	-	-	-	-	-	-	-	-	(X)	-	-	-	-	-	-
AMP 3 Ackerwildkraut-Schutzäcker	-	-	-	(X)	-	(X)	-	-	(X)	-	-	(X)	-	-	-
AMP 4 Anbau seltener Kultursorten	-	-	-	(X)	(X)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMP 5 Lerchenfenster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Vorgeschlagene Kompensationsmaßnahmen	D (Greening)	AUM Bu.länder	BW	BY	BB / BE	HE	MV	NI / HB	NRW	RP	SL	SN	SA	SH	TH
AMP 6 Artenreiche Rebgrassflächen	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruppe AOP															
AOP 1 Ackerbrachen	(X)		-	(X)	-	-	-		X	-	-	(X)	(X)	(X)	-
AOP 2 Blühflächen	(X)		(X)	(X)	-	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
AOP 3 Kiebitzfenster	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruppe LOP															
LOP 1 Steinhaufen, Trockenmauer, etc.	(X)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
LOP 2 Hecken-, Ufer-, Feldgehölze	X		-	X	X	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-

Auch für die Förderung von Ackerwildkraut Schutzäckern (AMP 3) bieten AUM Programme eine Vielzahl von Varianten (z.B. in Hessen und Bayern), die eine eindeutige Übertragung auf die hier vorgeschlagene Klassifikation schwer möglich machen. In anderen Ländern fehlen derartige Maßnahmen in den Programmen ganz (z.B. in Baden-Württemberg, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Thüringen).

Der Anbau seltener Kultursorten (AMP 4) ist in vielen Ländern nicht in den AUM Maßnahmen integriert (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen oder Thüringen). In Brandenburg gibt es eine Förderung für regionaltypische Kultursorten. Die ökologische Wertigkeit wäre aber nur hoch, wenn auf Pestizide verzichtet würde und bei geringerer Düngung der Flächen, was im Programm nicht integriert ist.

4.2 Fazit zur Anrechenbarkeit von Fördermaßnahmen aus bestehenden Agrar-Förderprogrammen

Es konnte gezeigt werden, dass sich die aktuellen Agrarumweltmaßnahmen prinzipiell auf das hier vorgeschlagene Punktesystem übertragen ließen, doch sind die Ansätze und Förderbedingungen bzw. Fördervoraussetzungen in den Bundesländern sehr unterschiedlich und umfassen eine breite Spanne der Ausgestaltung. Somit würden gerade ambitionierte Landwirte, die eine ökologisch vorteilhafte Form der AUM durchführen würden, benachteiligt, da die Maßnahme in ihrer jetzigen Form dann pauschal nur entsprechend der Mindestkriterien mit einer geringen Punktzahl bewertet würde. Ferner ist denkbar, dass Landwirte die Agrarumweltmaßnahmen auch in der jetzigen Form nutzen, aber durch eigene Zusatznachweise belegen können, dass sie die höherwertige Form gewählt haben. Eine Art der Kontrolle und der Nachweispflicht für die Maßnahmen müsste ohnehin eingeführt werden, da die AUM meist weder das Gesamtspektrum der hier vorgestellten Kompensationsmaßnahmen umfassen noch über ein regelmäßiges Kontrollsystem für die Mehrheit der Landwirte verfügt. In der Agrarförderung gibt es i.d.R. nur 5 % Kontrollen.

Das bedeutet, dass Landwirte bereits jetzt eine ganze Reihe von zu erbringenden Kompensationsleistungen prinzipiell über das Greening und AUM finanziert bekommen, allerdings ist dies bezüglich der AUM von Bundesland zu Bundesland sehr unterschiedlich. Für einige wichtige Maßnahmen gibt es derzeit nur sehr vereinzelt Fördergelder, insbesondere aus der Maßnahmengruppe AMP (z.B. Lichtäcker), da die Länder hier bisher keine Maßnahmen anbieten.

Allerdings würde sich nach übereinstimmender Einschätzung der an diesem Bericht beteiligten Autoren das Fördersystem der Agrarumweltmaßnahmen sehr schnell an einem qualitativ differenzierten

Maßnahmenkatalog orientieren, wenn dies für eine Vielzahl von Landwirten bundesweit relevant würde. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass bei Umsetzung der Maßnahmen in dem notwendigen Umfang und in der entsprechenden Breite das Geld in den Agrarumweltprogrammen der Länder nicht ausreichen würde, um dies zu finanzieren. Es könnte jedoch auch darüber nachgedacht werden, ob nicht ein Zuschlag auf den Verkauf von Pestiziden erhoben wird, mit dem die Kompensationsmaßnahmen bezahlt werden, um so nach dem Verursacherprinzip die bisherigen externen Kosten zu internalisieren.

5 Pestizideinträge

In diesem Kapitel soll kurz auf die Problematik der Abdrift von PSM eingegangen werden, die die kompensatorische Wirkung vor allem streifenförmiger ÖAF erheblich reduzieren kann.

