



Nana Wix, Michael Rode &
Michael Reich (Hrsg.)

Blühstreifen - Biodiversität und produktionsintegrierte Kompensation



Blühstreifen - Biodiversität und produktionsintegrierte Kompensation

Ergebnisse eines Forschungsvorhabens *)

zusammengestellt und herausgegeben von

Nana Wix, Michael Rode & Michael Reich

*) „Nutzungsorientierte Ausgleichsmaßnahmen bei der Biogasproduktion –
Untersuchung der Effektivität von nutzungsintegrierten Maßnahmen zur Kompensation von
Eingriffen am Beispiel von Blühstreifen“



**Gefördert durch Mittel des
Landes Niedersachsen**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Hannover: Institut für Umweltplanung, 2018

Herausgeber: Institut für Umweltplanung
 Leibniz Universität Hannover
 Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover
 www.umwelt.uni-hannover.de

Schriftleitung: Dr. Stefan Rüter

Titelbilder: oben: Blühstreifen im Sommer (Foto: Michael Reich);
 Mitte: C-Falter (*Polygonia c-album*) bei der Nektarsuche in Blühstreifen im
 Sommer (Foto: Nana Wix);
 unten: Blühstreifen im Winter (Foto: Nana Wix)

Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Inhalt

Vorwort	5
WIX, N., M. RODE & M. REICH Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität und ihre Eignung als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme (PIK) bei der Biogasproduktion	7
WIX, N. Die Blühstreifen im Landkreis Rotenburg (Wümme) - ihre Struktur und ihr Blütenangebot	47
RODE, M., A. LISCHKA & G. SCHULZ Auswirkung von Blühstreifen auf die Biodiversität der Ackerbegleitflora in maisdominierten Agrarlandschaften	81
WIX, N. & M. REICH Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel während der Brutzeit	115
WIX, N. & M. REICH Die Nutzung von Blühstreifen durch Vögel im Herbst und Winter	149
WIX, N. & M. REICH Einsatz von Fotofallen zur Analyse der Präsenz von Vögeln und Groß- und Mittelsäugern in Blühstreifen	189
REICH, M., C. SCHIMKE & S. SCHNEIDER Fledermausaktivität über Blühstreifen und Maisfeldern	207
REICH, M. & G. HILGENDORF Die Laufkäfer von Blühstreifen im ersten und zweiten Standjahr	213
WIX, N. & M. REICH Die Tagfalterfauna von Blühstreifen	223
M. RODE Auswirkung von Blühstreifen auf das Landschaftsbild	255
M. RODE Auswirkung von Blühstreifen auf bodengebundene Landschaftsfunktionen	281
LISCHKA, A. & M. RODE Umsetzung von Blühstreifen als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme (PIK)	307

Vorwort

Von 2012 bis 2015 förderte das Land Niedersachsen durch das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz das Forschungsvorhaben „Nutzungsorientierte Ausgleichsmaßnahmen bei der Biogasproduktion“. Die Bearbeitung des Vorhabens erfolgte durch das Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover.

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, eine fachlich fundierte Bewertungsgrundlage für Blühstreifen als Naturschutz- und Kompensationsmaßnahme zu schaffen. Aufgrund der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten von Blühstreifen sollte der Einfluss unterschiedlicher Gestaltungsvarianten bei der Anlage von Blühstreifen auf die Biodiversität untersucht werden (Lage, Breite, Alter und Saatgutmischung). Ergänzend sollten die Wirkungen von Blühstreifen auf das Landschaftsbild und auf bodengebundene Landschaftsfunktionen beurteilt werden. Anhand dieser Ergebnisse sollten dann konkrete und übertragbare Empfehlungen zur Anlage von Blühstreifen abgeleitet werden. Ein weiteres Ziel war es den naturschutzfachlichen Wert von Blühstreifen im Vergleich zu anderen naturnahen Strukturen der Agrarlandschaft einzuordnen und so das Aufwertungspotenzial von Blühstreifen im Rahmen der produktionsintegrierten Kompensation abzuschätzen.

Der vorliegende Band fasst die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben zusammen. Der erste Beitrag in diesem Band fasst die wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Fachbeiträge zusammen und leitet daraus Empfehlungen ab.

Wir danken dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz für die finanzielle Förderung, sowie Herrn Dr. Gerd Höher und Herrn Theo Lührs (Abt. Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie) für die sehr gute Zusammenarbeit. Besonderer Dank gilt unseren Kooperationspartnern vor Ort, die maßgeblich zum Gelingen des Forschungsvorhabens beigetragen haben: Jürgen Cassier und Rainer Rahlfs (Amt für Naturschutz und Landschaftspflege, Landkreis Rotenburg-Wümme), Dr. Heinz-Hermann Holsten (Vorsitzender der Jägerschaft Zeven e.V.), Mathias Holsten (Naturschutz-Obmann der Jägerschaft Zeven e.V.) und Dr. Hartmut Schröder (Geschäftsführer der Landvolkinitiative Bunte Felder e.V.), sowie alle beteiligten Landwirte und Revierinhaber der Jägerschaft Zeven e.V., insbesondere Dr. Hermann Gerken (Kreisjägermeister), Hermann Vehring (Revierinhaber Hepstedt), Dr. Marco Mohrmann (stellvertretender Vorsitzender der Jägerschaft Zeven e.V.), Volker Borchers (Revierinhaber Westertimke), Bernd Wülpern, (Revierinhaber Meinstedt), und Werner Eckhoff (Revierinhaber Heeslingen). Ohne die tatkräftige Mithilfe bei der Organisation der Feldstudien wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Bei Dr. Louise von Falkenhayn und Dr. Stefan Rüter möchten wir uns für die das Korrekturlesen und die Unterstützung der redaktionellen Fertigstellung des Bandes bedanken.

DIE HERAUSGEBER

Umwelt und Raum	Band 9	281-305	Institut für Umweltplanung, Hannover 2018
-----------------	--------	---------	---

Auswirkung von Blühstreifen auf bodengebundene Landschaftsfunktionen

Michael Rode

Zusammenfassung

Intensive Landbewirtschaftung wirkt sich vielfach negativ auf den Boden und damit auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen aus. Gleichzeitig ist der Verlust landwirtschaftlicher Fläche durch die Bereitstellung von Flächen für Baumaßnahmen und für Kompensationsmaßnahmen seit Jahrzehnten anhaltend hoch. Um die Flächenverluste zu minimieren werden unter anderem Blühstreifen als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahmen in Betracht gezogen. In diesem Zusammenhang gilt es herauszufinden, inwieweit Blühstreifen in der Lage sind, negative Auswirkungen intensiver landwirtschaftlicher Ackernutzung auf den Boden auszugleichen. Darüber hinaus sollen Handlungsempfehlungen zur Optimierung von Blühstreifen im Hinblick auf deren Kompensationseignung für bodengebundene Landschaftsfunktionen entwickelt werden.

Um zu prüfen, ob Blühstreifen als Kompensationsmaßnahme für bodengebundene Beeinträchtigungen eingesetzt werden können, werden verschiedene überjährige bis 1,5-jährige Blühstreifenvarianten im Landkreis Rotenburg (Wümme) im Vergleich zu Maisanbauslägen untersucht. Dazu werden die Wirkungen von Blühstreifen auf die für eine Kompensation wesentlichen bodengebundenen Landschaftsfunktionen natürliche Ertragsfunktion, Wasserdargebotsfunktion und Retentionsfunktion anhand der Wirkkomplexe Boden- und Grundwasserbelastung, Bodenerosion, Bodenverdichtung und Bodenhumusgehalt analysiert.

Alle untersuchten Blühstreifenvarianten besitzen eine deutlich positivere Wirkung auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen als die als Referenz herangezogenen Maisanbauflächen. Innerhalb der verschiedenen Blühstreifenvarianten ist die Wirkung umso besser je geringer die Bodenbearbeitung ist. Dadurch wird ein erheblich besserer Schutz gegenüber Bodenerosion und Bodenverdichtung erreicht, wodurch die natürliche Ertragsfunktion der Böden bewahrt und sogar verbessert wird. Bei allen Blühstreifenvarianten trägt zudem der lange Zeitraum der Bodenbedeckung zu einer weiteren positiven Wirkung auf den Schutz vor Bodenerosion im Vergleich zum Maisanbau bei. Der Verzicht auf Düngung, Pflanzenschutzmitteleinsatz, Bodenbearbeitung und Maschineneinsatz wirkt sich bei den Blühstreifen positiv auf die Qualität der Grundwassersickerung, die Bodenverdichtung und den Humusgehalt aus. Diese Wirkungen sind umso höher, je länger der Blühstreifen ungestört wachsen kann.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse, dass Blühstreifen durchaus als Kompensationsmaßnahme in Bezug auf bodengebundene Landschaftsfunktionen geeignet sind. Die höchsten Aufwertungspotenziale der untersuchten Blühstreifenvarianten besitzen auf Grund der längeren Bestandsdauer 1,5-jährige Blühstreifen. Zur Optimierung von Blühstreifen im Hinblick auf deren Kompensationseignung für bodengebundene Landschaftsfunktionen empfiehlt es sich, bereits bei der Anlage auf wendende Bodenbearbeitung und im gesamten Verlauf der Kultur auf Bewässerung, Düngemittel- sowie Pflanzenschutzmitteleinsatz zu verzichten.

1 Problemhintergrund und Zielsetzung

Eine intensive Bewirtschaftung führt auf vielen Ackerflächen dazu, dass zunehmend Wind- und Wassererosion fruchtbaren Boden abtragen, der Boden durch den Einsatz schwerer Maschinen verdichtet, der Humusgehalt des Bodens abnimmt und die Boden- und Grundwasserbelastung durch Düngemittel und Pestizide steigt (SWIFT et al. 2004; TECHEN & HELMING 2017; WIEHE et al. 2010: 26f). Hinzu kommt ein anhaltend hoher Verlust an wertvollem Ackerboden durch Bodenversiegelungen bei Baumaßnahmen unterschiedlichster Art (LANGENBERG & THEUVSEN 2016). Angesichts dieses zunehmenden Drucks auf landwirtschaftliche Produktionsflächen gibt das Bundesnaturschutzgesetz vor, möglichst zu vermeiden, Flächen für Kompensationsmaßnahmen aus der landwirtschaftlichen Nutzung zu nehmen (vgl. BNATSCHG 2010: § 15 Abs. 3). Es ist daher vorrangig zu prüfen, ob der Ausgleich oder Ersatz von Eingriffen in Natur und Landschaft durch nutzungsintegrierte Bewirtschaftungs- oder Pflegemaßnahmen erbracht werden kann (vgl. BNATSCHG 2010 § 15 Abs. 3). Damit soll unter anderem die Produktionsfunktion der Böden von Flächen, die zur Kompensation herangezogen werden, erhalten bleiben.

Neben den üblichen funktionalen Kompensationsmaßnahmen für das Schutzgut Boden, wie Heckenpflanzungen oder der Extensivierung von Grünland, könnte damit auch die Anlage von Blühstreifen als produktionsintegrierte Maßnahme für die Kompensation von Eingriffen genutzt werden, sofern ihre Wirkung auf den Boden zu einer deutlich Aufwertung der bodengebundenen Landschaftsfunktionen gegenüber intensiv genutzten Ackerflächen führt. Die Funktionen, die Blühstreifen dabei im Hinblick auf den Bodenschutz erfüllen sollen, reichen von der Verringerung der Wind- und Wassererosion über die Verminderung von Bodenverdichtung und Stoffeinträgen ins Grundwasser und benachbarte Biotope bis hin zur Klimagasminderungswirkung.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Blühstreifen - Biodiversität und produktionsintegrierte Kompensation“ (Wix et al. 2018) soll daher geprüft werden, welche positiven Effekte Blühstreifen durch eine gegenüber der konventionellen Nutzung veränderte Bewirtschaftung für den Boden- und Grundwasserschutz und damit für die bodengebundenen Landschaftsfunktionen natürliche Ertragsfunktion, Wasserdargebotsfunktion und Retentionsfunktion (HAAREN 2004) erzielen können. Dazu sollen die Wirkungen von verschiedenen Blühstreifentypen und dem Maisanbau zur Biomassegewinnung auf die für eine Kompensation wesentlichen bodengebundenen Wirkkomplexe Boden- und Grundwasserbelastung, Bodenerosion, Bodenverdichtung und Bodenhumusgehalt verglichen werden.

