



Projektbericht

Integration landwirtschaftlicher Produktion und
Biodiversitätsförderung in Agrarlandschaften

Silvia Zingg

Version 2, 17.09.2019

Inhaltsverzeichnis

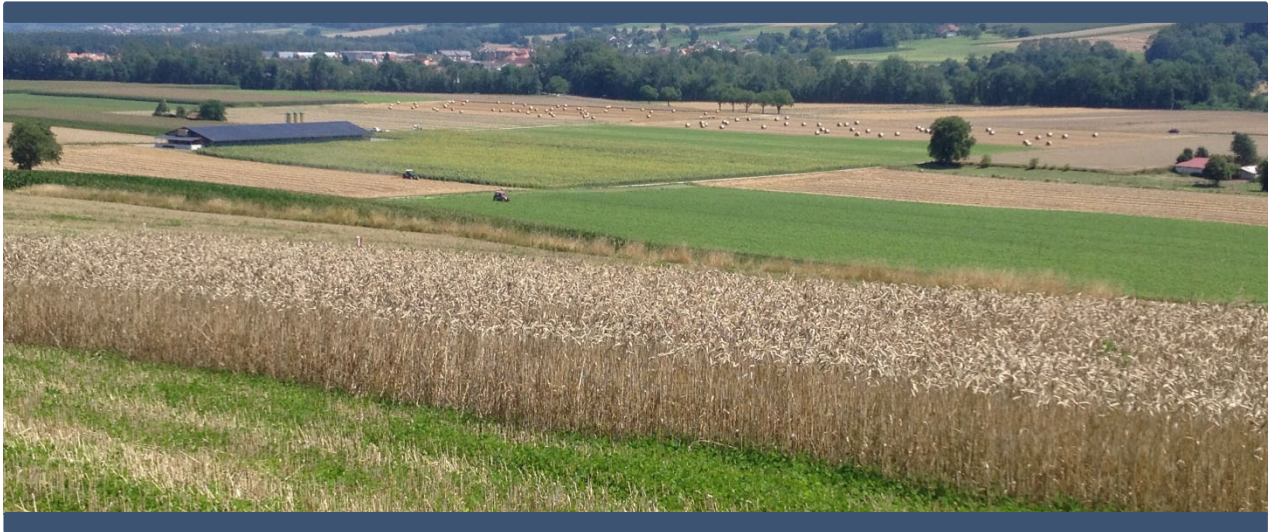
Einleitung	3
1 Landnutzung	4
1.1 Zusammenfassung	4
1.3 Vorgehen	4
1.2 Ergebnisse	5
1.3 Schlussfolgerungen	6
2 Biodiversitätsförderflächen	7
2.1 Zusammenfassung	7
2.2 Vorgehen	8
2.3 Ergebnisse	8
2.4 Schlussfolgerungen	9
3 Produktivität	10
3.1 Zusammenfassung	10
3.2 Vorgehen	11
3.3 Ergebnisse	12
3.4 Schlussfolgerungen	12
4 Referenzen	14

Einleitung

Das stetige Wachstum der Bevölkerung und der steigende Wohlstand führen zu einer steigenden Nachfrage nach Agrarprodukten (Tilman *et al.* 2011). Durch Landumnutzung (mehr Fläche) und Intensivierung (höhere Erträge pro Fläche) wurde die landwirtschaftliche Produktivität in den letzten Jahrzehnten stetig gesteigert, mit negativen Auswirkungen auf das Ökosystem und die Biodiversität. (Donald *et al.* 2006; Sutcliffe *et al.* 2015). Jedoch ist die Landwirtschaft auf vielfältige und gesunde Ökosysteme angewiesen, welche wichtige Ökosystemdienstleistungen, wie Bodenfruchtbarkeit, Schädlingskontrolle und Bestäubung, sichern. Es ist eine der grössten Herausforderungen der modernen Landwirtschaft, die Nahrungsmittelproduktion zu fördern und gleichzeitig die negativen Auswirkungen auf Umwelt und Biodiversität gering zu halten. Das Forschungsprojekt «*Integration landwirtschaftlicher Produktion und Biodiversitätsförderung in Agrarlandschaften*» untersuchte das Zusammenspiel zwischen Landschaft, Landwirtschaft und Biodiversität. Mit dem Ziel, zu beschreiben, wie Landnutzungsstrategien, der Nahrungsmittelproduktion und der biologischen Vielfalt Rechnung tragen können. In diesem Projektbericht werden die wichtigsten wissenschaftlichen Erkenntnisse aus den drei Teilprojekten Landnutzung (1), Biodiversitätsförderung (2) und Produktivität (3) zusammengefasst. Die Volltexte sind als wissenschaftliche Publikationen in Vorbereitung verfügbar.

Das Wichtigste in Kürze...