Pestizide beeinflussen grundlegende biologische Prozesse wie z.B. Nervenleitung, Photosynthese, Proteinsynthese und die Atmungskette nicht nur spezifisch in den so genannten Zielorganismen, den „Schädlingen“ und „Unkräutern“, sondern auch in anderen Organismen, die von Pestiziden erreicht werden und damit exponiert sind. Der Eintrag von Pestiziden in Kompensationsflächen ist von der benachbarten Kultur und den damit einhergehenden Anwendungen, dem Abstand zur behandelten Fläche, den eingesetzten Geräten, der Fahrgeschwindigkeit, dem Druck in den Düsen, den Wetterbedingungen, und hier besonders der Windgeschwindigkeit während der Applikation, abhängig. Zu unterscheiden sind besonders Flächenkulturen wie Getreide, Kartoffeln, Rüben, Mais, Raps und Gemüse, die mit Feldspritzen appliziert werden, deren Düsen zu den Pflanzen und zum Boden hin ausgerichtet sind, und Raumkulturen wie Obst, Wein oder Hopfen, in denen Pestizide meist im Sprühverfahren, das heißt mit Luftunterstützung ausgebracht werden. In der letzteren dreidimensionalen Applikation entsteht bei gleichem Abstand von der Kulturfläche eine höhere Abdrift. So ist bei einem Abstand von 1 m zu Flächenkulturen mit einer Abdrift von 2,77 % der Feldaufwandmenge zu rechnen (90stes Perzentil), während derselbe Wert erst nach 30 m Abstand bei frühen Applikationen in unbelaubten Obstanbauanlagen erreicht wird (Rautmann et al. 2001). Als Abdrift wird die Verbreitung feiner Tropfen des Sprühnebels bezeichnet der sich aus der Behandlungsfläche in angrenzende Habitate ausbreitet (Ganzelmeier et al. 1995). Weitere Informationen zu den in der Zulassung verwendeten Abdrifteckwerten finden sich auf den Seiten des Julius-Kühn Instituts (JKI) (<https://www.julius-kuehn.de/at/ab/abdrift-und-risikominderung>). Abdrifteckwerte als Prozentangabe der Feldaufwandmengen sind für viele Kulturen ab dem ersten Meter Abstand verfügbar und die Deposition der Abdrift nimmt mit zunehmendem Abstand von der jeweiligen Kultur ab. Die unerwünschte Abdrift kann durch den Einsatz bestimmter Spritzgeräte und Düsen gemindert werden. Das JKI führte bis 1999 ein Verzeichnis von Geräten mit 90 %-Abdrift-Minderung und nimmt seitdem auch Geräte mit den Abdriftklassen 50 %, 75 % und 95 % auf. Auch der Abrieb von gebeiztem Saatgut oder Granulat applizierten Pestiziden ist mobil genug um in angrenzende Habitate zu gelangen (Nuyttens et al. 2013).

Der erste Meter angrenzender Kompensationsflächen oder semi-natürlicher Habitate ist neben der Abdrift auch von einer direkten Überspritzung betroffen (Schmitz et al. 2013, Brühl et al. 2015, siehe Abbildung 6). Dies ist vor allem für die bestehenden, in den meisten Fällen schmalen Feldsäumen in der Agrarlandschaft relevant, da hier ein großer Anteil des Habitats mit 50 % der Feldaufwandmenge überspritzt wird (Brühl et al. 2015).

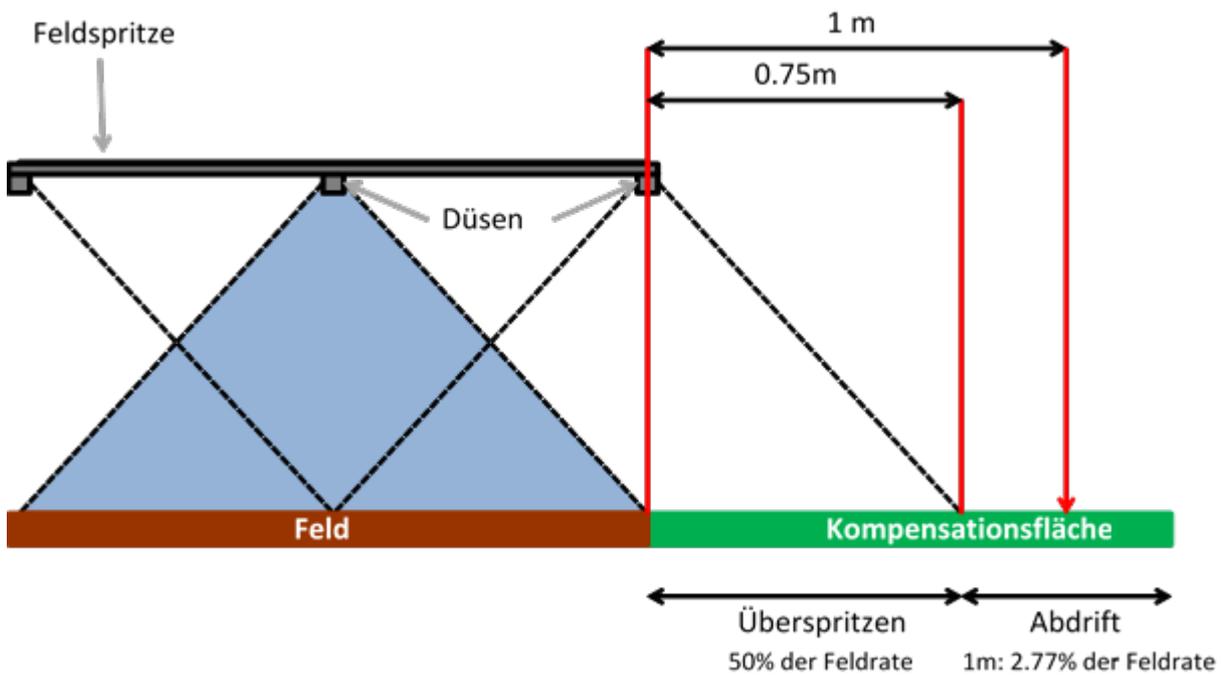


Abbildung 6: Schema des Pestizeintrags in an Flächenkulturen angrenzende Kompensationsflächen via Abdrift und Überspritzung. Die blaue Fläche stellt das Spritzbild einer Düse dar (aus Brühl et al 2015, verändert).