2 Methodik

2.1 Vorgehen

Um zu prüfen, ob Blühstreifen als Kompensationsmaßnahme für bodengebundene Beeinträchtigungen eingesetzt werden können, wurden im Rahmen des hier vorgestellten Vorhabens verschiedene Blühstreifenvarianten aus dem Landkreis Rotenburg (Wümme), vergleichend untersucht:

- Überjährige Blühstreifen der Landvolkinitiative Bunte Felder,
- Überjährige Blühstreifen der Jägerschaft Zeven,
- Blühstreifen der Jägerschaft Zeven mit 1,5 Standjahren,
- Maisanbau als dominierende Ackerkultur im Landkreis Rotenburg (Wümme) als Referenz.

Während die Blühstreifen der Initiative Bunte Felder als überjährige Blühstreifen zur Aufwertung des Landschaftsbildes angelegt wurden, war das Ziel der überjährigen und 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft die naturschutzfachliche Aufwertung der maisdominierten Agrarlandschaft durch eine lückige Bestandesstruktur und eine möglichst extensive Anlage und Pflege (s. RODE et al. 2018; Wix et al. 2018).

Zur Untersuchung der potenziellen Wirkung der verschiedenen Blühstreifenvarianten und von Maisflächen als Referenz auf bodengebundene Landschaftsfunktionen wurde die von WIEHE et al. (2010: 21ff) entwickelte, auf dem Prinzip der ökologischen Risikoanalyse aufbauende Methodik der ökologischen Wirkungsanalyse genutzt. Im Gegensatz zur ökologischen Risikoanalyse werden dabei neben negativen auch positive Auswirkungen in die Untersuchung mit einbezogen.

Die ökologische Wirkungsanalyse setzt sich aus mehreren Teilschritten zusammen (Abb. 1; WIEHE et al. 2010: 21ff). In einem ersten Schritt erfolgt die Ermittlung von Wirkkomplexen. Sie bilden die wesentlichen Umweltwirkungen der Flächenbewirtschaftung ab und gliedern die vielfältigen Wirkzusammenhänge. Für jeden ermittelten Wirkkomplex werden Wirkfaktoren abgeleitet, die eine konkrete Bewertung der potenziellen Auswirkungen von Blühstreifen und Maisanbau auf Boden und Umwelt ermöglichen. In einem nächsten Schritt erfolgt die Erfassung und Bewertung der Wirkfaktoren über Indikatoren, die mithilfe von Parametern gemessen und über eine dreistufige Skala bewertet werden.

Ob eine Wirkung tatsächlich eintritt, hängt von der Empfindlichkeit eines konkreten Schlates oder Landschaft ab (Betroffenenseite) (WIEHE et al. 2010: 21ff). Da unterschiedliche Böden und Landschaften unterschiedliche Empfindlichkeiten aufweisen, beschränkt sich die hier dargestellte Analyse auf die Ermittlung der potenziellen Wirkungen die vom Anbauverfahren ausgehen (Wirkseite). Während die dazu betrachteten Wirkfaktoren anthropogenen Ursprungs sind, beschreiben die Empfindlichkeiten die natürlich gegebenen Eigenschaften eines Bodens bzw. eines Gebietes, so dass die tatsächliche Wirkung in jedem Einzelfall basierend auf den hier herausgearbeiteten potenziellen Wirkungen ermittelt werden kann. Hierzu wird auf die Ergebnisse des Projektes SUNREG II verwiesen (RODE & KANNING 2010).

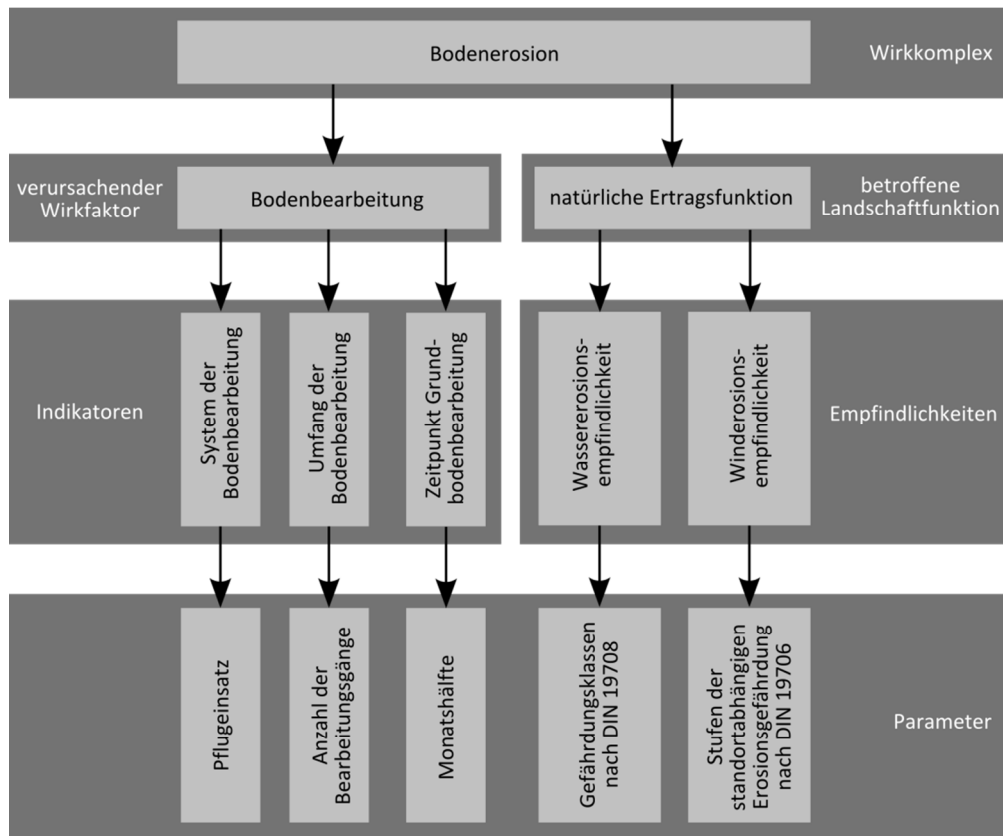


Abb. 1: Wirkzusammenhänge und Bewertungshierarchie am Beispiel des Wirkkomplexes Bodenerosion (aus WIEHE et al. 2010: 23).

2.2 Wirkkomplexe und Wirkfaktoren

Als wesentliche Wirkkomplexe, die die Auswirkungen unterschiedlicher Anbauverfahren auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen abbilden, wurden von WIEHE et al. (2010: 21ff) vier Wirkkomplexe identifiziert, die daher auch zur Beurteilung der Wirkungen von Blühstreifen herangezogen werden: die Boden- und Grundwasserbelastung (I), die Bodenerosion (II), die Bodenverdichtung (III) und der Humushaushalt (IV).

I. Wirkkomplex Boden- und Grundwasserbelastung

Boden dient aufgrund seiner physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften als Filter, Puffer und Transformator zwischen Atmosphäre, Grundwasser und Pflanze. Durch die physikalisch-chemische Filter- und Pufferfunktion wird die Reinhaltung des Grundwassers sowie der Nahrungskette gewährleistet, indem der Boden in der Lage ist, schädliche organische und anorganische Verbindungen festzuhalten, und somit verhindert, dass diese durch Auswaschung in das Grundwasser oder durch Wurzelaufnahme in die Nahrungskette gelangen (FRIELINGHAUS et al. 1999: 44; KEESSTRA et al. 2012; VERECKEN et al. 2016: 14f). Diese Funktionen des Bodens haben also entscheidenden Einfluss nicht nur auf die Boden- sondern auch auf die Grundwasserbelastung. Eine Belastung des Bodens sowie des Grundwassers durch die Landwirtschaft ist auf die Wirkfaktoren Düngung und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zurückzuführen. Die Intensität ihrer Wirkung ist abhängig von der Bodenart, dem Humusgehalt und der Niederschlagsmenge und -verteilung (WIEHE et al. 2010: 21ff).

Wirkfaktor I.1: Düngung

Der Einsatz von Düngemitteln wirkt sich insofern auf die Boden- und Grundwasserbelastung aus, als dass die Filter-, Puffer- und Transformationsfunktion durch eine erhöhte Nährstoffzufuhr überfordert werden kann, so dass die Nährstoffe dann nicht mehr im Boden gehalten werden und durch Auswaschung in das Grundwasser gelangen können (vgl. u. a. KANG et al. 2011; RIPPEL et al. 2014). Die Höhe der Auswaschung ist dabei auf der Wirkseite abhängig von der Art des Düngers, der Art der Ausbringung bzw. der Ausbringungstechnik, dem Zeitpunkt der Düngung und der kulturartenspezifischen Verteilung der Individuen der Kulturart (WIEHE et al. 2010). Die Indikatoren, Parameter und Skalierung zur Bewertung des Wirkfaktors Düngung wurden WIEHE et al. (2010) und WIEHE & RODE (2010) entnommen. Ergänzend wird für den Fall, dass keine Düngung der Kulturfläche erfolgt, die Wirkintensität aller Indikatoren mit „Keine Wirkung“ bewertet (Tab. 1).

Wirkfaktor I.2: Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel werden in der Landwirtschaft eingesetzt, um Pflanzenkrankheiten zu bekämpfen. Sie wirken jedoch nicht nur gegen die Schaderreger unmittelbar auf und in der Pflanze, sondern auch gegen Nichtschadorganismen, die auf oder im Boden leben (BÜNEMANN et al. 2006; FRAMPTON et al. 2006; GOULET & MASNER 2017). Mit dem Sickerwasser oder durch Abschwemmung (etwa in Hanglage) können die Pflanzenschutzmittel schließlich in Oberflächengewässer getragen, durch Lösung im Bodenwasser in das Grundwasser ausgewaschen oder durch andere Pflanzen aufgenommen werden (GEIER et al. 1998: 183; REICHENBERGER et al. 2007; STROH 2008). Indikatoren zur Erfassung und Bewertung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes sind die Art des Pflanzenschutzes, die Wirkgruppe zu der das Pflanzenschutzmittel gehört und die Häufigkeit des Mitteleinsatzes. Die Indikatoren, Parameter und Skalierung zur Bewertung des Wirkfaktors Pflanzenschutzmittel wurden WIEHE et al. (2010) und WIEHE & RODE (2010) entnommen. Für den Fall, dass kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Kultur erfolgt, wird ergänzend die Wirkintensität aller Indikatoren mit „Keine Wirkung“ bewertet (Tab. 1).

II. Wirkkomplex Bodenerosion

Bodenerosion beschreibt einen Prozess, bei dem Bodenmaterial durch klimatisch bedingte Einflüsse von Wind und Wasser abgetragen wird. Für den Wirkkomplex Bodenerosion besonders relevante Wirkfaktoren sind die Bodenbearbeitung und die Bodenbedeckung (WIEHE et al. 2010).

Wirkfaktor II.1: Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung hat einen direkten Einfluss auf den Boden, da durch sie die Dichte und Struktur des Bodens verändert werden, was wiederum Einfluss auf die Stärke der Erosionsgefahr hat (HARRACH 2010; JAKAB et al. 2017; MÜLLER et al. 2006). Indikatoren für die Erfassung und Bewertung der Bodenbearbeitung sind das System, der Zeitpunkt und die Häufigkeit der Bodenbearbeitung. Die Indikatoren und Parameter zur Bewertung des Wirkfaktors Bodenbearbeitung wurden WIEHE et al. (2010) und WIEHE & RODE (2010) mit einer veränderten Skalierung entnommen (Tab. 1).

Tab. 1: Wirkfaktoren, Indikatoren, Parameter und ihre Skalierung zur Bewertung des Einflusses von Blühstreifen auf bodengebundene Landschaftsfunktionen.