Obwohl es zahlreiche Belege dafür gibt, dass die biologische Vielfalt durch die Intensivierung der Landnutzung beeinflusst wird, ist wenig darüber bekannt, wie Arten grossräumig auf Landschaftsstruktur und Bewirtschaftung reagieren (Balmford, Green & Phalan 2012). Im ersten Teilprojekt ging es darum, aufzuzeigen, wie das Zusammenspiel landwirtschaftlich unterschiedlich genutzter Flächen und Naturräume die Biodiversität auf Landschaftsebene beeinflusst. Es zeigte sich, dass zur Erhaltung der Artenvielfalt mindestens 20% naturnahe Lebensräume wie Wälder, Hecken oder Gewässer in Kulturlandschaften vorhanden sein müssen. Zusätzlich hatte der Anteil an Biodiversitätsförderflächen (BFF) einen positiven Einfluss auf Tagfalter und Brutvögel. Im zweiten Teilprojekt wurden die BFF, deren Wirksamkeit wiederholt in Frage gestellt wurde, genauer unter die Lupe genommen. Es zeigte sich, dass die Gesamtheit der BFF-Maßnahmen, welche die Landwirte auf ihren Feldern umsetzen, einen positiven Einfluss auf Brutvögel und Tagfalter auf Landschaftsebene haben. Die wichtigsten Eigenschaften waren hierbei die Fläche und die Qualität der BFF, andere Merkmale wie Größe, Distanz, Diversität oder Konfiguration hatten keinen signifikanten Einfluss. Gerade für Kulturland und UZL-Arten (Umweltziele Landwirtschaft) hatten die BFF mit Qualität (auch Q2 genannt) eine besondere Bedeutung. Es zeigte sich jedoch auch, dass BFF mit Qualität im Mittelland besonders selten waren und speziell gefördert werden sollten. In den ersten beiden Teilprojekten wurde vor allem der Landnutzung bzw. den Bewirtschaftungsformen Rechnung getragen, nicht jedoch der landwirtschaftlichen Produktivität. Da die Herstellung von Nahrungsmitteln eine der Hauptaufgaben der Landwirtschaft ist, wurde der Fokus im dritten Teilprojekt auf die Produktion von Biomasse, beziehungsweise Kalorien, gelegt. Es wird oft davon ausgegangen, dass eine hohe landwirtschaftliche Produktivität eine geringe Biodiversität zur Folge habe. Auf Landschaftsebene sind die Zusammenhänge jedoch komplexer. Unterschiede auf drei Ebenen beeinflussen die Produktivität der Landschaft: Erstens der Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche, zweitens der Anteil unterschiedlicher Kulturen und drittens die Produktivität der Kulturen. Es wurde gezeigt, dass eine hohe Produktivität in Landschaften mit wenig naturnahen Flächen einen negativen Einfluss auf die Artenvielfalt von Brutvögeln hat, jedoch nicht in Landschaften mit vielen naturnahen Flächen. Tagfalter hingegen reagierten auf die Kulturzusammensetzung und damit unterschiedlich auf die Produktivitätsindikatoren.



1 Landnutzung

Auswirkungen der Landnutzungsintensität auf Vögel und Tagfalter auf Landschaftsebene

Silvia Zingg^{1, 2*}, Jan Grenz², Jean-Yves Humbert¹

¹ Universität Bern, Institut für Ökologie und Evolution, 3012 Bern, Schweiz

² Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

Volltext: Zingg S, Grenz J, Humbert J.Y, 2018. Landscape-scale effects of land use intensity on birds and butterflies. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 267, 119 – 128.

1.1 Zusammenfassung

Obwohl es zahlreiche Belege dafür gibt, dass die biologische Vielfalt durch die Intensivierung der Landnutzung beeinflusst wird, ist wenig darüber bekannt, wie Arten auf Landnutzungsintensität auf Landschaftsebene reagieren (Balmford, Green & Phalan 2012). Diese Studie wurde in 91 Landschaften von je 1 km² im Schweizer Mittelland durchgeführt. Drei verschiedene Indikatoren, welche die Intensität der Landnutzung beschreiben, wurden hierfür wie folgt definiert: Indikator 1, als Verhältnis zwischen landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) und natürlichen Flächen (Wälder, Hecken, Gewässer u.a.); Indikator 2, als Verhältnis zwischen Fruchtfolgeflächen und Dauergrünland; und Indikator 3, als Verhältnis zwischen landwirtschaftlich genutzter Fläche und Biodiversitätsförderflächen (BFF, naturnahe, extensiv bewirtschaftete Flächen). Es wurde untersucht, wie diese drei Intensitätsindikatoren die Verteilung von Vögeln und Tagfaltern auf Landschaftsebene beeinflussen. Insgesamt stellten wir fest, dass Vögel von der

Landschaftszusammensetzung und der Bewirtschaftung beeinflusst wurden: Der Artenreichtum der Vögel nahm stark ab, wenn die landwirtschaftliche Nutzfläche mehr als 80% der Landschaft ausmachte. Bei Tagfaltern erwies sich die Bewirtschaftung der LN als wichtigster Faktor. Je weniger extensiv bewirtschaftete BFF-Flächen vorhanden waren, desto weniger Arten und Individuen wurden nachgewiesen. Keine der Artengruppen korrelierte signifikant mit dem Anteil an Fruchtfolgeflächen gegenüber Dauergrünland. Wir kommen zum Schluss, dass zur Förderung der Biodiversität im Kulturland natürliche Flächen wie Wälder, Hecken und Gewässer mindestens 20% der Agrarlandschaften ausmachen sollten und der Anteil von BFF erhöht werden sollte.

1.3 Vorgehen

Für diese Studie wurden 91 Landschaften des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM) als

Stichprobenflächen ausgewählt (Abb. 1). In diesen Landschaften wurde das Vorkommen von Brutvögeln auf dem gesamten Kilometerquadrat (je nach Höhenstufe mit 2 - 3 Begehungen) und das der Tagfalter entlang eines 2.5 Kilometer langen Transekts (mit 4 - 7 Begehungen) erfasst. Um die Intensitätsindikatoren, wie oben beschrieben, zu

berechnen, wurden digitale GIS-Karten zur Bodenbedeckung (Amtliche Vermessung Schweiz) und zur Bewirtschaftung (kantonale Landwirtschaftsämter) verwendet. Alle drei Intensitätsindikatoren deckten einen Wertebereich von 0 (= am wenigsten intensive) bis 1 (= am intensivsten) ab.