Für eine Applikation auf dem Feld müssen jeweils zwei Spritzdüsen überlappen um 100 % der Applikationsmenge zu produzieren. Die an den Rand angrenzende letzte Spritzdüse produziert demnach eine Überspritzung von 50 % in angrenzenden Habitaten. Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) hat bereits 2013 darauf hingewiesen, dass diese Überspritzung der bußgeldbewehrten Ordnungswidrigkeit (§ 68 Absatz 1 Nummer 7 in Verbindung mit Absatz 3 PflSchG) zuwiderläuft und demzufolge verboten ist (BVL 2014). Als Maßnahme können außen am Feldspritze gestänge eingesetzte Düsen ausgeschaltet werden oder spezielle Randdüsen zum Einsatz kommen, wodurch die Mitbehandlung angrenzender Flächen vermieden werden kann. Hierzu finden sich ebenfalls Empfehlungen auf der obengenannten Informationsseite des JKI. Auch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) weist seit 2017 in einem Flyer auf driftmindernde Techniken und Abstände hin (BMEL 2017). Für Kompensationsflächen wäre ein minimaler Eintrag von Pestiziden anzustreben und daher wie vom BMEL für Gewässer vorgeschlagene Abstände und Techniken zu empfehlen (Abbildung 7, aus BMEL 2017).



Abbildung 7: Pestizidanwendung am Rand einer zu behandelnden Fläche unter Beachtung der Anwendungs- und Verwendungsbestimmungen (Beispiel NW607-1 (Anwendung auf Flächen in Nachbarschaft von Oberflächengewässern): hier mit 90 % Driftminderung, 20 m Randbereich und 20 m nicht behandelter Randstreifen). Aus BMEL 2017.

Neben Abdrift und Überspitzung im Randbereich können Pestizide auch über sogenannten Runoff, d.h. Auswaschung über (starken) Regen aus den Feldern in angrenzende Habitate gelangen. Dieser Weg des Eintrags wird momentan für terrestrische Habitate nicht betrachtet, während er für Gewässer von Bedeutung ist und in der Risikobewertung für die Zulassung berücksichtigt wird. Eine aktuelle Studie zu systemischen Neonikotinoiden, die oft als Saatbeizung eingesetzt werden, konnte den Eintrag über Runoff in Saumhabitate und die Aufnahme in Wildpflanzen in 1,5 m Abstand zum Feld nachweisen, die zu letalen Konzentration für viele Insekten führte (Botias et al. 2016).

Zur Abschätzung der Auswirkung von Pestiziden in Kompensationsflächen ist es allerdings wichtig, neben den genannten Eintragspfaden auch die Anzahlen der Anwendungen in den jeweils angrenzenden Kulturen zu betrachten. So wurden durchschnittlich vier Pestizidapplikationen in Weizen, 13 in Kartoffel, 20 im Weinbau und 34 in der Apfelproduktion im Jahr 2014 verzeichnet (JKI 2016). In der Zulassung von Pestiziden wird jeweils nur ein Pestizid bewertet, in der Realität wirken allerdings verschiedene Produkte im Jahresverlauf auf die Umwelt und Organismen ein. Eine Möglichkeit dies abzuschätzen liegt in der Kombination von Abdrift und verfügbaren Informationen zu den Anzahlen der Pestizidanwendungen und wurde als MTI (Margin Treatment Index) vorgeschlagen (Brühl et al. 2015). Ein MTI von 1 bedeute, dass die kumulierte Feldaufwandmenge im Jahresverlauf auf Grund von verschiedenen Pestizidanwendungen erreicht wird. Wie aus Abbildung 3 zu ersehen ist, ist dies für den gesamten Bereich von 10 m angrenzend an Obstplantagen der Fall, während der Bereich für Getreide relativ gering ausfällt (unter 1 m).

Aus dem MTI lässt sich ableitend, dass die Anlage von Kompensationsmaßnahmen angrenzend an Obst- oder Weinbauflächen auf Grund der zu erwartenden Abdrift und hohen Anzahl von Pestizidanwendungen problematischer ist als in Feldkulturen, wobei hierbei für Getreide- und z.B. Kartoffelanbau weitere Unterschiede angesichts der Anzahlen der Anwendungen bestehen (s.o.).

Auf Grund der allgemeinen Wirksamkeit von Pestiziden ist ein Eintrag in Kompensationsflächen, die dem Erhalt und der Steigerung der Biodiversität dienen sollen, nicht wünschenswert (z.B. Brache siehe Abbildung 8). Angrenzend an die anderen Flächen ist auf den Äckern zumindest der Einsatz von Randdüsen und abdriftmindernder Technik notwendig (s.o.). Ein zusätzlicher Abstand zwischen behandelter Kultur und Kompensationsfläche kann durch Forderung einer minimalen Breite der angelegten Strukturen der verschiedenen Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden. Intakte, unbehandelte Blüh- bzw. Brachestreifen können ja auch wiederum einen Beitrag zur Schädlingskontrolle leisten und zu höheren Erträgen führen (Tschumi et al. 2016).

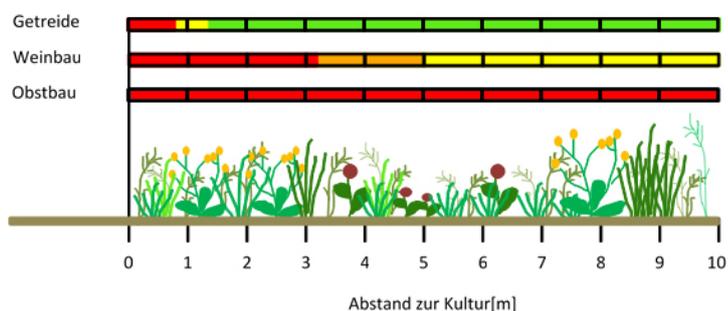


Abbildung 8: Geschätzter Eintrag von Pestiziden in Flächen mit Kompensationsmaßnahmen im Abstand zur jeweiligen Kultur. Rot: MTI > 1, Orange: MTI ≥ 0.5, Gelb: MTI > 0.1, Grün: MTI ≤ 0.1. Brühl et al 2015, verändert).