Wirkfaktor	Indikator	Parameter	Wertstufen der Wirkung	Quelle
Bodenbearbeitung	System der Bodenbearbeitung	Wendend / nicht wendend	hoch: konventionell mittel: konservierend keine Wirkung: ohne Bodenbearbeitung	KREITMAYR & BAUER (2006)
	Häufigkeit der Bodenbearbeitung	Anzahl der Bearbeitungsgänge (Saatbettbearbeitung, Grundbodenbearbeitung) pro Jahr	hoch: ≥ 4 mittel: 2 - 3 gering: 1 keine Wirkung: ohne Bodenbearbeitung	Zusammenstellung WIEHE & RODE (2010) nach LWK (2008)
	Zeitpunkt Grundbodenbearbeitung	KW/Monatshälfte	hoch: Herbstfurche mittel: Sommerfurche gering: Frühjahrsfurche keine Wirkung: ohne Bodenbearbeitung	KREITMAYR & BAUER (2006)
Düngung	Häufigkeit der Düngung	Anzahl der Düngegaben pro Jahr	hoch: ≥ 4 mittel: 2 - 3 gering: 1 Keine Wirkung: keine Düngung	Zusammenstellung WIEHE & RODE (2010) nach LWK (2008)
	Zeitpunkt der Düngung	Aufnahmebereitschaft nach Entwicklungsstand der Kultur	Hoch: mindestens eine Düngergabe vor der Saat oder nach der Ernte Mittel: keine Düngergabe vor der Saat oder nach der Ernte und mindestens eine Düngergabe in der schwachen Wachstumsphase Gering: Düngung nur in der Hauptwachstumsphase Keine Wirkung: Keine Düngung	Zusammenstellung nach LWK (2006)
	Düngemittel	Art und Zusammensetzung	hoch: überwiegend Wirtschaftsdünger (Gülle/Festmist/Gärreste) mittel: überwiegend Mineraldünger gering: überwiegend Stroh/Ernterückstände/ Gründüngung; ausschließlich Mineraldünger Keine Wirkung: keine Düngung	HEGE et al. (2006)
	Düngeverteilung Wirtschaftsdünger	Ausbringungstechnik	hoch: Tankwagenausbringung Flüssigmist mittel: Dosiergestänge gering: Schleppschlauch/Schleppschuh Keine Wirkung: keine Düngung	HEGE et al. (2006)
	Düngeverteilung des Mineraldüngers	Ausbringungstechnik	hoch: Flächendüngung mittel: Reihendüngung gering: Unterfußdüngung Keine Wirkung: keine Düngung	HEGE et al. (2006)
	Kulturart		hoch: Reihenkulturen gering: Bestandskulturen	WIEHE & RODE (2010)

Fortsetzung Tab. 1: Wirkfaktoren, Indikatoren, Parameter, Skalierung zur Bewertung des Einflusses von Blühstreifen auf bodengebundene Landschaftsfunktionen.

Wirkfaktor	Indikator	Parameter	Wertstufen der Wirkung	Quelle
Biomasse-entnahme	Verbleibende Biomasse	Entnahmeanteile an oberirdischer Biomasse pro Jahr	keine Wirkung: fast die gesamte oberirdische Biomasse wird entnommen leicht positiv: ein Teil der oberirdischen Biomasse wird entnommen positiv: keine Biomasse wird entnommen	JORDAN et al. (2010)
	Düngemittel	Art und Zusammensetzung	keine Wirkung: keine Düngung, ausschließlich Mineraldünger leicht positiv: Mineraldünger und Wirtschaftsdünger positiv: fast ausschließlich Wirtschaftsdünger (Gülle/Festmist/Gärreste)	LINDSTROM & ARCHER (2003), MÖLLER (2015)
Maschinen-einsatz	Gesamtmaschinengewicht	Summe der Leergewichte aller Arbeitsgänge pro Jahr	hoch: > 120 t mittel: 100 – 120 t gering: < 100 t keine Wirkung: kein Einsatz	Zusammenstellung WIEHE & RODE (2010) nach LWK (2008)
	Häufigkeit des Befahrens (insgesamt)	Anzahl der Einsätze pro Jahr	hoch: Einsätze >15 mittel: 10 - 14 gering: 1 – 10 keine Wirkung: kein Einsatz	Zusammenstellung WIEHE & RODE (2010) nach LWK (2008)
Bodenbedeckung	Bodenbedeckungsgrad	höchstmöglicher Anteil der mit Vegetation bedeckten Fläche	hoch: < 25 % mittel: 25-50 % gering: > 50 %	DIN 19706 (2004)
	Zeitraum höchste Bodenbedeckung	Jahreszeit	hoch: geschlossen ab Sommer bis Herbst mittel: geschlossen ab Frühjahr oder geschlossen ab Sommer bis zum Frühjahr des Folgejahres gering: ganzjährig geschlossen	DIN 19706 (2004)
Pflanzenschutz	Art des Pflanzenschutzes	Verfahren	hoch: chemisch mittel: integriert gering: mechanisch Keine Wirkung: kein Pflanzenschutz	TISCHNER et al. (2006)
	Wirkgruppe	Wirkstoff	hoch: Einsatz von mind. 1 Herbizid mittel: kein Einsatz von Herbizid, mind. 1 Insektizid gering: kein Einsatz von Herbizid oder Insektizid, mind. 1 Fungizid Keine Wirkung: kein PSM-Einsatz	Zusammenstellung WIEHE & RODE (2010)
	Häufigkeit des Pflanzenschutzes	Anzahl der Einsätze pro Jahr	hoch: ≥ 6 mittel: 3 - 5 gering: 1 - 2 Keine Wirkung: keine PSM-Einsatz	Zusammenstellung WIEHE & RODE (2010) nach LWK (2008)

Wirkfaktor II.2: Bodenbedeckung

Der Wirkfaktor Bodenbedeckung hat einen direkten Einfluss auf den Boden. Eine dichte Pflanzendecke oder eine Mulchdecke schützen den Boden vor Wind- und Wassererosion (FRIELINGHAUS 1997; JORDAN et al. 2010; LINDSTROM & ARCHER 2003; NAWAZ et al. 2017). Indikatoren für die Erfassung und Bewertung der Bodenbedeckung sind der Bodenbedeckungsgrad und der Zeitpunkt der Bodenbedeckung. Die Indikatoren und Parameter zur Bewertung des Wirkfaktors Bodenbedeckung wurden WIEHE et al. (2010) und WIEHE & RODE (2010) entnommen (Tab. 1).

III. Wirkkomplex Bodenverdichtung

Unter Bodenverdichtung wird eine Beanspruchung des Bodens bezeichnet, die seine Regulationsfunktion dauerhaft negativ beeinträchtigt. Bodenverdichtung wird in erster Linie durch anthropogene Eingriffe in der Landwirtschaft verursacht. Wiederholtes Befahren mit mechanischen Ernte- und Transportmaschinen führt zu einer Verminderung des Volumens der beanspruchten Bodensäule. Drastisch reduziert wird dabei der Anteil an Makroporen, während Fein-poren zunehmen. Die Regulationsfähigkeit des Bodens, die unter anderem als Puffer, Speicher und Leiter für Wasser, Sauerstoff, Nähr- und Schadstoffe dient, wird stark vermindert. Damit werden sowohl die Lebensraum- als auch die Produktionsfunktion des Bodens negativ beeinträchtigt (ARVIDSSON & HÅKANSSON 2014; FRIELINGHAUS et al. 1999: 40; MÜLLER et al. 2006: 75; NAWAZ et al. 2013). Eine Verdichtung des Bodens durch die Landwirtschaft ist auf die Wirkfaktoren Maschineneinsatz und Bodenbearbeitung zurückzuführen (WIEHE et al. 2010).

Wirkfaktor III.1: Maschineneinsatz

Durch Transport von Erntegut oder Dünger mit schweren Landmaschinen wird die Struktur des Oberbodens beschädigt und das Porenvolumen negativ beeinflusst. Maschinen mit einem hohen Gewicht führen darüber hinaus auch zu einer Beeinträchtigung des Unterbodens, da sie eine stärkere Tiefenwirkung auf den Boden ausüben (BRUNOTTE et al. 2011; SCHJØNNING et al. 2015). Das Gesamtgewicht der Maschinen ist daher ein wesentlicher Indikator, um die potentielle Verdichtungswirkung zu bewerten (vgl. WIEHE et al. 2010: 28ff). Auch wiederholtes Befahren trägt insbesondere im Spurenbereich zu einer Verdichtung des Bodens bei, wobei die tiefer liegenden Bodenschichten umso stärker betroffen sind je häufiger die Fläche befahren wird (BRUNOTTE et al. 2011; NAWAZ et al. 2013). Ein weiterer Indikator zur Bewertung der Bodenverdichtungsgefährdung ist daher die Anzahl der Gesamteinsätze der landwirtschaftlichen Maschinen (WIEHE et al. 2010). Die Indikatoren und Parameter zur Bewertung des Wirkfaktors Maschineneinsatz wurden WIEHE et al. (2010) und WIEHE & RODE (2010) mit einer veränderten Skalierung entnommen (Tab. 1).

Wirkfaktor III.2: Bodenbearbeitung

Landwirtschaftlich bewirtschaftete Böden sind aufgrund der jeweiligen Bodenart und des entsprechenden Grobporenanteils im Boden unterschiedlich empfindlich gegenüber Bodenverdichtung. Zur Vermeidung von Bodenverdichtung ist eine bodenschonende Bearbeitung vorzuziehen. Die Bearbeitung mittels eines Pflugs ist eine intensiv wendende Bearbeitung. Der Boden wird dabei zunehmend geschädigt, da tief ins Bodengefüge eingegriffen wird (HARRACH 2010). Je nach Häufigkeit und Tiefe des Pflugeinsatzes kann in geringe, mittlere und hohe Bodenverdichtung unterschieden werden. Ebenfalls eine entscheidende Rolle spielt der Zeitpunkt der Bo-

denbearbeitung (KREITMAYR & BAUER 2006). Der Zeitpunkt und die Art der Bodenbearbeitung nehmen aufgrund der jahreszeitlich variierenden Witterungsverhältnisse und dem damit verbundenen, unterschiedlichen Wassergehalt im Boden unterschiedlich stark Einfluss auf die Bodenverdichtung. Dabei gilt, je feuchter ein Boden ist desto größer ist die Verdichtungsgefährdung (BRUNOTTE et al. 2011; HAMZA & ANDERSON 2005). Um das Ausmaß der Verdichtung abschätzen zu können, muss also geprüft werden, zu welcher Jahreszeit der Boden wie bearbeitet wird. Die Indikatoren System und Zeitpunkt der Bodenbearbeitung als zu erfassende Parameter zur Bewertung des Wirkfaktors Maschineneinsatz wurden mit einer veränderten Skalierung beim Zeitpunkt der Bodenbearbeitung WIEHE et al. (2010) und WIEHE & RODE (2010) entnommen (Tab. 1).

IV. Wirkkomplex Bodenumushaushalt

Humus besteht aus organischen Substanzen wie z. B. abgestorbenen Resten von Pflanzen. Die Humusbilanz gibt die Veränderungen der Menge der abgestorbenen organischen Stoffe im Boden bei unterschiedlicher Bewirtschaftung an. Dabei unterliegt der Humusgehalt einer ständigen Schwankung und beeinflusst physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften (ROGASIK et al. 2005: 51). Unter anderem trägt er dazu bei, die Speicher- und Pufferkapazität für Wasser, Nähr- und Schadstoffe zu verbessern. Ein größeres Nähr- und Schadstoffrückhaltevermögen wirkt sich positiv im Hinblick auf eine geringere Grundwasserbelastung aus. Darüber hinaus stabilisiert Humus das Bodengefüge und mindert die Erosion (ANGERS & CARTER 1996; GREGORICH et al. 1994; JORDAN et al. 2010). Je mehr organisches Material u. a. bei der Ernte auf der Fläche verbleibt oder der Fläche z. B. in Form von organischen Düngern zugeführt wird desto höher ist die Menge an Substanzen, die im Boden zu Humus verarbeitet werden können. Je intensiver andererseits die Bodenbearbeitung ist, desto effektiver werden organische Substanzen im Boden abgebaut (FRIELINGHAUS et al. 1999: 44; JORDAN et al. 2010; KAY & VAN DEN BYGAART 2002; NAWAZ et al. 2017). Daraus ergeben sich für den Wirkkomplex Humusgehalt als Wirkfaktoren die Biomasseentnahme, die Biomassezufuhr und die Bodenbearbeitung.