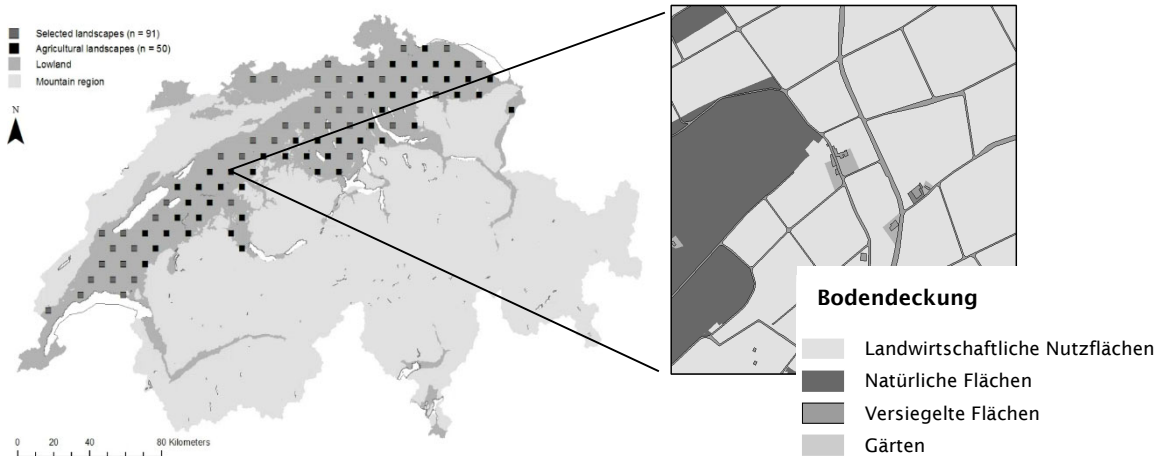


Abb. 1: Karte mit den ausgewählten 1km² Landschaften im Schweizer Mittelland (n = 91). Der Ausschnitt zeigt eine Landschaft von einem Quadratkilometer, einschliesslich der verschiedenen Bodennutzungstypen.

1.2 Ergebnisse

Anteil LN (Indikator 1)

Obwohl der Anteil LN eher Bodenbedeckung als Nutzungsintensität widerspiegelt, wurde Indikator 1 verwendet, um den Einfluss von Bodenbedeckung und Bewirtschaftung (Indikator 2 und 3) unterscheiden zu können. Die Artenvielfalt und die Abundanz der Brutvögel zeigten einen Rückgang entlang Indikator 1, was den Übergang von naturnahen

(hauptsächlich von Wäldern dominierten) zu landwirtschaftlich dominierten Landschaften abbildet (Abb. 2a). Der Rückgang ist besonders stark, wenn mehr als 80% der Landschaft landwirtschaftlich genutzt wurden, oder anders gesagt, wenn natürliche Flächen wie Wälder, Hecken und Gewässer weniger als 20% der Fläche ausmachten.

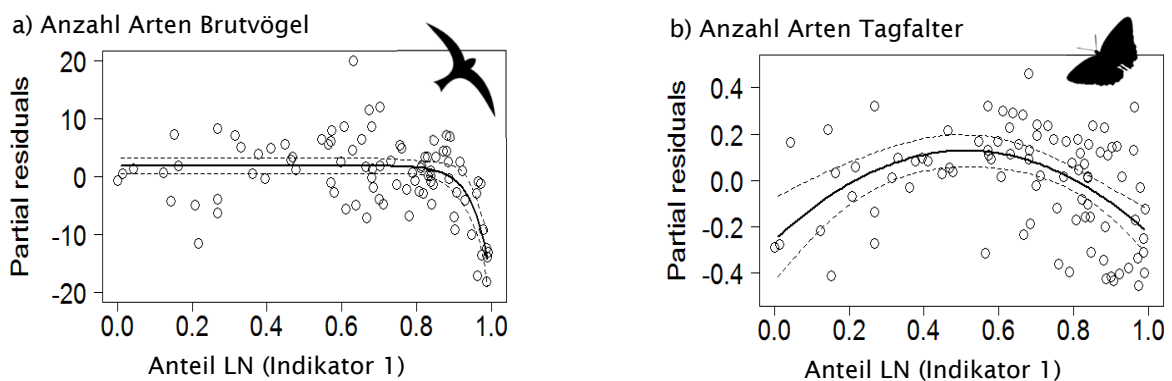


Abb. 2: Anzahl Brutvogel- und Tagfalterarten entlang des Landnutzungsgradienten von Indikator 1, dem Übergang von naturnahen, zu landwirtschaftlich genutzten Landschaften. Die «partial residuals» zeigen die Veränderungen der Artenzahl relativ zum Mittelwert, der bei 0 liegt.