6 Quellenverzeichnis

- Aebischer, N.J., Bailey, C.M., Gibbons, D.W., Morris, A.J., Peach, W.J. & Stoaite, C. (2016): Twenty years of local farmland bird conservation: the effects of management on avian abundance at two UK demonstration sites. *Bird Study* 63: 10-30.
- Aebischer, N.J. & Ewald, J.A. (2004): Managing the UK Grey Partridge *Perdix perdix* recovery: population change, reproduction, habitat and shooting. *Ibis* 146 Supplement 2: 181-191.
- Alanen, E. L., Hyvönen, T., Lindgren, S., Härmä, O., & Kuussaari, M. (2011): Differential responses of bumblebees and diurnal Lepidoptera to vegetation succession in long-term set-aside. *Journal of Applied Ecology* 48(5): 1251-1259.
- Albrecht, H., Cambecèdes, J., Lang, M. & Wagner, M. (2016): Management options for the conservation of rare arable plants in Europe. *Botany Letters* 163(4): 389–415.
- Andreasen, C., & Streibig, J. C. (2011). Evaluation of changes in weed flora in arable fields of Nordic countries–based on Danish long-term surveys. *Weed Research* 51(3): 214-226.
- Arlettaz, R., Krähenbühl, M., Almasi, B., Roulin, A. & Schaub, M. (2010): Wildflower areas within revitalized agricultural matrices boost small mammal populations but not breeding Barn Owls. *Journal of Ornithology* 151: 553-564.
- Aschwanden, J., Holzgang, O. & Jenni, L. (2007): Importance of ecological compensation areas for small mammals in intensively farmed areas. *Wildlife Biology* 13: 150-158.
- Batary, P., Andras, B., Kleijn, D. & Tschardtke, T. (2010): Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B - Biological Sciences* 278: 1894-1902.
- Bauerkämper, A. (2004). The industrialization of agriculture and its consequences for the natural environment: an inter-German comparative perspective. *Historical Social Research*, 124–149.

- Benton, T.G., Bryant, D.M., Cole, L. & Crick, H.Q.P. (2002): Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* 39: 673-687.
- Berger, G., Pfeffer, H., & Kalettka, T. (2011): Amphibienschutz in kleingewässerreichen Ackerbaugebieten (Conservation of amphibians in agricultural landscapes rich in small water bodies). *Natur & Text, Rangsdorf*.
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, W.E. (2006): Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313: 351-354.
- 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: 141-150.
- Birrer, S., Kohli, L. & Spiess, M. (2007): Haben ökologische Ausgleichsflächen einen Einfluss auf die Bestandsentwicklung von Kulturland-Vogelarten im Mittelland? *Ornithologischer Beobachter* 104: 189-208.
- Birrer, S., Zellweger-Fischer, J., Stoekli, S., Korner-Nievergelt, F., Balmer, O., Jenny, M. & Pfiffner, L. (2014): Biodiversity at the farm scale: A novel credit point system. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 197: 195-203.
- BMEL (2017): Driftmindernde Technik - Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Abdrift-mindernden Flachstrahldüsen. https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Flyer/Poster/Driftmindernde_Technik.html (aufgerufen am 20.12.2017).
- Boatman, N., Brickle, N., Hart, J., Milsom, T., Morris, A., Murray, A., Murray, K. & Robertson, P. (2004): Evidence for the indirect effects of pesticides on farmland birds. *Ibis* 146:131-143.
- Botías, C., David, A., Hill, E.M. & Goulson, D. (2016): Contamination of wild plants near neonicotinoid seed-treated crops, and implications for non-target insects. *Science of The Total Environment* 566–567: 269–278.
- Boutin, C., Strandberg, B., Carpenter, D., Mathiassen, S.K. & Thomas, P.J. (2014): Herbicide impact on non-target plant reproduction: What are the toxicological and ecological implications? *Environmental Pollution* 185: 295-306.
- Brickle, N.W., Harper, D.G.C., Aebischer, N.J. & Simon, H.C. (2000): Effects of Agricultural Intensification on the Breeding Success of Corn Buntings *Miliaria calandra*. *Journal of Applied Ecology* 37: 742-755.
- Brühl, C., Alscher, A., Hahn, M., Berger, G., Bethwell, C., Graef, F., Schmidt, T. & Weber, B. (2015): Protection of Biodiversity in the Risk Assessment and Risk Management of Pesticides (Plant Protection Products & Biocides) with a Focus on Arthropods, Soil Organisms and Amphibians. Federal Environment Agency (Germany), TEXTE 76/2015. ISSN 1862-4804. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/protection-of-terrestrial-non-target-plant-species>, Federal Environment Agency (Germany) <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/protection-of-terrestrial-non-target-plant-species>.
- Buhk, C., Oppermann, R., Scharnowski, A., Bleil, R., Lüdemann, J. & Maus, C. (submitted): Easily applicable flower strip networks offer excellent long term effects on pollinator species richness in intensively cultivated agricultural landscapes. *PLoS ONE*.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2015): Naturschutz-Offensive 2020. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin.
- Bundesministerium Für Umwelt Naturschutz Und Reaktorsicherheit (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin.
- BVL (2014): Bekanntmachung 13/02/14 Bundesanzeiger. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/BAAnz_Bekanntmachung_Randduesen_20131016.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (aufgerufen am 3.11.2017).
- Carvell, C., Bourke, A.F.G., Osborne, J.L. & Heard, M.S. (2015): Effects of an agri-environment scheme on bumblebee reproduction at local and landscape scales. *Basic and Applied Ecology* 16: 519–530.
- Chamberlain, D. E. & Gregory, R. D. (1999): Coarse and fine habitat associations of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in the UK. *Bird Study* 46: 34-47.