Wirkfaktor IV.1: Biomasseentnahme

Über die Bewirtschaftung der Flächen wirkt sich vor allem die Menge der auf der Fläche verbleibenden Erntereste auf die Humusbilanz aus. Je mehr Erntereste auf der Fläche verbleiben desto mehr Humus kann sich anreichern (JORDAN et al. 2010; c. f. KÖGEL-KNABNER 2002). Findet keine Ernte statt und verbleibt die gesamte Biomasse auf der Fläche, ist von einer positiven Humusbilanz und damit von einer Humusanreicherung auszugehen.

Wirkfaktor IV.2: Biomassezufuhr

Durch das Düngen werden dem Boden Nährstoffe hinzugefügt, welche den Pflanzen zur Verfügung stehen. Dabei steht die Art- und Zusammensetzung des Düngers unmittelbar in Relation mit dem Humusgehalt. Bei Wirtschafts- bzw. organischen Düngern wie Stallmist, Gülle oder Gärreste können die darin enthaltenen organischen Substanzen zur Stabilisierung des Humusgehaltes führen und zudem zur Humusbildung beitragen (LINDSTROM & ARCHER 2003; MÖLLER 2015). Durch Mineraldünger werden zwar die Defizite an Nährstoffen im Boden ausgeglichen. Jedoch hat diese Art von Dünger keinen Einfluss auf die Humusbildung (VDLUFA 2004).

Wirkfaktor IV.3: Bodenbearbeitung

Die Bearbeitung des Bodens hat einen erheblichen Einfluss auf das Bodenleben. Dadurch werden die biologischen Prozesse und folglich der Humusgehalt stark beeinflusst. Bei konventioneller Bodenbearbeitung wird durch Pflugeinsatz der Boden gewendet und aufgebrochen. Hierbei werden die organischen Reststoffe in den Boden eingearbeitet, sodass eine nahezu reststofffreie Oberfläche entsteht, die anfällig gegenüber Erosion ist (TEBRÜGGE 2003). Gleichzeitig wird der Abbau organischer Substanz gefördert (JORDAN et al. 2010; KAY & VAN DEN BYGAART 2002; NAWAZ et al. 2017). Bei der konservierenden Bodenbearbeitung wird auf Pflugeinsatz verzichtet. Dadurch wird das Bodenleben insgesamt gefördert, Nährstoffverlagerungen werden vermieden, ein intaktes Bodengefüge wird beibehalten und der Kohlenstoffgehalt des Bodens ist höher. Aus diesen Gründen wird die Humusbildung gefördert. Bei Verzicht auf Bodenbearbeitung werden der Humusgehalt und die Bodenstruktur am positivsten beeinflusst (HARRACH 2010; NAWAZ et al. 2017; TEBRÜGGE 2003).

2.3 Datenerhebung und -auswertung

Um die verschiedenen Blühstreifenvarianten in Ihrer Wirkung auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen untereinander und mit dem Maisanbau im Landkreis Rotenburg (Wümme) vergleichen zu können, wurden zu den im vorhergehenden Kapitel herausgearbeiteten Wirkfaktoren Daten zur Anlage und Bewirtschaftung der Flächenvarianten erhoben. Hierzu wurden Experteninterviews mittels eines Fragebogens als Gesprächsleitfaden mit geschlossenen und halboffenen Fragen geführt. Als Experten standen Dr. Hartmut Schröder, Geschäftsführer der Landvolkinitiative Bunte Felder e. V. und Dr. Heinz-Hermann Holsten, Vorsitzender der Jägerschaft Zeven e. V. zur Verfügung. Der Fragebogen wurde anhand der im vorhergehenden Kapitel (Kap. 2.2) herausgearbeiteten Indikatoren und Messparameter erstellt. Für die Bewertung der Wirkseite im Vergleich der verschiedenen Varianten zueinander werden die Ergebnisse aus dem Fragebogen den Stufen hoch, mittel, gering, keine Wirkung und positiv zugeordnet (vgl. Kap. 2.2).

3 Wirkungen unterschiedlicher Blühstreifenvarianten und von Maisanbau auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen

3.1 Wirkkomplex bezogene Bewertungen

I. Wirkkomplex Boden- und Grundwasserbelastung

Wirkfaktor I.1: Düngung

Die Blühstreifen der Jägerschaft Zeven werden nicht gedüngt, weshalb bei allen Indikatoren des Wirkfaktors Dünger keine Wirkung besteht.

Ebenso wie der Mais werden die Blühstreifenflächen der Initiative Bunte Felder vor der Aussaat im Zuge der Vorbereitung der Maisflächen „mitgedüngt“. Daher ist die Wirkung beim Indikator Zeitpunkt der Düngung bei beiden als hoch einzustufen (Tab. 2).

Die Blühstreifen der Initiative Bunte Felder werden in der Regel nur einmal vor der Aussaat gedüngt. Allerdings ist bei einzelnen Flächen nicht auszuschließen, dass sie auch bei allen folgenden Düngezeitpunkten mit dem benachbarten Mais mit gedüngt werden. Der Mais wird durchgängig dreimal gedüngt. Bleibt es bei den Blühstreifen der Initiative Bunte Felder wie empfohlen

bei einer einmaligen Düngung geht von dem Indikator Häufigkeit der Düngung nur eine geringe Wirkung aus. Da der Mais drei Düngergaben erhält, ist hier die Wirkung beim Indikator Häufigkeit der Düngung mit mittel einzuschätzen (Tab. 2).

Als Düngerart wird bei den Blühstreifenflächen der Initiative Bunte Felder Wirtschaftsdünger (standardmäßig Gärreste, vereinzelt Gülle) verwendet, dessen Wirkintensität als hoch bewertet wird. Gleiches gilt für den Mais. Der Wirtschaftsdünger wird bei den Blühstreifen der Initiative und beim Mais standardmäßig mit einem Schleppschlauch ausgebracht. Der Indikator Art der Ausbringung weist somit bei beiden auf Grund des gezielten Düngemiteleinsatzes eine geringe Wirkintensität auf.

Die untersuchten Blühstreifen, die aus unterschiedlich hochwüchsigen Arten mit unterschiedlichem Habitus bestehen (s. RODE et al. 2018; WIX 2018), haben die Eigenschaften einer Bestandskultur. Die Wirkintensität des Indikators Kulturart ist damit gering. Der Mais ist jedoch eine Reihenkultur. Daher ist die Wirkintensität hier als hoch einzustufen.

Tab. 2: Wirkungen der Blühstreifenvarianten und des Maisanbaus im Wirkkomplex Boden- und Grundwasserbelastung (■ Wirkung hoch; ■ Wirkung mittel; ■ Wirkung gering; ■ keine Wirkung).

Wirkkomplex Boden- und Grundwasserbelastung						
Wirkfaktor	Indikator	Parameter	Blühstreifen Bunte Felder (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (1,5-jährig)	Mais
Düngung	Düngemittel	Art und Zusammensetzung	hauptsächlich Wirtschaftsdünger	keine Düngung	keine Düngung	hauptsächlich Wirtschaftsdünger
	Häufigkeit der Düngung	Anzahl der Düngegaben	eine Düngergabe	keine Düngung	keine Düngung	drei Düngergaben
	Düngeverteilung Wirtschaftsdünger	Ausbringungstechnik	Schleppschlauch	keine Düngung	keine Düngung	Schleppschlauch
	Zeitpunkt der Düngung	Aufnahmebereitschaft nach Entwicklungsstand	vor der Aussaat	keine Düngung	keine Düngung	vor der Aussaat
	Kulturart		Bestandskultur	keine Düngung	keine Düngung	Reihenkultur
Pflanzenschutz	Häufigkeit des Pflanzenschutzes	Anzahl der Einsätze	kein Einsatz	kein Einsatz	kein Einsatz	zwei Einsätze
	Stoffgruppe	Wirkstoff	kein Einsatz	kein Einsatz	kein Einsatz	Herbizid
	Art des Pflanzenschutzes	Verfahren	kein Pflanzenschutz	kein Pflanzenschutz	kein Pflanzenschutz	chemisch

Wirkfaktor I.2: Pflanzenschutzmittel

Da auf den Blühstreifenflächen bei allen Varianten keine Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden, geht von ihnen keine Wirkung aus und die Wirkintensität ist bei allen Indikatoren - Art des Pflanzenschutzmittels, Stoffgruppe und Häufigkeit des Mitteleinsatzes - mit „keine Wirkung“ zu bewerten (Tab. 2). Beim Mais ist die Wirkintensität des Indikators Häufigkeit des Mitteleinsatzes bei zwei Einsätzen noch mit gering zu bewerten und die Indikatoren Art des Pflanzenschutzes (chemisch) und Stoffgruppe (Herbizid) mit hoch.

II. Wirkkomplex Bodenerosion

Wirkfaktor II.1: Bodenbearbeitung

Die Ackerflächen für den Mais und die Bereiche der Blühstreifen der Initiative Bunte Felder werden vor der Aussaat mit dem Pflug bearbeitet. Bei diesem Bearbeitungsgang wird der Boden gewendet. Durch dieses „System der Bodenbearbeitung“ wird die Erosionsgefahr auf diesen Flächen als hoch eingestuft (Tab. 3). Der Boden der Blühstreifen der Jägerschaft wird vor der Aussaat konservierend bearbeitet und damit nicht gewendet. Somit ist die Gefahr der Erosion hier im mittleren Bereich. Die Bodenbearbeitung aller Blühstreifen erfolgt im Frühjahr und ist spätestens Ende Mai abgeschlossen. Die Wirkintensität des Indikators Bodenbearbeitung wird daher als geringe Erosionsgefahr eingestuft. Die Maisfläche hingegen wird im Herbst erneut bearbeitet, wodurch eine hohe Erosionsgefahr besteht. Bei den Blühstreifen heben sich die 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft Zeven positiv ab, da sie im zweiten Standjahr im Frühjahr nicht bearbeitet werden und damit keine Wirkung eintritt.

Tab. 3: Wirkungen der Blühstreifenvarianten und des Maisanbaus im Wirkkomplex Bodenerosion

(■ Wirkung hoch; ■ Wirkung mittel; ■ Wirkung gering; ■ keine Wirkung).

Wirkkomplex Bodenerosion						
Wirkfaktor	Indikator	Parameter	Blühstreifen Bunte Felder (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (1,5-jährig)	Mais
Bodenbearbeitung	System der Bodenbearbeitung	Pflugeinsatz	wendend	konservierend	1. Jahr: konservierend 2. Jahr: keine Bearbeitung	wendend
	Häufigkeit der Bodenbearbeitung	Anzahl der Bearbeitungsgänge (Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung)	drei	ein	> 1 Jahr kein Bearbeitung	vier
	Zeitpunkt Grundbodenbearbeitung	KW/Monathälfte	Frühjahr	Frühjahr	> 1 Jahr keine Bearbeitung	Frühjahr und Herbst
Bodenbedeckung	Bodenbedeckungsgrad	Höchstmöglicher Anteil mit Vegetation bedeckter Fläche	> 50 %	> 50 %	> 50 %	> 50 %
	Zeitraum höchste Bodenbedeckung	Jahreszeit	geschlossen ab Sommer bis Frühjahr Folgejahr	geschlossen ab Sommer bis Frühjahr Folgejahr	ganzjährig geschlossen	geschlossen ab Sommer bis Herbst

Der Boden der Blühstreifen der Initiative Bunte Felder wird in der Vorbereitung der Aussaat dreimal und der Boden der Maisäcker im Jahresverlauf insgesamt vier Mal bearbeitet. Damit ergibt sich die Einstufung mittlere Gefährdung für die Blühstreifen der Initiative Bunte Felder und eine hohe Gefährdung beim Maisanbau. Der Boden der Flächen der überjährigen Blühstreifen der Jägerschaft wird seltener bearbeitet (Grubbern vor der Aussaat) und deshalb als gering wirkend im Hinblick auf die Bodenerosion eingestuft. Die 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft werden im Anlagejahr zwar ebenfalls einmal bearbeitet (Grubbern) im Frühjahr des Folgejahres aber nicht bearbeitet. Erst im Herbst des Folgejahres können nach der Ernte wieder Bodenbearbeitungen für die Folgekultur stattfinden. Damit wird der Boden mehr als ein Jahr nicht bearbeitet, so dass in diesem Zeitraum keine Wirkung eintritt.