Anteil Fruchtfolgeflächen (Indikator 2)

Entgegen unseren Erwartungen hatte Indikator 2, das Verhältnis zwischen Fruchtfolgeflächen und Dauergrünland, keinen Einfluss auf die Brutvögel und Tagfalter auf Landschaftsebene. Im Allgemeinen wird Ackerland mit erhöhter landwirtschaftlicher Intensität und Dauergrünland mit abnehmender landwirtschaftlicher Intensität verbunden. Wir hatten daher die Erwartung, dass sich der Anteil Dauergrünland positiv auf Brutvögel und Tagfalter auswirken würde, was jedoch nicht der Fall war. Die Dauergrünflächen in unseren Landschaften wurden überwiegend intensiv bewirtschaftet (77 %), mit häufiger Düngung und 4-6 Schnitten pro Jahr. Diese intensiv genutzten Wiesen und Weiden haben in den letzten Jahrzehnten den größten Teil ihrer Vielfalt verloren, die intensive Bewirtschaftung führt zu einer verarmten Pflanzengemeinschaft, welche auf Landschaftsebene keinen positiven Effekt auf die Biodiversität hat.

Anteil BFF (Indikator 3)

Unsere Ergebnisse belegen die positiven Effekte von Biodiversitätsförderflächen auf Brutvogel- und Tagfalterpopulationen auf Landschaftsebene. Je weniger BFF vorhanden waren, desto weniger Vogel- und Tagfalterarten wurden beobachtet (Abb.3). Es ist hervorzuheben, dass in unserer Studie die Vogel- und Tagfalterzählungen auf unabhängigen Transekten in den Landschaften und nicht in den BFF Flächen selbst durchgeführt wurden. Folglich ist die beobachtete, erhöhte Anzahl von Arten und Individuen nicht auf einen Konzentrationseffekt (Anziehung von Individuen) zurückzuführen, sondern auf positive Reaktionen auf Populationsniveau. Bei den Kulturlandvögeln konnte die erwartete positive Reaktion auf den Anteil BFF nicht beobachtet werden. Für die Förderung von Kulturlandarten sind BFF mit hoher ökologischer Qualität besonders wichtig, welche in unseren Landschaften jedoch selten waren (siehe Kapitel 2).

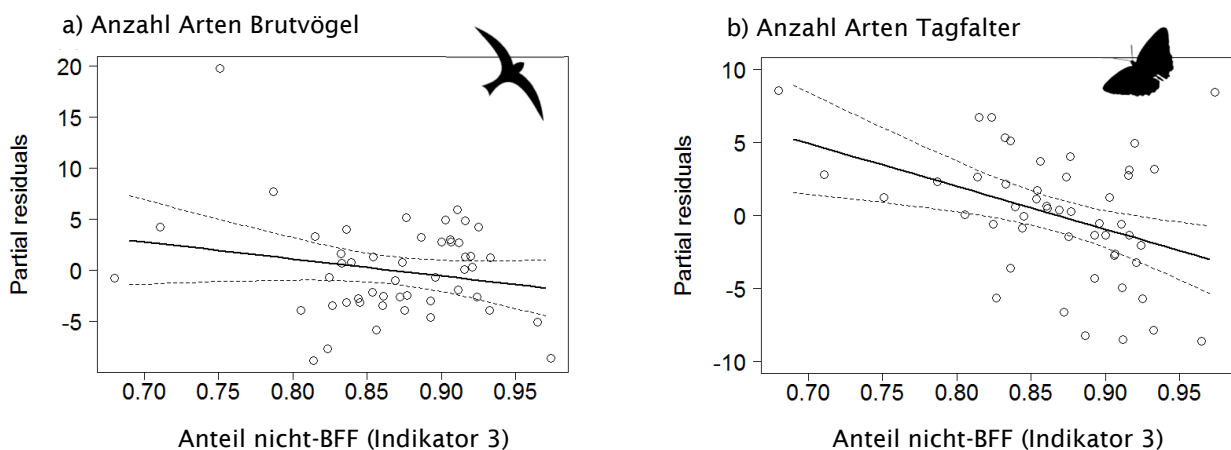
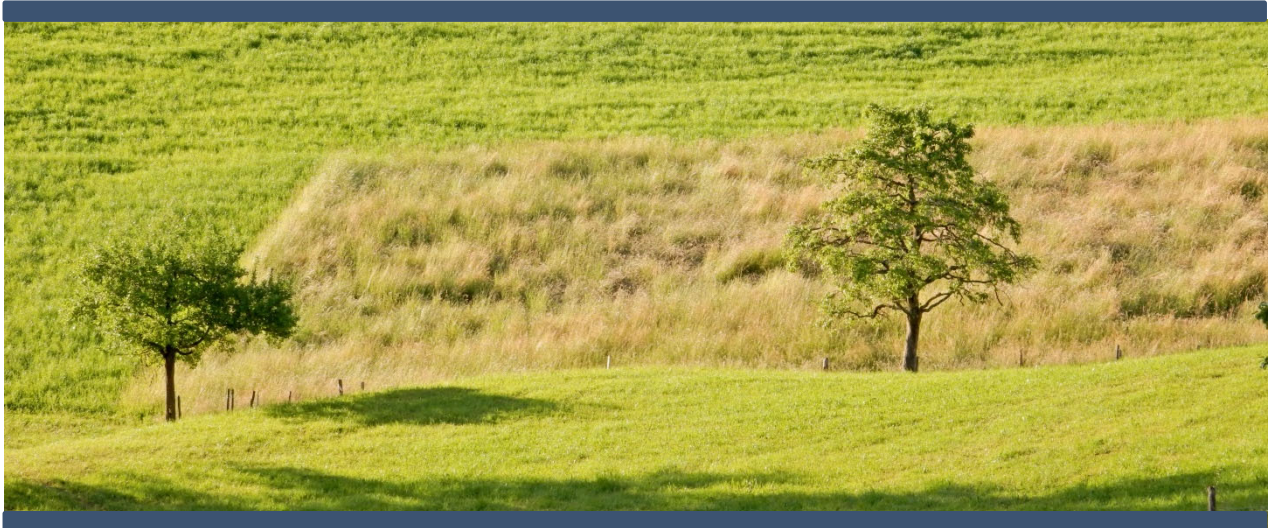