DEFRA (2005): Assessing the indirect effects of pesticides on birds. Final report PN0925. http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=PN0925_2486_FRP.pdf.

Denys, C., & Tschardt, T. (2002): Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia* 130: 315-324.

Dicks, L.V., Ashpole, J.E., Dänhardt, J., James, K., Jönsson, A.M., Randall, N., Showler, D.A., Smith, R.K., Turpie, S., Williams, D.R. & Sutherland, W.J. (2014): Farmland Conservation. Evidence for the effects of interventions in northern and western Europe. Pelagic Publishing (Synopses of Conservation Evidence, v.3). <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=2038205>.

EFSA PPR Panel (EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues) (2014): Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for non-target terrestrial plants. *EFSA Journal* 12(7): 3800: 163.

Ellenberg, H. (1983): Konkurrenzgleichgewicht wichtiger Arten. In: DFG (ed.): Ökosystemforschung als Beitrag zur Beurteilung der Umweltwirksamkeit von Chemikalien. Bericht über ein Symposium der Arbeitsgruppe „Umweltwirksamkeit von Chemikalien“ des Senatsausschusses für Umweltforschung der deutschen Forschungsgemeinschaft am 20./21.11.1980 in Würzburg. VCH, Weinheim. 35-38.

Enzian, S. & Gutsche V. (2004): GIS-gestützte Berechnung der Ausstattung von Agrarräumen mit naturnahen terrestrischen Biotopen auf Basis der Gemeinden - 2. Ausgabe des Verzeichnisses der regionalisierten Kleinstrukturanteile. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 56: 299-308.

Europäische Union (2011): Die Biodiversitätsstrategie der EU bis 2020. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union ISBN 978-92-79-20761-7. Luxemburg.

Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union (2009): Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates. *Amtsblatt der Europäischen Union* 309.

European Bird Census Council (2017): Trends of common birds in Europe, 2017 update. 29.12.2017, <http://www.ebcc.info/index.php?ID=631>

Firbank, L. G., Smart, S.M., Crabb, J., Critchley, C.N.R., Fowbert, J.W., Fuller, R.J., Gladders, P., Green, D.B., Henderson, I. & Hill, M.O. (2003): Agronomic and ecological costs and benefits of set-aside in England. *Agriculture, ecosystems & environment* 95: 73-85.

Fischer, C., Bachl-Staudinger, M., Baumholzer, S., Wagner, C. & Wünsche, O. (2014): Blühflächen als ein Beitrag zum Feldhamster-schutz (*Cricetus cricetus*) in Unterfranken. In: Wagner, C., Bachl-Staudinger, M., Baumholzer, S., Burmeister, J., Fischer, C., Karl, N., Köppl, A., Volz, H., Walter, R. & Wieland, P. (eds.): Faunistische Evaluierung von Blühflächen. Vol. 1/2014: 103-115 Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan.

Fischer, S. (2006): Corn Bunting (*Emberiza calandra*). In: Flade, M., Plachter, H., Schmidt, R. & Werner, A. (eds.): Nature Conservation in Agricultural Ecosystems. Results of Schorfheide-Chorin Research Project: 179-183, Quelle & Meyer, Wiebelsheim.

Flade, M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. 1-879. IHW-Verlag, Eching.

Flade, M. (2007): Deutsche Agrarlandschaft im Spiegel ornithologischer Forschung. Vortrag im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft, Gießen.

Flade, M. (2012): Von der Energiewende zum Biodiversitäts-Desaster - zur Lage des Vogelschutzes in Deutschland. *Vogelwelt* 133: 149-158.

Flohre, A., Fischer, C., Aavik, T., Bengtsson, J., Berendse, F., Bommarco, R., Ceryngier, P., Clement, L.W., Dennis, C., Eggers, S., Emmerson, M., Geiger, F., Guerrero, I., Hawro, V., Inchausti, P., Liira, J., Morales, M.B., Oñate, J.J., Pärt, T., Weisser, W.W., Winqvist, C., Thies, C. & Tschardt, T. (2011): Agricultural intensification and biodiversity partitioning in European landscapes comparing plants, carabids, and birds. *Ecological Applications* 21: 1772-1781.

Fox, A.D. & Madsen, J. (2017): Threatened species to super-abundance: The unexpected international implications of successful goose conservation. *Ambio* 46: 179-187.

Fox, A. & Schmidt, J.-U. (2018): Anlage einer Kiebitzinsel. In: Schmidt, J.-U. (Hrsg.): Kiebitzinseln in der Agrarlandschaft: 9–11, Springer Fachmedien, Wiesbaden.