Wirkfaktor II.2: Bodenbedeckung

Durch die vollständige oder weitgehende (> 50%) Schließung der Vegetationsdecke besteht bei allen Blühstreifen eine geringe Erosionsgefahr (Tab. 3). Da auch der Mais einen Bodenbedeckungsgrad von mehr als 50% entwickelt, ist hier die Erosionsgefährdung ebenfalls nur gering.

Die überjährigen Blühstreifen der Initiative und der Jägerschaft werden im Mai ausgesät und bis Februar des Folgejahres stehen gelassen. Die erosionsgefährdeten Herbst- und Wintermonate werden überbrückt, wodurch von diesen Blühstreifen eine mittlere Wirkung auf die Erosion ausgeht. Die 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft bleiben bis zum Herbst des Folgejahres bestehen. Damit ist die erosionsfördernde Wirkung bei Ihnen mehr als ein Jahr nur gering. Der Mais wird im Frühjahr gesät und im Herbst geerntet. Auf den Maisäckern besteht daher eine hohe erosionsfördernde Wirkung.

III. Wirkkomplex Bodenverdichtung

Wirkfaktor III.1: Maschineneinsatz

Die Wirkintensität des Indikators Gesamtmaschinengewicht pro Kulturdauer wird bei den Blühstreifen der Initiative Bunte Felder und bei beiden Blühstreifenvarianten der Jägerschaft Zeven als gering eingestuft, da dort das Gesamtmaschinengewicht pro Kulturdauer weniger als 100 Tonnen beträgt (Tab. 4). Im Unterschied zum Maisanbau entfallen hier die Ernte und zumindest während der Bestandsdauer der Pflanzenschutz und die Düngung. Bei den 1,5-jährigen Blühstreifen findet nach der Anlage im Frühjahr bis zur Ernte im Herbst des Folgejahres keine weitere Überfahrt statt, sofern wie empfohlen am Ende der ersten Vegetationsperiode auf Mulchen verzichtet wird. Daher wird hier der Boden mehr als ein Jahr lang nicht befahren. Beim Mais beträgt das Gesamtmaschinengewicht hingegen zwischen 100-119 Tonnen, weshalb sich eine mittlere Wirkintensität des Indikators ergibt.

Die Anzahl der Überfahrten beträgt bei allen untersuchten Blühstreifenvarianten weniger als zehn pro Jahr. Die Wirkintensität des Indikators wird hier als gering eingestuft. Am geringsten ist die Zahl der Überfahrten bei den 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft (sehr gering), da hier im Frühjahr des zweiten Jahres die Bodenbearbeitung, die Saatbettbereitung und die Aussaat entfallen. Damit werden die Flächen über ein Jahr nicht befahren. Beim Mais kommen im Vergleich zu den überjährigen Blühstreifen unter anderem Überfahrten für den Pflanzenschutz und die Düngung während der Kulturdauer sowie für die Ernte hinzu. Damit liegt die Zahl der Überfahrten beim Maisanbau bei 10 bis 14 Einsätzen, so dass sich eine mittlere Wirkintensität ergibt.

Tab. 4: Wirkungen der Blühstreifenvarianten und des Maisanbaus im Wirkkomplex Bodenverdichtung
 (■ Wirkung hoch; ■ Wirkung mittel; ■ Wirkung gering; ■ keine Wirkung).

Wirkkomplex Bodenverdichtung						
Wirkfaktor	Indikator	Parameter	Blühstreifen Bunte Felder (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (1,5-jährig)	Mais
Maschineneinsatz	Gesamtmaschinengewicht	Summe der Leergewichte aller Arbeitsgänge	< 100 t	< 100 t	> 1 Jahr keine Überfahrt	100 – 120 t
	Häufigkeit des Befahrens pro Jahr	Anzahl der Einsätze	5 bis 6 Einsätze	3 bis 4 Einsätze	> 1 Jahr keine Überfahrt	10 bis 14 Einsätze
Bodenbearbeitung	System der Grundbodenbearbeitung	Pflugeinsatz	wendend	konservierend	1. Jahr: konservierend 2. Jahr: keine Bearbeitung	wendend
	Zeitpunkt Grundbodenbearbeitung	KW/Monathälfte	Frühjahr	Frühjahr	> 1 Jahr keine Bearbeitung	Frühjahr und Herbst

Wirkfaktor III.2: Bodenbearbeitung

Die Wirkintensität des Indikators System der Bodenbearbeitung wird bei den Blühstreifen der Initiative Bunte Felder und dem Mais als hoch eingestuft, da hier jeweils eine konventionelle Bodenbearbeitung durchgeführt wird (Tab. 4). Bei den beiden Blühstreifenvarianten der Jägerschaft wird hingegen eine konservierende Bodenbearbeitung betrieben. Demnach liegt bei den überjährigen Blühstreifen der Jägerschaft eine mittlere Wirkintensität des Indikators vor. Bei den 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft findet die konservierende Bodenbearbeitung nur im Ansaatjahr statt, so dass über die gesamte Kulturdauer nur von einer geringen Wirkung ausgegangen werden kann.

Der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung liegt bei allen Blühstreifentypen im Frühling und hat daher nur eine geringe Wirkintensität. Besonders gering ist die Wirkung dieses Indikators bei den 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft, da bei ihnen die Bodenbearbeitung im zweiten Standjahr entfällt und der Boden auf diesen Flächen daher über ein Jahr nicht bearbeitet wird. Beim Maisanbau findet neben dem Frühjahr auch eine Bodenbearbeitung im Herbst statt. Dies führt zu einer hohen Wirkintensität des Indikators beim Maisanbau.

IV. Wirkkomplex Bodenhumusgehalt

Wirkfaktor IV.1: Biomasseentnahme

Bei allen Blühstreifen verbleibt die produzierte Biomasse auf dem Feld und wird nach dem Ende der Kultur eingearbeitet. Damit ist davon auszugehen, dass eine Humusanreicherung stattfindet. Beim Maisanbau wird nahezu die gesamte oberirdische Biomasse entnommen, so dass keine Humusanreicherung stattfinden kann (Tab. 5).

Wirkfaktor IV.2: Biomassezufuhr

Beide Blühstreifenvarianten der Jägerschaft werden nicht gedüngt, so dass von der Düngung keine Wirkung ausgeht. Die Blühstreifen der Initiative Bunte Felder sowie der Mais werden im

Wesentlichen mit Gärresten, z. T. auch mit Gülle gedüngt. Hierdurch werden beiden Flächen über die Düngung organische Stoffe zugeführt, die zum Aufbau von Humus im Boden beitragen können.

Wirkfaktor IV.3: Bodenbearbeitung

Die Blühstreifen der Jägerschaft werden nicht gepflügt, sondern vor der Einsaat nur gegrubbert, sodass die Bodenbearbeitung nur einen mittleren Einfluss auf das Bodenleben und somit auf die Humusbildung hat. Die Böden der 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft bleiben nach der Anlage bis zum Herbst des Folgejahres unbearbeitet. Daher ist bei diesen Flächen insgesamt nur von einer geringen Beeinträchtigung des Bodenhumusgehaltes durch Bodenbearbeitung auszugehen. Da die Bodenbearbeitung beim Mais und bei den Blühstreifen der Initiative Bunte Felder konventionell, d. h. wendend mit Pflugeinsatz erfolgt, ist hier von einer Förderung des Humusabbaus und damit von einer hohen negativen Wirkung auf die Humusgehalte auszugehen.

Tab. 5: Wirkungen der Blühstreifenvarianten und des Maisanbaus im Wirkkomplex Bodenhumusgehalt
 (■ Wirkung negativ; ■ Wirkung mittel; ■ keine Wirkung; ■ leicht positive Wirkung; ■ positive Wirkung).

Wirkkomplex Humusgehalt						
Wirkfaktor	Indikator	Parameter	Blühstreifen Bunte Felder (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (überjährig)	Blühstreifen Jägerschaft (1,5-jährig)	Mais
Biomasseentnahme	Erntereste	Entnahmemengen an Biomasse	keine Entnahme	keine Entnahme	keine Entnahme	Entnahme fast der gesamten oberirdischen Biomasse
Biomassezufuhr	Düngemittel	Art und Zusammensetzung	fast ausschließlich Wirtschaftsdünger	keine Düngung	keine Düngung	fast ausschließlich Wirtschaftsdünger
Bodenbearbeitung	System der Bodenbearbeitung	Pflugeinsatz	wendend	konservierend	> ein Jahr keine Bodenbearbeitung	wendend

3.2 Zusammenfassende Bewertung

In der Gesamtbewertung der Wirkung auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen schneiden die Blühstreifen der Jägerschaft am positivsten ab. Das gilt für alle untersuchten Wirkkomplexe. Besonders hervorzuheben ist dabei die positive Wirkung der Blühstreifen der Jägerschaft im Hinblick auf die Boden- und Grundwasserbelastung, da sie nicht gedüngt werden. Vor allem die Blühstreifenvarianten der Jägerschaft können damit zur Minderung der Boden- und Grundwasserbelastung beitragen. In Bezug auf die Grundwasserbelastung und damit auf die Wasserdargebotsfunktion ist dieser Effekt vom Anteil an Blühstreifen und Blühflächen an der Ackerfläche abhängig.

Eine geringere Bodenbearbeitung als bei den Blühstreifen der Initiative bedeutet bei den Blühstreifen der Jägerschaft auch einen erheblich besseren Schutz gegenüber Bodenerosion und Bodenverdichtung, wodurch die natürliche Ertragsfunktion der Böden bewahrt und sogar verbessert wird. Bei allen Blühstreifenvarianten trägt zudem der lange Zeitraum der Bodenbedeckung zu einer weiteren positiven Wirkung auf den Schutz vor Bodenerosion im Vergleich zum Maisanbau bei. Alle genannten positiven Wirkungen fallen bei den 1,5-jährigen Blühstreifen

der Jägerschaft am höchsten aus. So wird die Winderosionsgefährdung durch die 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft aufgrund des längeren Zeitraumes der Bodenbedeckung im Vergleich aller Blühstreifenvarianten am stärksten herabgesetzt. Etwas schwächer winderosionshemmend wirken die überjährigen Blühstreifen der Jägerschaft durch den kürzeren Bodenbedeckungszeitraum. Den geringsten Schutz gegen Winderosion aller Blühstreifenvarianten zeigen die Blühstreifen der Initiative. Diese sind aufgrund der wendenden Bodenbearbeitung vor dem Bestandesschluss stärker erosionsgefährdet.

Bei der Verminderung der Gefährdung durch Wassererosion gegenüber dem Maisanbau schneiden ebenfalls die 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft am besten ab. Neben der langen Zeit der Bodenbedeckung erfolgt bei beiden untersuchten Blühstreifenvarianten der Jägerschaft eine nicht wendende Bodenbearbeitung. Dies trägt unter anderem dazu bei, dass Erntestereste auf der Fläche verbleiben und nicht in den Boden eingearbeitet werden. Erntestereste verringern die Aufprallenergie des Wassers und wirken so der Wassererosion entgegen (SCHMIDT 2015). Des Weiteren werden bei einer wendenden Bodenbearbeitung, wie sie bei den Blühstreifen der Initiative durchgeführt wird, die natürlichen Strukturen des Bodens zerstört, wodurch das Regenwasser schlechter in den Boden absickern kann und oberirdisch abfließt (TEBRÜGGE 2003).