Abb. 3: Abnehmende Vogel- (a) und Tagfalter (b) Vielfalt mit abnehmendem BFF-Anteil (Indikator 3) in den Landschaften (n = 50). Die «partial residuals» zeigen die Veränderung der Artenzahl, relativ zum Mittelwert und unter Einbezug der geographischen Lage und der Indikatoren 1 und 2.

1.3 Schlussfolgerungen

In Landschaften mit einer Mischung aus bewirtschafteten und natürlichen Flächen war die Biodiversität der Tagfalter und Brutvögel am höchsten. Während Wälder, Hecken und Gewässer mindestens 20% der Landschaften ausmachen sollten, erhöht der Anteil der Biodiversitätsförderflächen die Artenvielfalt weiter. Der Anteil an Dauergrünland wirkte sich hingegen nicht auf die Biodiversität aus, es sei denn, sie wurden extensiv als Biodiversitätsförderflächen (BFF) bewirtschaftet. Die Agrarpolitik wird laufend überarbeitet. Diese

Studie zeigt, dass Biodiversitätsförderflächen die Vogel- und Tagfaltervielfalt in Kulturlandschaften effektiv erhöhen können. Im Schweizer Mittelland müssen aber weitere Anstrengungen unternommen werden, um die Flächen der BFF mit hoher ökologischer Qualität zu fördern (Birrer *et al.* 2007). Eine Verbesserung des Zustands dieser für die biologische Vielfalt besonders wertvollen Gebiete ist von entscheidender Bedeutung für die Wiederherstellung von Populationen seltener emblematischer Arten.



2 Biodiversitätsförderflächen

Vögel und Tagfalter profitieren von der Fläche und Qualität von Biodiversitätsförderflächen

Silvia Zingg^{1,2*}, Eva Ritschard¹, Raphaël Arlettaz^{1,3}, Jean-Yves Humbert¹

¹ Universität Bern, Institut für Ökologie und Evolution, 3012 Bern, Schweiz

² Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

³ Schweizerische Vogelwarte, Aussenstelle Wallis, 1950 Sion, Schweiz

Volltext: Zingg, S.; Ritschard, E.; Arlettaz, R.; Humbert, J.-Y., 2019: Increasing the proportion and quality of land under agri-environment schemes promotes birds and butterflies at the landscape scale. *Biological Conservation* 231, 39–48.

2.1 Zusammenfassung

In der Schweiz müssen Landwirte mindestens 7% ihrer landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) als Biodiversitätsförderflächen BFF bewirtschaften. BFF sind naturnahe, extensiv bewirtschaftete Wiesen und Weiden, Wildblumenstreifen oder Hecken und bilden einen Teil des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN), dessen Erfüllung Bedingung für den Bezug von Direktzahlungen ist. Bisher wurde die Wirksamkeit von Biodiversitätsfördermassnahmen im Kulturland meist auf Feldebene evaluiert, oft mit moderaten Resultaten (Batáry *et al.* 2015). In dieser Studie wurde der Einfluss von BFF auf das Vorkommen von Vögeln und Tagfaltern in 46 Kulturlandschaften von je 1 km² im Schweizer Mittelland untersucht. Wir analysierten, wie der Anteil, die Qualität, die Größe, die Entfernung, die Vielfalt und die Konfiguration der BFF die Biodiversität beeinflussen, wobei auch der Einfluss der umgebenden Landschaft berücksichtigt wurde. Unsere Ergebnisse

zeigten, dass sowohl Vögel wie auch Tagfalter positiv auf BFF reagierten. Bei den Brutvögeln nahm die Artenzahl mit dem Anteil BFF zu, während Kulturlandarten, UZL-Arten (Umweltziele Landwirtschaft) und Rote-Liste-Arten insbesondere auf den Anteil BFF mit hoher ökologischer Qualität (BFF Q2) reagierten. Neben den BFF spielen auch natürliche Lebensräume wie Wälder, Hecken und Gewässer eine wichtige Rolle bei der Erhaltung der Biodiversität im Kulturland. Diese grossräumige Studie unterstreicht die Bedeutung der BFF für den Erhalt der Biodiversität im Kulturland. Sie zeigt, dass die Gesamtheit der BFF-Massnahmen, die auf den Feldern umgesetzt werden, einen positiven Einfluss auf Brutvögel und Tagfalter haben, welcher auf Landschaftsebene bemerkbar ist. Gleichzeitig wurden grosse Defizite bei der Qualität der Flächen aufgezeigt. BFF mit Qualität sind in der Talzone besonders selten und sollten speziell gefördert werden.