- Frank, T., Aeschbacher, S., Barone, M., Künzle, I., Lethmayer, C. & Mosimann, C. (2009): Beneficial arthropods respond differentially to wildflower areas of different age. In: *Annales Zoologici Fennici* 46(6): 465-480.
- Ganzelmeier, H., Rautmann, D., Spangenberg, R., Strelake, M., Hermann, M., Wenzelburger, H.-J., Walter, H.-F. (1995): Untersuchungen zur Abdrift von Pflanzenschutzmitteln. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tscharntke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Part, 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., Hanke, 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: 97-105.
- Glavac, V. (1996): Vegetationsökologie. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm.
- Gottschalk, E. & Beeke, W. (2014): Wie ist der drastische Rückgang des Rebhuhns (*Perdix perdix*) aufzuhalten? Erfahrungen aus zehn Jahren mit dem Rebhuhnschutzprojekt im Landkreis Göttingen. *Berichte zum Vogelschutz* 51: 95-116.
- Grüneberg, C., Bauer, H.-G., Haupt, H., Hüppop, O., Ryslavy, T. & Südbeck, P. (2015): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 5. Fassung, 30. November 2015. *Berichte zum Vogelschutz* 52: 19-67.
- Haaland, C., Naisbit, R. E., & Bersier, L. F. (2011): Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity* 4(1): 60-80.
- Hahn, M., Geisthardt, M. & Brühl, C.A. (2014): Effects of herbicide-treated host plants on the development of *Mamestra brassicae* L. caterpillars. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33(11): 2633–2638. DOI: 10.1002/etc.2726.
- Hallmann, C.A., Foppen, R.P.B., Turnhout, C.A.M.v., Kroon, H.d. & Jongejans, E. (2014): Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature* 511: 341-343.
- Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrn, T., Goulson, D. & De Kroon, H. (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12:e0185809.
- Hartley, S.E., Green, J.P., Massey, F.P., Press, M.C.P., Stewart, A.J.A. & John E.A. (2015): Hemiparasitic plant impacts animal and plant communities across four trophic levels. *Ecology* 96: 2408-2416.
- Henderson, I.G., Holland, J.M., Storkey, J., Lutman, P., Orson, J. & Simper, J. (2012): Effects of the proportion and spatial arrangement of uncropped land on breeding bird abundance in arable rotations. *Journal of Applied Ecology* 49: 883-891.
- Herrmann, M. & Dassow, A. (2006): Quail (*Coturnix coturnix*). In: Flade, M., Plachter, H., Schmidt, R. & Werner, A. (eds.): *Nature Conservation in Agricultural Ecosystems. Results of Schorfheide-Chorin Research Project: 194-203*, Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- Herrmann, M. & Fuchs, S. (2006): Grey Partridge (*Perdix perdix*). In: Flade, M., Plachter, H., Schmidt, R. & Werner, A. (eds.): *Nature Conservation in Agricultural Ecosystems. Results of Schorfheide-Chorin Research Project: 183-194*, Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- 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. Julius Kühn-Institut, Federal Research Centre for Cultivated Plants, Braunschweig.
- Hoffmann, U.S., Jauker, F., Lanzen, J., Warzecha, D., Wolters, V. & Diekötter, T. (2017): Prey-dependent benefits of sown wildflower strips on solitary wasps in agroecosystems. *Insect Conservation and Diversity*: 1-9. doi: 10.1111/icad.12270.
- Jahn, T., Hötter, H., Oppermann, R., Bleil, R. & Vele, L. (2014): Protection of biodiversity of free living birds and mammals in respect of the effects of pesticides. UBA Texte 30/2014. <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/plant-protection-products-threaten-farmland-birds>. Michael-Otto-Institut im NABU, Institut für Agrarökologie und Biodiversität, Bergenhusen. Mannheim.
- Jenny, M. (2011): Wie viele ökologische Ausgleichsflächen braucht es zur Erhaltung und Förderung typischer Arten des Kulturlands? Vortrag auf dem internationalen Expertenworkshop „Perspektiven für die Biodiversität in der europäischen Agrarlandschaft ab 2014“. 28.- 29.11.2011, Ladenburg.
- Julius-Kühn-Institut (2016): PAPA Datenbank – Panel Pflanzenschutzmittel-Anwendungen. Julius-Kühn-Institut. URL: <http://papa.julius-kuehn.de/?menuid=1&getlang=de> (aufgerufen am 23.08.2017).

- Krause, B., Wesche, K., Culmsee, H. & Leuschner, C. (2014): Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Grünland seit 1950. *Natur und Landschaft* 89: 399 - 404.
- Kuussaari, M., Hyvönen, T., & Härmä, O. (2011): Pollinator insects benefit from rotational fallows. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 143: 28-36.
- Lang, M., Prestele, J., Fischer, C., Kollmann, J. & Albrecht, H. (2016): Reintroduction of rare arable plants by seed transfer. What are the optimal sowing rates? *Ecology and Evolution* 6: 5506–5516.
- Lenhardt, P. P., Brühl, C. A., Leeb, C., & Theissinger, K. (2017). Amphibian population genetics in agricultural landscapes: does vinticulture drive the population structuring of the European common frog (*Rana temporaria*)? *PeerJ*, 5, e3520.
- Lenhardt, P.P., Brühl, C.A., & Berger, G. (2015): Temporal coincidence of amphibian migration and pesticide applications on arable fields in spring. *Basic and Applied Ecology* 16: 54-63.
- Leuschner, C., Krause, B., Meyer, S. & Bartels, M. (2014): Strukturwandel im Acker- und Grünland Niedersachsen und Schleswig-Holsteins seit 1950. *Natur und Landschaft* 89: 386- 391.
- Marshall, E. J. P., & Moonen, A. C. (2002). Field margins in northern Europe: their functions and inter-actions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(1-2), 5-21.
- Martinez, N., Roth, T., Moser, V., Oesterheld, G., Gambke, B.P., Richterich, P., Tschopp, T.B., Spiess, M. & Birrer, S. (2017): Bestandsentwicklung von Brutvögeln in der Reinacher Ebene (Kanton Basel-Landschaft) von 1997 bis 2016. *Ornithologischer Beobachter* 114: 257-274.
- Mason, C.F. & Macdonald, S.M. (2000): Influence of landscape and land-use on the distribution of breeding birds in farmland in eastern England. *Journal of Zoology* 251: 338-348.
- Meichtry-Stier, K.S., Jenny, M., Zellweger-Fischer, J. & Birrer, S. (2014): Impact of landscape improvement by agri-environment scheme options on densities of characteristic farmland bird species and brown hare (*Lepus europaeus*). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 189: 101-109.
- Meissle, M., Álvarez-Alfageme, F., Malone, L. A., & Romeis, J. (2012): Establishing a database of bio-ecological information on non-target arthropod species to support the environmental risk assessment of genetically modified crops in the EU. *EFSA Supporting Publications* 9(9).
- Meyer, S. (2013). Impoverishment of the arable flora of Central Germany during the past 50 years: a multiple scale analysis. *Dissertation, Univ. Göttingen*.
- Meyer, S. & Leuschner C. (2015): 100 Äcker für die Vielfalt: Initiativen zur Förderung der Ackerwildkrautflora in Deutschland. *Universitätsverlag Göttingen*.
- Meyer, S., Wesche, K., Krause, B., Brütting, C., Hensen, I. & Leuschner, C. (2014): Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Ackerland seit 1950. *Natur und Landschaft* 89: 387-392.
- Meyer, S., Wesche, K., Krause, B., & Leuschner, C. (2013): Dramatic losses of specialist arable plants in central Germany since the 1950s/60s - a cross regional analysis. *Diversity and Distributions*, 19: 1175-1187.
- Meyer, S., Wesche, K., Metzner, J., van Elsen, T. & Leuschner, C. (2010): Are current agri-environment schemes suitable for long-term conservation of arable plants? - A short review of different conservation strategies from Germany and brief remarks on the new project "100 fields for diversity". *Aspects of Applied Biology* 100: 287–294.
- Morris, A.J., Wilson, J.D., Whittingham, M.J. & Bradbury, R.B. (2005): Indirect effects of pesticides on breeding yellowhammer (*Emberiza citrinella*). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106: 1-16.
- NeFo / Network-forum for Biodiversity Research Germany (2012): Scientific Arguments for a biodiversity richer Common Agriculture Policy (CAP). <http://www.biodiversity.de/produkte/faktenblaetter/gap-reform-scientific-arguments-biodiversity-richer-common-agriculture>.
- Nitsch, H., Röder, N., Oppermann, R., Milz, E., Baum, S., Lepp, T., Kronenbitter, J., Ackermann, A. & Schramek, J. (2017): Naturschutzfachliche Ausgestaltung von Ökologischen Vorrangflächen. *Bundesamt für Naturschutz, Bonn - Bad Godesberg*.