Verglichen mit dem Maisanbau ist die Gefährdung der Bodenverdichtung bei den Blühstreifenvarianten der Jägerschaft und hier vor allem bei den 1,5-jährigen Blühstreifen am stärksten vermindert, da sie weniger Überfahrten verbunden mit einem geringeren Gesamt-Maschinengewicht während der Kulturdauer ausgesetzt sind als die Maisanbauflächen. Die Blühstreifenflächen der Initiative werden konventionell im Frühjahr bearbeitet, wodurch sich im Vergleich zu den konservierend bearbeiteten Böden der Blühstreifen der Jägerschaft ein höheres Bodenverdichtungspotential ergibt, das aber immer noch unter dem des Maisanbaus liegt. Grundsätzlich können damit Blühstreifen die Bodenverdichtungsgefährdung minimieren, doch unterscheiden sich die Wirkungen sehr in Abhängigkeit von der Bestandsdauer der Blühstreifen und insbesondere von der Anzahl und Art der auf ihnen durchgeführten Arbeitsgänge.

Die längere Bestandsdauer mit einem damit verbundenen längeren Verzicht auf Entnahme der oberirdischen Biomasse und auf Bodenbearbeitung wirkt sich besonders bei den 1,5-jährigen Blühstreifen der Jägerschaft positiv auf die Humusbildung aus. Dabei ist durch das Belassen des Aufwuchses auf allen Blühstreifenflächen mit einer Humusmehrung zu rechnen. Bei den Blühstreifen der Initiative wirkt jedoch die konventionelle, wendende Bodenbearbeitung vor der Anlage der Blühstreifen diesem positiven Effekt entgegen.

4 Diskussion der Wirkung von Blühstreifen auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen und ihre Kompensationseignung

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Bewertung der potentiellen Wirkung von Blühstreifen auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen und Grundwasserbelastung ein deutliches Potenzial von Blühstreifen zur Aufwertung von Ackerböden. Dabei sind die Wirkungen der unterschiedlichen Blühstreifenvarianten zum einen von der Intensität der Kulturmaßnahmen vor der Aussaat und der Bewirtschaftung der Flächen während ihrer Bestandsdauer abhängig.

So ist bei der Saatbettvorbereitung eine nicht wendende Bodenbearbeitung zu empfehlen, da sie dazu beiträgt, dass Erntestereste der vorhergehenden Kultur auf der Fläche verbleiben und so der Wind- und Wassererosion entgegengewirkt wird (JORDAN et al. 2010; LINDSTROM & ARCHER 2003; NAWAZ et al. 2017). Auch werden dadurch die Bodenstruktur, der Humusgehalt und die

Wasserspeicherkapazität des Bodens verbessert, wodurch auch die Retentionsfähigkeit der Flächen gefördert wird (HARRACH 2010; NAWAZ et al. 2013; RASMUSSEN & COLLINS 1991; TEBRÜGGE 2003). Ein erhöhter Humusgehalt trägt außerdem in allen Böden dazu bei, die Speicher- und Pufferkapazität für Nähr- und Schadstoffe zu verbessern. Ein größeres Nähr- und Schadstoffrückhaltevermögen wirkt sich positiv auf die Verminderung der Grundwasserbelastung aus (FRIELINGHAUS et al. 1999: 44; KEESSTRA et al. 2012; POWER 2010; VEREECKEN et al. 2016: 14f).

Um positive Effekte von Blühstreifen auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen zu fördern ist eine frühzeitige Festlegung der konkreten Blühstreifenflächen erforderlich. So ergibt sich eine geringere positive Wirkung auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen bei den Blühstreifen der Initiative Bunte Felder im Vergleich zu denen der Jägerschaft aus einer späten Auswahl der konkreten Blühstreifenflächen. Die Auswahl der Blühstreifenflächen der Initiative Bunte Felder erfolgt erst mit der Maisaussaat, der dann die Ansaat auf den Blühstreifen folgt. Aus diesem Grund werden die Blühstreifenflächen ebenso vorbehandelt wie der für den Maisanbau vorgesehene Teil des Schlages. Bodenbearbeitung und Düngung finden damit auch auf den Blühstreifenflächen der Initiative Bunte Felder in gleicher Intensität statt wie bei den Maisflächen des gleichen Schlages. Eine Festlegung der Blühstreifenflächen vor den ersten Arbeiten auf dem Schlag böte wie bei den Blühstreifen der Jägerschaft die Chance, diese von einer wendenden Bodenbearbeitung und der Düngung auszunehmen. Auch während der gesamten Kulturdauer sollten die Blühstreifen vom Einsatz von Betriebsmitteln ausgenommen werden. Dies verringert das Risiko einer Nährstoff- und Schadstoffauswaschung erheblich. Gleiches gilt für einen Verzicht auf (Mit)Bewässerung der Blühstreifen.

Der Verzicht auf den Einsatz von Betriebsmitteln und auf das Abernten des Aufwuchses bedingt bei allen Blühstreifen eine erhebliche Verringerung der Anzahl der Überfahrten im Vergleich zur herkömmlichen Ackernutzung. Häufige Überfahrten mit schwerem Gerät beeinträchtigen zunehmend die Bodenstruktur und führen zu einer Verringerung des Porenvolumens. Als Folge stellt sich eine Verdichtung des Bodens ein (BRUNOTTE et al. 2011; SCHJØNNING et al. 2015). Je weniger Überfahrten stattfinden und je geringer das dabei auftretende Gesamtmaschinengewicht sind desto geringer ist die Verdichtungsgefahr (NAWAZ et al. 2013; WIEHE & RODE 2010; WIEHE et al. 2010). Wie stark eine tatsächliche Bodenverdichtung eintritt variiert je nach vorherrschender Bodenart (ALAKUKKU & ELONEN 1995; WIEHE et al. 2010). Generell ist aber bei der Anlage von Blühstreifen zu empfehlen, häufige Überfahrten während der Kulturdauer zu vermeiden. Wird eine Verminderung der Bodenverdichtung angestrebt, ist es zudem ratsam, die Saadmischungen daraufhin zu untersuchen, in welchem Maß das Wurzelwerk der Pflanzen den Boden auflockern kann.

Eine ungleich stärkere positive Wirkung auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen im Vergleich zum konventionellen und teils auch zum ökologischen Ackerbau ergibt sich vor allem aus der Länge der Bestandesdauer. Dabei gilt: Je länger die Bestandesdauer und je geringer der Betriebsmitteleinsatz eines Blühstreifens, desto positiver wirkt er sich aus. Durch den Nutzungs-, PSM- und Düngeverzicht werden der Eintrag von Nähr- und Schadstoffen, Bodenverdichtung durch eine gegenüber der sonstigen Nutzung von Ackerflächen markant verringerten Anzahl an Überfahrten und eine nutzungsbedingte Bodenumlagerung vermieden. Eine lange Bodenbedeckung wirkt sich positiv auf die Wind- und Wassererosion aus (FRIELINGHAUS 1997; JORDAN et al. 2010; LINDSTROM & ARCHER 2003; NAWAZ et al. 2017; SCHMIDT 2015). Das gilt umso mehr, wenn bei der Anlage und bei eventuellen Nach- und Neueinsaaten auf der Fläche keine wendende Bodenbearbeitung stattfindet (NEARING et al. 2005). Dabei wird die Wind- und Was-

sererosion nicht nur auf den eigentlichen Blühstreifenflächen sondern auch auf den angrenzenden ackerbaulich genutzten Arealen vermindert (BÖRJESSON 1999; POWER 2010).

Indem zum einen die Bestandesdauer der Blühstreifen verlängert und zum anderen gänzlich auf Bodenbearbeitung auf den Flächen verzichtet wird, verbessert sich auch die Humusmehrung im Boden. Um eine möglichst positive Wirkung auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen zu erhalten, sollten Blühstreifen daher über einen möglichst langen Zeitraum auf der Fläche bestehen bleiben. Eignen würde sich dafür wie beim untersuchten Blühstreifentyp der Jägerschaft Zeven ein Zeitraum von 1,5 und mehr Jahren. Allerdings unterliegen mehrjährige Blühstreifen der allmählichen Sukzession und die Bestandesdichte und der Grasanteil nehmen selbst bei jährlicher Herbstmahd und vor allem beim Mulchen zu. Hierdurch und durch das Auflaufen und die Vermehrung von Unkräutern nimmt die Konkurrenz für die Blühpflanzen zu und deren Aufwachsen wird erschwert (ALBERT 1989; KNAB 1988; MUCHOW et al. 2007: 64f). Um ihre Lebensraumfunktion für Ackerbegleitarten zu erfüllen, müssen Blühstreifen nach drei bis fünf Jahren entweder nachgesät oder bei Unkrautdruck umgebrochen werden. Bei Umbruch muss eine Neueinsaat auf derselben oder (bei starkem Unkrautdruck) auf einer anderen Fläche erfolgen (GÖDECKE et al. 2014). Aus diesem Grund sind die positiven Wirkungen auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen auch bei 1,5- bis mehrjährigen Blühstreifen etwas schwächer anzusetzen als bei Maßnahmen, durch die eine Dauerbestockung erreicht wird und bei denen keine Düngung und kein PSM-Einsatz erfolgt (bspw. Hecke oder Staudensaum). Wird bei der Anlage und der gesamten Bestandesdauer von Blühstreifen auf PSM und Düngerezufuhr verzichtet, sind 1,5 Jahre und länger bestockte Blühstreifen in Bezug auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen aber mit extensiv bewirtschafteten, mäßig gedüngten Dauerkulturen und Grünland zu vergleichen.

Wie stark die Wirkung von Blühstreifen auf die bodengebundenen Landschaftsfunktionen ist hängt neben der Ausgestaltung von Anlage und Pflege gleichermaßen von der Empfindlichkeit der jeweiligen Landschaftsfunktionen auf der konkreten Blühstreifenfläche ab (s. Abb. 1). So sind die Geestbereiche im untersuchten Landkreis Rotenburg (Wümme) auf Grund der dort vorherrschenden sandigen Böden winderosionsanfällig. Die Gefahr der Wassererosion steigt mit zunehmender Hangneigung. Hier können Blühstreifen durch eine ganzjährige Bodenbedeckung bei gleichzeitigem Verzicht auf wendende Bodenbearbeitung vor der Anlage zur Erosionsminderung beitragen (vgl. NEARING et al. 2005). In hängigem Gelände wird die Wirkung zum Schutz vor Wassererosion besonders effektiv, wenn die Blühstreifen quer zum Hang angelegt werden. Die Schutzwirkung erfasst vor allem dann auch die benachbarten Ackerbereiche. Entlang von Gewässern oder nährstoffsensiblen Biotopen wird damit auch der Eintrag von Nährstoffen in diese Bereiche effektiv vermindert (BERGER et al. 2003; FRIELINGHAUS 1996; HADDAWAY et al. 2016; MARSHALL & MOONEN 2002). Zudem bieten Mulchsaaten bis zum Auflaufen der Blühstreifen weiteren Schutz (JORDAN et al. 2010), wobei jedoch zu beachten ist, dass zu dichte Mulchdecken das Auflaufen von Lichtkeimern und das Anfangswachstum der Arten der Aussaatmischung und mehr noch der Ackerbegleitflora be- oder verhindert (MEINDL et al. 2012).

Anders als bei der Bodenerosion sind die sandreichen Geestböden im Landkreis Rotenburg (Wümme) nur wenig verdichtungsgefährdet. Beeinflusst wird die Verdichtungsgefährdung durch die Bodenart und durch die Stabilität der Bodenstruktur. Bodenpartikel eines feuchten Bodens lassen sich gegeneinander leichter verschieben und sind weniger stabil als Partikel eines trockenen Bodens (BRUNOTTE et al. 2011; HAMZA & ANDERSON 2005). Ein sandiger Boden ist demnach unempfindlicher gegenüber Bodenverdichtung als schluffig-tonige Böden (u. a. ALAKUKKU & ELONEN 1995). Auch organische Böden, wie sie im Untersuchungsraum häufiger

anzutreffen sind, reagieren empfindlich auf Bodenverdichtung (u. a. ALAKUKKU & ELONEN 1995). Hier kann mit der Anlage von 1,5- bis mehrjährigen Blühstreifen der Bodenverdichtung entgegengewirkt werden, sofern sie während der Kulturdauer möglichst nicht überfahren werden und der Boden zuvor konservierend oder bestenfalls nicht bearbeitet wird. Zudem kann auf tonigen Böden die Bodenstruktur durch die Anreicherung organischer Substanz und eine Aktivierung des Bodenlebens verbessert werden (WRATTEN et al. 2012).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Blühstreifen zur Verbesserung der natürlichen Ertragsfunktion, der Wasserdargebotsfunktion und der Retentionsfunktion des Bodens optimal eingesetzt werden können solange sie nicht gedüngt, nicht bewässert und nicht mit Pflanzenschutzmitteln behandelt werden. Außerdem ist erstrebenswert, eine konservierende Bodenbearbeitung auf den Flächen zu betreiben und die Überfahrten auf ein Minimum zu reduzieren. Dabei ist es hilfreich, die Flächen, auf denen Blühstreifen angelegt werden sollen, möglichst frühzeitig festzulegen. All diese Effekte werden durch eine lange Bestandsdauer ($\geq 1,5$ -jährig) optimiert.