2.2 Vorgehen

Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) erhebt, unter Verwendung eines systematischen Stichprobenrasters, das Vorkommen der Tagfalter und Brutvögel in Landschaften von 1 km². Hierzu werden die Brutvögel auf dem gesamten Kilometerquadrat (je nach Höhenstufe mit 2 - 3 Begehungen) und die Tagfalter entlang eines 2.5 Kilometer langen Transekts (mit 4 - 7 Begehungen) gezählt. Für diese Studie wurden 46 BDM-Landschaften in der Talzone im Mittelland, mit je mindestens 40 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN) ausgewählt (Abb. 1). Digitalisierte GIS-Karten wurden verwendet, um Informationen über die BFF und die Landschaftszusammensetzung zu erhalten (Abb. 2). Folgende BFF-Eigenschaften standen im Fokus: 1) Anteil BFF [% LN]; 2) Anteil BFF mit Qualität [% LN]; 3) mittlere BFF-Größe [m²]; 4) mittlere Distanz zwischen den BFF [m]; 5) BFF-Vielfalt [Shannon-Index] und 6) BFF-Konfiguration [Verhältnis von Umfang zu Fläche]. Um den Einfluss der Landschaft beschreiben zu können, wurde zudem der Anteil LN, Wald, Gewässer, Hecken, begrünte und nicht begrünte Flächen miteinbezogen.

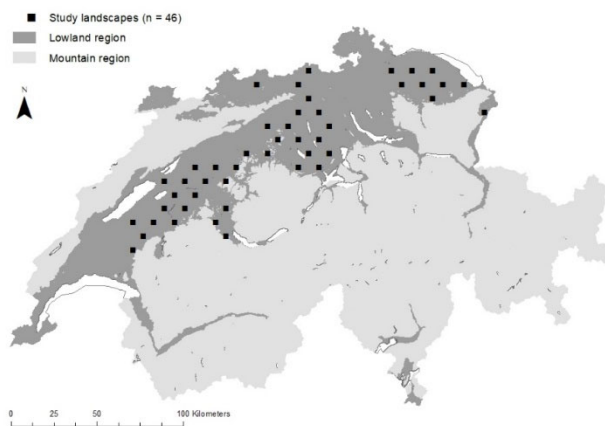


Abb. 1: Die 46 Studienlandschaften à 1km² im Schweizer Mittelland.

2.3 Ergebnisse

Der BFF-Anteil (Mittelwert \pm SD) betrug im Durchschnitt 11% (\pm 6) der LN pro Landschaft und reichte von 0% bis 25%. Der Anteil an BFF mit ökologischer Qualität war mit 1% (\pm 4) der LN bedeutend geringer. Die mittlere Größe der BFF betrug 0,32 ha (\pm 0,16) und die mittlere Distanz zwischen den BFF 64 m (\pm 162). Die häufigsten BFF-Typen waren extensiv

bewirtschaftete Wiesen und traditionelle Streuobstwiesen, gefolgt von wenig intensiv bewirtschafteten Wiesen und extensiv bewirtschafteten Weiden. Der Anteil BFF in der LN war die wichtigste BFF-bezogene Variable für alle Tagfaltergruppen. Die Anzahl Arten, und die Anzahl Individuen für alle Kulturland- und UZL-Tagfalter stieg signifikant mit dem Anteil von BFF (Abb. 3). Andere BFF-Eigenschaften wie Qualität, Größe, Abstand, Diversität oder Konfiguration zeigten keine signifikanten Wirkungen. Der Anteil von BFF und der Anteil von BFF mit Qualität (Q2) waren die zwei wichtigsten BFF-bezogenen Variablen für Brutvögel. Die Artenvielfalt der Brutvögel zeigte eine positive Korrelation mit dem Anteil von BFF in der LN. Kulturland-, UZL- und Rote-Liste-Arten nahmen mit dem Anteil an BFF mit ökologischer Qualität zu. Die Resultate wurden stark von zwei Landschaften mit aussergewöhnlich hohem Anteil an BFF mit Qualität beeinflusst (siehe Abb. 3); und der Effekt verschwand, wurden diese zwei Landschaften von der Analyse ausgeschlossen. Bei den Brutvögeln hatte auch die Landschaftszusammensetzung einen grossen Einfluss. Besonders Wälder, Hecken und Gewässer förderten die Artenvielfalt in den Landschaften.

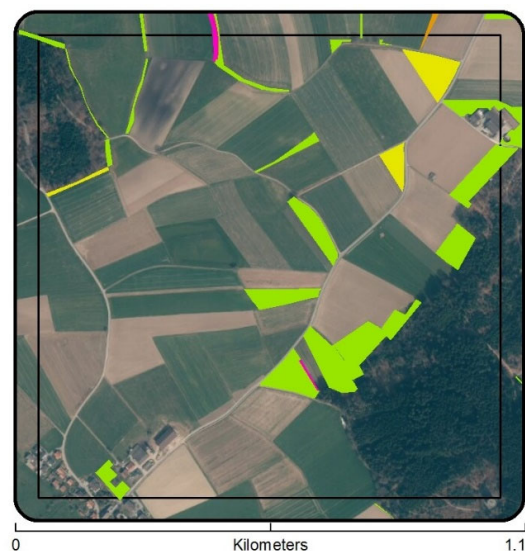


Abb. 2: Biodiversitätsförderflächen in einer Studienlandschaft; extensive Wiesen (grün), wenig intensive Wiesen (gelb), Hecken (pink) und Wildblumenstreifen (orange).