- Nuyttens, D., Devarrewaere, W., Verboven, P. & Foqué, D. (2013): Pesticide-laden dust emission and drift from treated seeds during seed drilling: a review: Pesticide-laden dust emission from treated seeds during sowing. *Pest Management Science* 69: 564–575.
- Ockleford, C.D. (2015): Scientific Opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for non-target arthropods. *EFSA Journal* 13(2).
- Oppermann, R., Kasperczyk, N., Matzdorf, B., Reutter, M., Meyer, C., Luick, R., Stein, S., Ameskamp, K., Gelhausen, J., Bleil, R. (2013): Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) 2013 und Erreichung der Biodiversitäts- und Umweltziele. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 135, Bonn - Bad Godesberg.
- Pain, D. J. & Pienkowski, M.W. (eds.) (1997): *Farming and birds in Europe*. Academic Press, London.
- Pfiffner, L., & Luka, H. (2000): Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 78: 215-222.
- Pfister, H.P., Naef-Daenzer, B. & Blum, H. (1986): Qualitative und quantitative Beziehungen zwischen Heckenvorkommen im Kanton Thurgau und ausgewählten Heckenbrütern: Neuntöter, Goldammer, Dorngrasmücke, Mönchsgrasmücke und Gartengrasmücke. *Ornithologischer Beobachter* 83: 7-34.
- Plötner, J. & Matschke, J. (2012). Akut-toxische, subletale und indirekte Wirkungen von Glyphosat und glyphosathaltigen Herbiziden auf Amphibien – eine Übersicht. *Zeitschrift für Feldherpetologie*, 19(1): 1-20.
- Poulin B, Lefebvre G, Paz L. 2010. Red flag for green spray: adverse trophic effects of Bti on breeding birds. *Journal of Applied Ecology* 47:884-889.
- Rautmann, D., Streloke, M. & Winkler, R. (2001): New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products. In: *Workshop on Risk Assessment and Risk Mitigation Measures in the Context of the Authorization of Plant Protection Products (WORMM)* 27.-29. September 1999, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin und Braun-schweig, Berlin-Dahlem.
- Riedel, J., Romeis, J., & Meissle, M. (2016): Update and expansion of the database of bio-ecological information on non-target arthropod species established to support the environmental risk assessment of genetically modified crops in the EU. *EFSA Supporting Publications* 13(1).
- Robinson, R.A. & Sutherland, W.J. (2002): Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39: 157-176.
- Romeis, J., Meissle, M., Álvarez-Alfageme, F., Bigler, F., Bohan, D. A., Devos, Y., Malone, L.-A., Pons, X. & Rauschen, S. (2014): Potential use of an arthropod database to support the non-target risk assessment and monitoring of transgenic plants. *Transgenic research* 23: 995-1013.
- Roß-Nickoll, M., Lennartz, G., Fürste, A., Mause, R., Ottermanns, R., Schäfer, S., Smolis, M., Theißen, B., Toschki, A., Ratte, H.T. (2004). Die Arthropodenfauna von Nichtzielflächen und die Konsequenzen für die Bewertung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf den terrestrischen Bereich des Naturhaushaltes. Bericht im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ, 200(63), 403, UBA Text 10/2004).
- Rösch, V., Tscharrntke, T., Scherber, C. & Batáry, P. (2015): Biodiversity conservation across taxa and landscapes requires many small as well as single large habitat fragments. *Oecologia* 179: 209–222.
- RSPB (2012): *Hope Farm. Farming for food, profit and wildlife*. RSPB. Sandy. http://www.rspb.org.uk/Images/hopefarmbooklet_tcm9-320935.pdf
- Scheper, J., Holzschuh, A., Kuussaari, M., Potts, S.G., Rundlof, M., Smith, H.G. & Kleijn, D. (2013): Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss - a meta-analysis. *Ecology Letters* 16: 912–920.
- Schmidt, J.-U., Eilers, A., Schimkat, M., Krause-Heiber, J., Timm, A., Nachtigall, W. & Kleber, A. (2017): Effect of Sky Lark plots and additional tramlines on territory densities of the Sky Lark *Alauda arvensis* in an intensively managed agricultural landscape. *Bird Study* 64: 1–11.
- Schmidt, W. (1986). Über die Dynamik der Vegetation auf bodenbearbeiteten Flächen. In *Tuexenia* (Bd. 6, S. 53-74). Göttingen. Von archived at <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/> (repository of University Library Frankfurt, Germany), identifier: urn:nbn:de:hebis:30:3-378059 abgerufen.