Dank

Ein ganz herzlicher Dank gilt allen, die die Realisierung der Forschungsarbeiten ermöglicht und die Untersuchungen unterstützt haben. Für die finanzielle Unterstützung dankt das Institut für Umweltplanung dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung. Unser besonderer Dank gilt dort Herrn Dr. Gerd Höher und Herrn Theo Lührs von der Abteilung Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergie. Ebenso sehr ist an Herrn Jürgen Cassier und Herrn Rainer Rahlfs vom Amt für Naturschutz und Landschaftspflege des Landkreises Rotenburg (Wümme) für die sehr gute Zusammenarbeit Dank zu richten. Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dr. Hartmut Schröder für die Beantwortung der Fragen zur Bewirtschaftung der Blühstreifen der Initiative Bunte Felder e.V. und Dr. Heinz-Hermann Holsten, Vorsitzender der Jägerschaft Zeven e.V., für die Beantwortung der Fragen zur Bewirtschaftung der Flächen der Jägerschaft. Ebenso ist Herrn Mathias Holsten (Obmann für Naturschutz) von der Jägerschaft Rotenburg (Wümme) e.V. für ergänzende Informationen zur Bewirtschaftung der Blühstreifen der Jägerschaft Dank zu sagen. Ohne ihre Auskünfte zur Bewirtschaftung der Blühstreifen wäre dieser Teil des Forschungsvorhabens nicht möglich gewesen.

Ein ganz besonderer Dank gilt allen Studierenden des Bachelorstudiengangs Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, die im Rahmen eines Studienprojektes (KERN et al. 2014) wesentlich zum Gelingen des bodenbezogenen Teils des Forschungsprojektes beigetragen haben: Gamze Gökmen, Amanda Grobe, Celia Kern, Melanie Klöpffer, Laura Taukel, Lena Wrede.

5 Quellenverzeichnis

- ALAKUKKU, L. & ELONEN, P. (1995): Long-term effects of a single compaction by heavy field traffic on yield and nitrogen uptake of annual crops. *Soil and Tillage Research* 36, 3–4: 141-152.
- ALBERT, H. (1989): Untersuchungen zur Veränderung der Segetalflora an sieben bayerischen Ackerstandorten zwischen den Erhebungszeiträumen 1951/68 und 1986/1988. *Dissertationes Botanicae* 141: 201 S. J. Cramer - Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Berlin/Stuttgart.
- ANGERS, D. A. & CARTER, M. R. (1996): Aggregation and organic matter storage in cool, humid agricultural soils. In: CARTER, M. R. & STEWART, B. A. (EDS): *Advances in Soil Sciences - Structure and organic matter storage in agricultural soils*, pp 193-211. CRC Lewis Publishers, New York – London.
- ARVIDSSON, J. & HÅKANSSON, I. (2014): Response of different crops to soil compaction - Short-term effects in Swedish field experiments. *Soil and Tillage Research* 138: 56-63.
- BERGER, G., PFEFFER, H., KÄCHELE, H., ANDREAS, S. & HOFFMANN, J. (2003): Nature protection in agricultural landscapes by setting aside unproductive areas and ecotones within arable fields ("Infield Nature Protection Spots"). *J. Nat. Conserv.* 11: 221-233.
- BNATSCHG (2010): Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG 2010) vom 29. Juli 2009, BGBl. I S. 2542-2579.
- BÖRJESSON, P. (1999): Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden I: Identification and quantification. *Biomass and Bioenergy* 16: 137-154.
- BRUNOTTE, J., VORDERBRÜGGE, T., NOLTING, K. & SOMMER, C. (2011): Teil IV: Ein praxisorientierter Lösungsansatz zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen. *Landbauforschung – vTi, Agriculture and Forestry Research* 61 (1): 51-70.
- BÜNEMANN, E. K., SCHWENKE, G. D. & VAN ZWIETEN, L. (2006): Impact of agricultural inputs on soil organisms - a review. *Australian Journal of Soil Research* 44 (4): 379-406.
- DIN 19706 (2004): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. Normausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN - Deutsches Institut für Normung e.V., 15 S. Berlin.
- FRAMPTON, G. K., JÄNSCH, S., SCOTT-FORDMAND, J. J., RÖMBKE, J. & VAN DEN BRINK, P. J. (2006): Effects of pesticides on soil invertebrates in laboratory studies: A review and analysis using species sensitivity distributions. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25 (9): 2480–2489.
- FRIELINGHAUS, M. (1996): Extensivierung der Landnutzung und Vertragsnaturschutz im Einzugsgebiet von Söllen, dargestellt am Beispiel der Sölleketten Lietzen/Döbberin. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg, Sonderheft*: 18-21.
- FRIELINGHAUS, M. (HRSG.) (1997): Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. In: ZALF (Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung e. V.) (Hrsg.): *ZALF-Berichte*, 4 S., Müncheberg.
- FRIELINGHAUS, M., BEESE, F., ELLERBROCK, R., MÜLLER, L. & ROGASIK, H. (1999): Risiken der Bodennutzung und Indikation von schädlichen Bodenveränderungen in der Gegenwart. In: BUCHWALD, K. & ENGELHARDT, W. (Hrsg.): *Schutz des Bodens*. 157 S., Economica Verlag, Bonn.
- GEIER, U., FRIEBEN, B., HAAS, G., MOLKENTHIN, V. & KÖPKE, U. (1998): *Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft - Umweltrelevanz verschiedener Produktionsweisen, Handlungsfelder*

- Hamburger Umweltpolitik. Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau Teil 1. Landwirtschaft, 243 S. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- GÖDECKE, K., SCHWABE, M., BÄRWOLFF, M., MARSCHALL, K., HERING, T., DEGNER, J., HOCHBERG, H., MAIER, U. & DRUCKENBROD, C. (2014): Eingriffsregelung und landwirtschaftliche Bodennutzung - Aufwertung durch Nutzung - Modellvorhaben zur innovativen Anwendung der Eingriffsregelung. THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Abschlussbericht eines DBU-Vorhabens, aufgerufen am 21.01.2016. <http://bibliothek.dbu.de/libero/WebOpac.cls?VERSION=2&ACTION=DISPLAY&RSN=400017281&DATA=DBU&TOKEN=FCr51xSixX6443&Z=1&SET=3>.
- GOULET, H. & MASNER, L. (2017): Impact of herbicides on the insect and spider diversity in eastern Canada. *Biodiversity* 18(2-3): 50-57.
- GREGORICH, E. G., MONREAL, C. M., CARTER, M. R., ANGERS, D. A. & ELLERT, B. (1994): Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian journal of soil science* 74(4): 367-385.
- HAAREN, C. v. (Hrsg.) 2004: Landschaftsplanung. 527 S., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HADDAWAY, N. R., BROWN, C., EGGERS, S., JOSEFSSON, J., KRONVANG, B., RANDALL, N. & UUSIKÄMPPI, J. (2016): The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields - a systematic map protocol. *Environmental Evidence* 5(1): 18, 11 S., doi.org/10.1186/s13750-016-0067-6:
- HAMZA, M. A. & ANDERSON, W. K. (2005): Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and tillage research* 82(2): 121-145.
- HARRACH, T. (2010): Schutz der Ackerböden vor Verdichtung und Erosion durch reduzierte Bodenbearbeitung und Förderung der Regenwurmaktivität - Grundzüge eines Leitbildes „Anzustrebendes Bodengefüge“. *Berichte der DBG*, zuletzt aufgerufen am 30.01.2018, <http://eprints.dbges.de/id/eprint/494>.
- HEGE, U., PERETZKI, F., DEMMEL, M. & NESER, S. (2006): Pflanzenernährung und Düngung - Verfahrenstechnik. In: MUNZERT, M. & FRAHM, J. (HRSG.): *Pflanzliche Erzeugung*, S. 191-302. BLV, München.
- JAKAB, G., MADARÁSZ, B., SZABÓ, J. A., TÓTH, A., ZACHÁRY, D., SZALAI, Z., KERTÉSZ, A. & DYSON, J. (2017): Infiltration and soil loss changes during the growing season under ploughing and conservation tillage. *Sustainability*, 9(10), 1726, 13 S., doi:10.3390/su9101726
- JORDAN, A., ZAVALA, L. M. & GIL, J. (2010): Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, 81(1), 77-85.
- KANG, J., AMOOZEGAR, A., HESTERBERG, D. & OSMOND, D. L. (2011): Phosphorus leaching in a sandy soil as affected by organic and inorganic fertilizer sources. *Geoderma* 161 (3-4): 194-201.
- KAY, B. D. & VAN DEN BYGAART, A. J. (2002): Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research* 66(2): 107-118.
- KEESSTRA, S. D., GEISSEN, V., MOSSE, K., PIIRANEN, S., SCUDIERO, E., LEISTRA, M. & VAN SCHAIK, L. (2012): Soil as a filter for groundwater quality. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 4 (5): 507-516.
- KERN, C., KLÖPPER, M., WREDE, L., TAUKE, L., GÖKMEN, G. & GROBE, A. (2014): Bewertung und Optimierung von Blühstreifen im Hinblick auf deren Kompensationseignung für bodengebundene Landschaftsfunktionen. Unveröff. Bericht eines Studienprojektes im BSc Landschaftsarchitektur und Umweltplanung am Institut für Umweltplanung. 83 S.

- KNAB, W. (1988): Auswirkung wendender und nichtwendender Grundbodenbearbeitung auf die Verunkrautung in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Unkrautbekämpfung. Dissertation am Institut für Phytomedizin der Universität Hohenheim. 144 S.
- KÖGEL-KNABNER, I. (2002): The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* 34(2): 139-162.
- KREITMAYR, J. & BAUER, R. (2006): Bodenbearbeitung. In: MUNZERT, M. & FRAHM, J. (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung, S. 93-122. BLV, München.
- LANGENBERG, J. & THEUVSEN, L. (2016): Zentralisation des Flächenmanagements: Ein Beitrag zu einer effizienteren Flächennutzung. BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Berichte über Landwirtschaft – Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Bd. 94/1, 29 S., zuletzt aufgerufen am 24.01.2018, <http://buel.zadi.de/index.php/buel/article/view/102/Langenberg.pdf>.
- LINDSTROM, M. J. & ARCHER, D. W. (2003): Crop residue management in the United States. In: ARTMANN, R. & BOCKISCH, F.-J. (Hrsg.): Nachhaltige Bodennutzung – aus technischer, pflanzlicher, ökologischer und ökonomischer Sicht. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, Landbauforschung Voelkenrode, Sonderheft 256: 11-16.
- LWK (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2006): Gewässerschonende Landwirtschaft vor dem Hintergrund der Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie. aufgerufen am: 24.01.14., http://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/22998/Broschüre_Gewaesserschonende_Landbewirtschaftung_vor_dem_Hintergrund_der_Anforderungen_der_WRRL.pdf.
- LWK (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2008): SUNREG I. Abschlussbericht zum Modellvorhaben Querschnittsprojekt SUNREG I, 84 S., unveröffentlicht.
- MARSHALL, E. J. P. & MOONEN, A. C. (2002): Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89: 5-21.
- MEINDL, P., PACHINGER, B. & SEIBERL, M. (2012): Evaluierung des Programms LE07-13: Bewertung von Blühstreifen und Biodiversitätsflächen in den Maßnahmen Biologische Wirtschaftsweise und Umweltgerechte Bewirtschaftung von Acker- und Grünlandflächen. *Ländlicher Raum* 02/2012: 1-10.
- MÖLLER, K. (2015): Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agronomy for sustainable development* 35(3): 1021-1041.
- MUCHOW, T., BECKER, A., SCHINDLER, M. & WETTERICH, F. (2007): Abschlussbericht zum Projekt Naturschutz in Börde-Landschaften durch Strukturelemente am Beispiel der Kölner-Bucht. Bonn: Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn. Förderung: Deutsche Bundesstiftung Umwelt Az. 19430. 129 S.
- MÜLLER, C., KREITMAYR, J., BRANDHUBER, R., CAPRIEL, P., & BAUCHHENS, J. 2006: Bodenschutz - Bodenverdichtung, Humusgehalt, Bodenleben. In: MUNZERT, M., FRAHM, J. (Hrsg.): Pflanzliche Erzeugung, S. 63-92. BLV, München.
- NAWAZ, M. F., BOURRIE, G. & TROLARD, F. (2013): Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for sustainable development* 33(2): 291-309.
- NAWAZ, A., LAL, R., SHRESTHA, R. K. & FAROOQ, M. (2017): Mulching affects soil properties and greenhouse gas emissions under long-term no-till and plough-till systems in alfisol of central Ohio. *Land Degradation & Development* 28(2): 673-681, doi/10.1002/ldr.2553/full.
- NEARING, M. A., JETTEN, V., BAFFAUT, C., CERDAN, O., COUTURIER, A., HERNANDEZ, M., LE BISSONNAIS, Y., NICHOLS, M. H., NUNES, J. P., RENSCHLER, C. S., SOUCHERE, V. & VAN OOST,