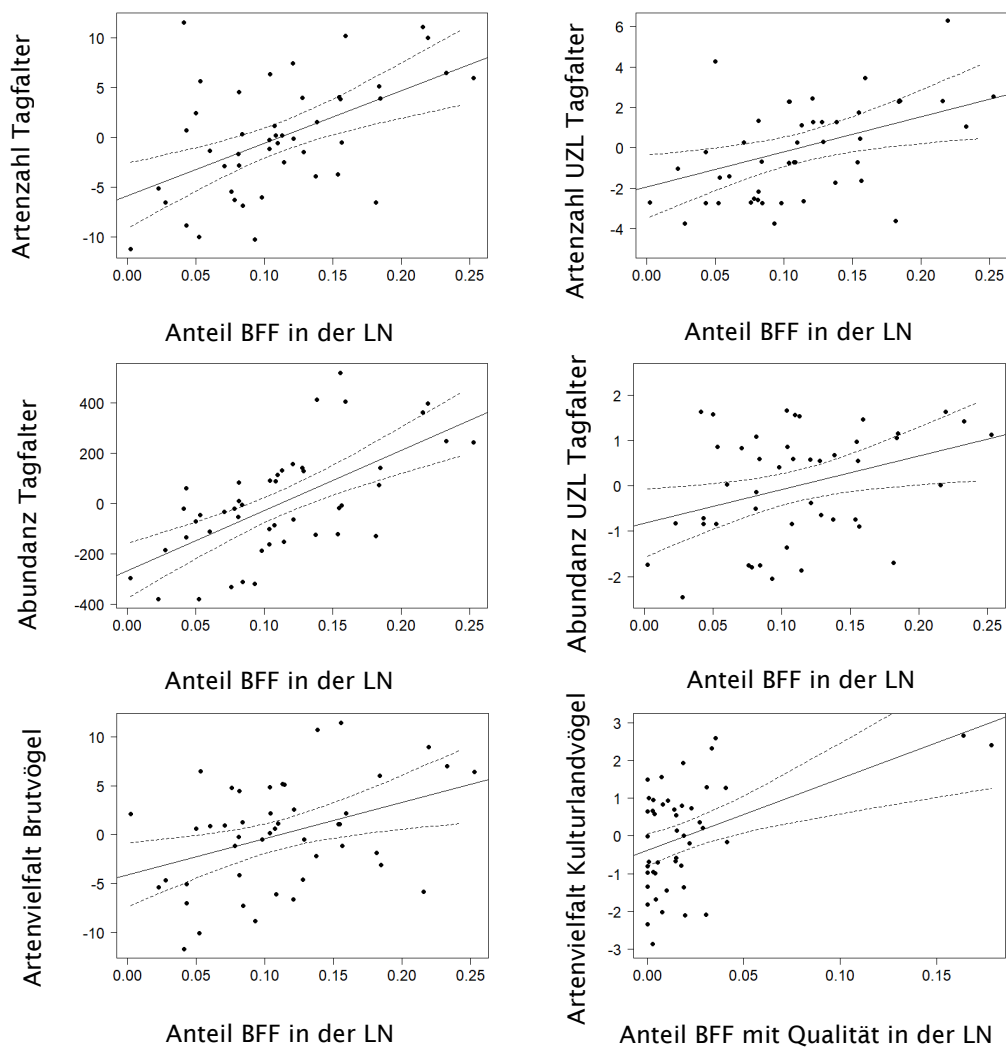


Abb. 3: Beziehungen zwischen Artenvielfalt und Häufigkeit (Abundanz) von Tagfaltern und Vögeln und dem Anteil von BFF im Kulturland. Die Zunahmen wurden relative zum Mittelwert (= 0) dargestellt: Steigt beispielsweise der BFF Anteil von 5% auf 15% der LN, steigt die Artenvielfalt der Tagfalter um 22%, oder 5 Arten (bei durchschnittlich 23 Arten pro Landschaft) und die Abundanz um 60%, respektive 242 Individuen (bei durchschnittlich 409 Individuen pro Landschaft). Zu den so genannten UZL-Arten zählen die Ziel- und Leitarten der Umweltziele Landwirtschaft (Walter *et al.* 2013).

2.4 Schlussfolgerungen

Unsere Ergebnisse belegen die positiven Auswirkungen von Biodiversitätsförderflächen auf Brutvogel- und Tagfalterpopulationen auf Landschaftsebene. Da Anteil und Qualität bei weitem die wichtigsten BFF-Eigenschaften waren, kann die Biodiversität weiter gefördert werden indem (1) der Anteil von BFF im Kulturland erhöht und (2) Anreize geschaffen werden zur Verbesserung der ökologischen Qualität der BFF. Methoden zur Verbesserung der BFF-Qualität existieren bereits; die botanische Vielfalt minderwertiger Heuwiesen

kann beispielsweise durch Nachsaat gefördert werden (Kiehl 2010). Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass auch eine Verzögerung des ersten Mähdatums oder die Erhaltung ungeschnittener Refugien die Biodiversität fördern (z.B. Buri, Arlettaz & Humbert 2013; Bruppacher *et al.* 2016; Buri *et al.* 2016). Es muss angemerkt werden, dass die Artenvielfalt im Schweizer Mittelland generell tief ist, viele Arten sind bereits verschwunden. Eine geringfügige Verbesserung der ökologischen Bedingungen könnte daher positive Auswirkungen gehabt haben, und so zum positiven Effekt der BFF beigetragen haben.