- Schmitz, J., Schäfer, K. & Brühl, C.A. (2013): Agrochemicals in field margins - assessing the impacts of herbicides, insecticides, and fertilizer on the common buttercup (*Ranunculus acris*). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 32: 1124–1131.
- Schmitz, J., Hahn, M. & Brühl, C.A. (2014): Agrochemicals in field margins – An experimental field study to assess the impacts of herbicides, insecticides, and fertilizer on the plant community. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 193: 60-69.
- Schmitz, J., Stahlschmidt, P., Brühl, C.A. (2015): Protection of terrestrial non-target plant species in the regulation of environmental risks of pesticides. UBA Texte 20/2015. Federal Environment Agency (Germany), Dessau.
- Schweizer, E. (2016): Resource selection and movement capacity of natterjack toads (*Epidalea calamita*) in agricultural areas. Masterarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil.
- Smith, R.K., Vaughan, Jennings, N. & Harris, S. (2005): A quantitative analysis of the abundance and demography of European hares *Lepus europaeus* in relation to habitat type, intensity of agriculture and climate. *Mammal Review* 35: 1-24.
- Steffan-Dewenter, I. & Tscharnke, T. (1996): Profitieren Wildbienen oder Honigbienen von der Flächenstilllegung in der Landwirtschaft? *Natur und Landschaft* 71: 255-261.
- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, C.R., de Snoo, G.R. & Eden, P. (2001): Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365.
- Strandberg B, Mathiassen, S.K., Bruus, M., Kjær, C., Damgaard, C., Andersen, H.V., Bossi, R., Løfstrøm, P., Larsen, S.E., Bak, J. & Kudsk, P. (2012): Effects of herbicides on non-target plants: How do effects in standard plant tests relate to effects in natural habitats? *Pesticide Research* No. 137, 2012. Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency: 114.
- Storkey, J., Meyer, S., Still, K. S., & Leuschner, C. (2011): The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proc. R. Soc. B*, rspb20111686.
- Sudfeldt, C., Dröschmeister, R., Frederking, W., Gedeon, K., Gerlach, B., Grüneberg, C., Karthäuser, J., Langgemach, T., Schuster, B., Trautmann, S. & Wahl, J. (2013): *Vögel in Deutschland – 2013*. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Toivonen, M. (2016): Enhancing farmland biodiversity through environmental fallows: effects of fallow type and landscape. Ph.D. thesis, Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki, Finland.
- Tscharnke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. (2005): Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.
- Tscharnke, T., Batáry, P., & Dormann, C.F. (2011): Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 143: 37-44.
- UBA Umweltbundesamt (2015). UBA Umweltbundesamt Hintergrund // Oktober 2015: Umweltprobleme der Landwirtschaft. 30 Jahre SRU Sondergutachten. Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet II 2.9 - Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Internationaler Bodenschutz. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA).
- Van Buskirk, J. & Willi, Y. (2004): Enhancement of Farmland Biodiversity within Set-Aside Land. *Mejora de la Biodiversidad en Tierras Cultivadas dentro de Terrenos de Reserva*. *Conservation Biology* 18: 987-994.
- Van Meter, R.J., Glinski, D.A., Purucker, S.T., & Henderson, W.M. (2018): Influence of exposure to pesticide mixtures on the metabolomic profile in post-metamorphic green frogs (*Lithobates clamitans*). *Science of the Total Environment* 624: 1348-1359.
- Vaughan, N., Lucas, E.-A., Harris, S. & White, P.C.L. (2003): Habitat associations of European hares *Lepus europaeus* in England and Wales: implications for farmland management. *Journal of Applied Ecology* 40: 163-175.
- Wagner, C. (2014): Blühflächen: ein Instrument zur Erhöhung der Biodiversität von Vögeln der Agrarlandschaft. In: Wagner, C., Bachl-Staudinger, M., Baumholzer, S., Burmeister, J., Fischer, C., Karl, N., Köppl, A., Volz, H., Walter, R. & Wieland, P. (eds.): *Faunistische Evaluierung von Blühflächen*. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 1/2014: 79-102.
- Wagner, C., Bachl-Staudinger, M., Baumholzer, S., Burmeister, J., Fischer, C., Karl, N., Köppl, A., Volz, H., Walter, R. & Wieland, P. (2014): *Faunistische Evaluierung von Blühflächen*. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 1/2014: 1-150.
- Walter, T., Eggenberg, S., Gonseth, Y., Fivaz, F., Hedinger, C., Hofer, G., Richner, N., Schneider, K., Szerencsits, E. Wolf, S., Klieber-Kühne, A. (2013): *Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft: Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL)*. ART-Schriftenreihe 18, 138 S.

Weiner, C.N., Werner, M, Linsenmair, E. & Blüthgen, N. (2011): Land use intensity in grasslands: Changes in biodiversity, species composition and specialisation in flower visitor networks. *Basic and Applied Ecology* 12: 292 - 299.

Whittingham, M.J., Krebs, J.R., Swetnam, R.D., Thewlis, R.M., Wilson, J.D. & Freckleton, R.P. (2009): Habitat associations of British breeding farmland birds. *Bird Study* 56: 43-52.

Zollinger, J.-L., Birrer, S., Zbinden, N. & Korner-Nievergelt, F. (2013): The optimal age of sown field margins for breeding farmland birds. *Ibis* 155: 779-791.