- K. (2005): Modelling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. *Catena* 61: 131-154.
- POWER, A. G. (2010): Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences* 365: 2959-2971.
- RASMUSSEN, P. E. & COLLINS, H. P. (1991): Long-term impact of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy* 45: 93-134.
- REICHENBERGER, S., BACH, M., SKITSCHAK, A. & FREDE, H.-G. (2007): Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground and surface water and their effectiveness; a review. *Science of the Total Environment* 384(1-3): 1-35.
- RIPPEL, R., BRANDHUBER, R., BECK, R., WALTER, R. & MÜLLER, C. (2014): Bodenkundliche Grundlagen. Humus, Bodenleben, Austauschvorgänge. In: DOLESCHEL, P. & FRAHM, J. (HRSG.): Die Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Pflanzenbau – Boden- und Klimakunde, S. 25-72. BLV, München.
- RODE, M. & KANNING, H. (Hrsg.) (2010): Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade. Ibidem-Verlag, Stuttgart: 296 S.
- RODE, M., LISCHKA, A. & SCHULZ, G. (2018): Auswirkung von Blühstreifen auf die Diversität der Ackerbegleitflora in maisdominierten Agrarlandschaften. In: WIX, N., RODE, M. & REICH, M. (Hrsg.): Blühstreifen - Biodiversität und produktionsintegrierte Kompensation. *Umwelt und Raum* Bd. 9, 81-114, Institut für Umweltplanung, Hannover.
- ROGASIK, J., FUNDER, U., SCHNUG, E., ROGASIK, H. & KÖRSCHENS, M. (2005): Zentrale Stellung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit. In: INSTITUT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT (ILU) (Hrsg.): Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt 10, S. 51-64. Bonn.
- SCHJØNNING, P., VAN DEN AKKER, J. J., KELLER, T., GREVE, M. H., LAMANDÉ, M., SIMOJOKI, A., STETTLER, M., ARVIDSSON, J. & BREUNING-MADSEN, H. (2015): Driver-pressure-state-impact-response (DPSIR) analysis and risk assessment for soil compaction - a European perspective. *Advances in Agronomy* 133: 183-237.
- SCHMIDT, W. (2015): Nachhaltiger Schutz vor Bodenerosion durch ackerbauliche Maßnahmen. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Tagungsband Jahr des Bodens - Schwere Maschinen, enge Fruchtfolgen, Gärreste – eine Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit?, S. 40-54. Bonn.
- STROH, K. (2008): Pflanzenschutzmittel in der Umwelt. In: LFU (Hrsg.): *Umwelt Wissen*, 12 S., Augsburg.
- SWIFT, M. J., IZAC, A.-M. N. & VAN NOORDWIJK, M. (2004): Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes - are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113-134.
- TEBRÜGGE, F. (2003): No-tillage visions – Protection of soil, water and climate and influence on management and farm income. In: GARCÍA-TORRES, L., BENITES, J., MARTÍNEZ-VILELA, A. & HOLGADO-CABRERA, A. (eds.): *Conservation Agriculture: Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socio-Economy, Policy*, pp. 327-340. Kluwer, Dordrecht.
- TECHEN, A.-K. & HELMING, K. (2017): Pressures on soil functions from soil management in Germany - A foresight review. *Agronomy for Sustainable Development* (2017) 37: 64, 29 S., doi.org/10.1007/s13593-017-0473-3.
- TISCHNER, H., KLEIN, W. & DEMMEL, M. (2006): Grundlagen des Pflanzenschutzes Verfahrenstechnik. In: MUNZERT, M. & FRAHM, J. (Hrsg.): *Pflanzliche Erzeugung*, S. 303-546. BLV, München.

- VDLUFA (VERBAND DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTLICHER UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALTEN), 2004: Humusbilanzierung - Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland., 12 S. Bonn.
- VEREECKEN, H., SCHNEPF, A., HOPMANS, J. W., JAVAUX, M., OR, D., ROOSE, T., VANDERBORGHT, J., YOUNG, M. H., AMELUNG, W., AITKENHEAD, M., ALLISON, S. D., ASSOULINE, S., BAVEYE, P., BERLI, M., BRÜGGEMANN, N., FINKE, P., FLURY, M., GAISER, T., GOVERS, G., GHEZZEHEI, T., HALLETT, P., HENDRICKS FRANSSEN, H. J., HEPPELL, J., HORN, R., HUISMAN, J. A., JACQUES, D., JONARD, F., KOLLET, S., LAFOLIE, F., LAMORSKI, K., LEITNER, D., MCBRATNEY, A., MINASNY, B., MONTZKA, C., NOWAK, W., PACHEPSKY, Y., PADARIAN, J., ROMANO, N., ROTH, N., ROTHFUSS, Y., ROWE, E. C., SCHWEN, A., ŠIMŮNEK, J., TIKTAK, A., VAN DAM, J., VAN DER ZEE, S. E. A. T. M., VOGEL, H. J., VRUGT, J. A., WÖHLING, T. & YOUNG, I. M. (2016): Modeling soil processes: Review, key challenges and new perspectives. *Vadose Zone Journal*, 15(5), 57 S., doi.org/10.2136/vzj2015.09.0131.
- WIEHE, J. & RODE, M. (2010): Anhang zur Raumanalyse I. In: RODE, M. & KANNING, H. (Hrsg.): Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade, S. A1-A57. Ibidem-Verlag, Stuttgart.
- WIEHE, J., RODE, M. & KANNING, H. (2010): Raumanalyse I – Auswirkungen auf Natur und Landschaft. In: RODE, M. & KANNING, H. (Hrsg.): Natur- und raumverträglicher Ausbau energetischer Biomassepfade, S. 21-90. Ibidem-Verlag, Stuttgart.
- WIX, N., RODE, M. & REICH, M. (2018): Auswirkungen von Blühstreifen auf die Biodiversität und ihre Eignung als produktionsintegrierte Kompensationsmaßnahme (PIK) bei der Biogasproduktion. In: WIX, N., RODE, M. & REICH, M. (Hrsg.): Blühstreifen - Biodiversität und produktionsintegrierte Kompensation. *Umwelt und Raum Bd. 9*, 7-46, Institut für Umweltplanung, Hannover.
- WRATTEN, S. D., GILLESPIE, M., DECOURTYE, A., MADER, E. & DESNEUX, N. (2012): Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 159: 112-122.

Summary

Effects of flower strips on ground-based landscape functions

Intensive agricultural land use often has negative impacts on soil and thus also on soil based landscape functions. Moreover, the loss of agricultural land has been persistently high for decades due to the provision of land for construction and compensatory measures. To minimize the loss of land, flower strips are one of various measures that are considered for production integrated compensatory measures. Flower strips are advantageous as they can easily be integrated into production without taking agricultural land out of use.

Within this context, it is necessary to identify the extent to which flower strips are able to compensate the negative effects of intense agricultural land use on soils. Based on this, recommendations to optimize flower strips, relating to their ability to compensate soil based landscape functions, shall be developed.

In order to test whether flower strips can be used as a compensatory measure for soil-related impairments, different varieties of flower strips are examined in Lower Saxony compared to maize cultivation. For this purpose, the effects of flower strips on the soil-based landscape functions "natural yield function", "water supply function", and "retention function" are analysed, all of which are essential for a compensatory effect. The analysis focuses on the active complexes of soil and groundwater pollution, soil erosion, soil compaction and humus content.

All the flower strip varieties studied have significantly more of a positive effect on the soil-based landscape functions than the maize cultivation areas, which used as reference sites. Between the different varieties of flower strips, the effect is higher the lower the soil cultivation. This achieves a considerably better protection against soil erosion and soil compaction, thereby preserving the natural yield function of soils and even leading to improvement. In addition, the long period of land cover in all varieties of flower strips contributes to an additional positive effect on protection against soil erosion compared to maize cultivation. The ceasing of fertilization, pesticide use, tillage and machine use has a positive effect on the quality of groundwater percolation, soil compaction and humus content. These effects are greater the longer the flower strips can grow undisturbed.

The results confirm that flower strips are quite suitable as a compensatory measure in terms of soil-based landscape features. The highest appreciation potentials of the investigated flower strips variants have 1.5 year growth flower strips. In order to optimize flower strips in terms of their compensatory suitability for soil-based landscape functions, it is advisable to avoid soil tillage, irrigation, fertilizer and pesticide use before and throughout cultivation.

Autor

Prof. Dr. Michael Rode

Institut für Umweltplanung
Leibniz Universität Hannover
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover

Email: rode@umwelt.uni-hannover.de

Umwelt und Raum

Schriftenreihe Institut für Umweltplanung

Leibniz Universität Hannover

Bislang in der Schriftenreihe erschienen:

- Band 1: Reich, M. & S. Rüter (Hrsg.)
Energiepflanzenanbau und Naturschutz
Cuvillier, 2010, 165 Seiten
ISBN 978-3-86955-473-0
- Band 2: Reich, M. & S. Rüter (Hrsg.)
Auswirkungen des großflächigen Anbaus von Energiepflanzen auf die Tierwelt der Agrarlandschaft
Cuvillier, 2011, 244 Seiten
ISBN 978-3-86955-606-2
- Band 3: Urban, B., C. v. Haaren, H. Kanning, J. Krahl & A. Munack
Methode zur Bewertung der Biodiversität in Ökobilanzen am Beispiel biogener Kraftstoffe
Cuvillier, 2011, 210 Seiten
ISBN 978-3-86955-697-0
- Band 4: Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (Hrsg.)
Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen
Cuvillier, 2011, 457 Seiten
ISBN 978-3-86955-753-3
- Band 5: Stowasser, A.
Potenziale und Optimierungsmöglichkeiten bei der Auswahl und Anwendung ingenieurbiologischer Bauweisen im Wasserbau
Cuvillier, 2011, 404 Seiten
ISBN 978-3-86955-795-3
- Band 6: Werpup, A.
Biotoptypenbasierte Gehölzansaatn – Eine Begrünungsmethode zur ingenieurbiologischen Sicherung von oberbodenlosen Verkehrswegeböschungen
Cuvillier, 2013, 253 Seiten
ISBN 978-3-95404-409-2

- Band 7: Behr, O., R. Brinkmann, F. Korner-Nievergelt, M. Nagy, I. Niermann,
M. Reich & R. Simon (Hrsg.)
**Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-
Windenergieanlagen (RENEBAT II)**
2016, 369 Seiten
- Band 8: Bredemeier, B., M. Schmehl, M. Rode, J. Geldermann & C. v. Haaren
**Biodiversität und Landschaftsbild in der Ökobilanzierung von
Biogasanlagen**
2017, 76 Seiten