3 Produktivität

Die Beziehung zwischen landwirtschaftlicher Produktivität und Biodiversität

Silvia Zingg^{1,2*}, Jan Grenz², Raphaël Arlettaz^{1,3}, Jean-Yves Humbert¹

¹ Universität Bern, Institut für Ökologie und Evolution, 3012 Bern, Schweiz

² Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

³ Schweizerische Vogelwarte, Aussenstelle Wallis, 1950 Sion, Schweiz

Volltext: *In Vorbereitung.*

3.1 Zusammenfassung

Es ist aktuell eine der grössten Herausforderungen, Landnutzungsstrategien umzusetzen, welche die Nahrungsmittelproduktion sichern und gleichzeitig die biologische Vielfalt erhalten (Balmford, Green & Phalan 2012). Trotz der fundamentalen Bedeutung dieser Thematik wurde der Zusammenhang zwischen landwirtschaftlicher Produktivität und Biodiversität bisher meist nur kleinräumig untersucht; Studien auf Landschaftsebene und in unterschiedlichen Produktionssystemen sind rar (Mattison & Norris 2005). In dieser Studie wurde die Beziehung zwischen Produktivität - definiert als die Gesamtproduktion an Biomasse und an Kalorien pro km² - und Biodiversität untersucht. Ertragsdaten von Landwirten lieferten die Informationen zur Produktivität unterschiedlicher Acker- und Grünlandkulturen in 49 ausgewählten Landschaften von 1 km² im

Schweizer Mittelland. Tagfalter und Brutvögel wurden als Biodiversitätsindikatoren in diesen Landschaften gezählt. Die Produktivität der Landschaften hing vom Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche (LN), den angebauten Kulturen und der Produktivität der Kulturen ab. Landschaften mit einem hohen Anteil an intensiv bewirtschaftetem Grünland hatten hohe Biomasseerträge und Landschaften mit hohen Anteilen an Zuckerrüben, Kartoffeln oder Gemüse hohe Kalorienerträge. Welche Beziehung zwischen Produktivität und Biodiversität beobachtet wurde, hing vom Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LN) ab. In Landschaften mit mehr als 80 % LN korrelierte die Produktivität negativ mit der Artenzahl der Brutvögel. Überraschenderweise zeigte die Produktivität keinen, oder einen positiven Zusammenhang mit der Artenvielfalt in Landschaften, wenn mehr naturnahe Flächen

(Wälder, Hecken, Gewässer) vorhanden waren. Die Artenvielfalt der Tagfalter zeigte eine negative Beziehung mit der produzierten Biomasse, jedoch keine signifikante Beziehung zu den produzierten Kalorien. Es zeigte sich, dass Nahrungsmittelproduktion und Biodiversität auf Landschaftsebene nicht per se negativ korreliert waren. Nichtsdestotrotz

haben die Schlussfolgerungen nur Gültigkeit unter den gegebenen Umständen. Artengruppen, welche weniger mobil oder auf bestimmte Kulturen angewiesen sind, werden eher auf Produktivität auf Feldebene reagieren, als die Gesamtheit der Tagfalter und Brutvögel (Gabriel *et al.* 2010).

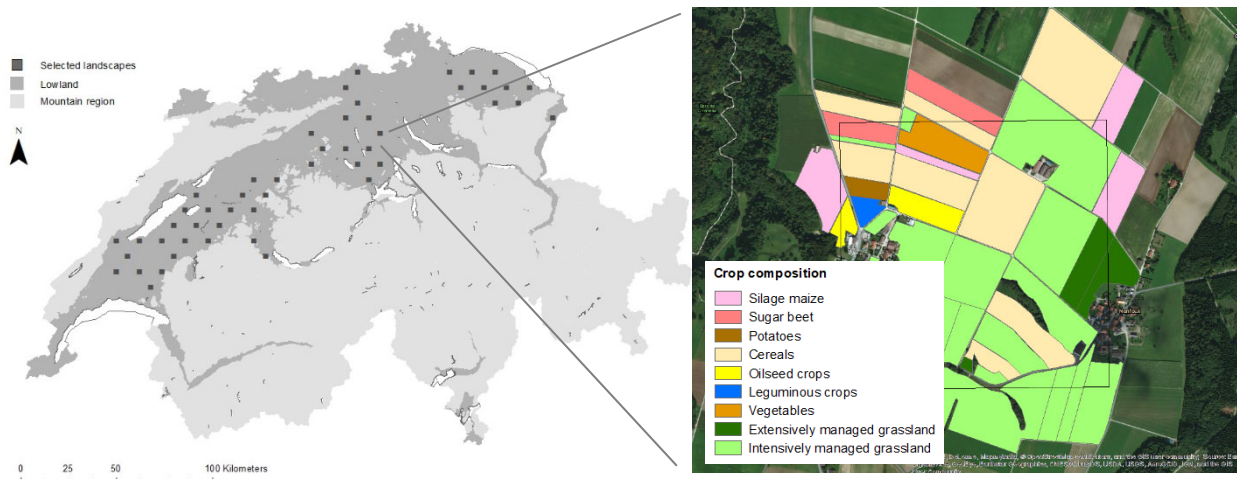


Abb. 1: Die landwirtschaftliche Produktivität wurde in 49 Landschaften im Mittelland geschätzt. Hierfür wurde die Zusammensetzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche, das heisst die angebaute Kulturen und deren Erträge, berücksichtigt.

3.2 Vorgehen

Um die landwirtschaftliche Produktivität zu schätzen, wurden 299 Landwirte in 49 Landschaften befragt. Anhand der Ertragsdaten der Landwirte wurden folgende Produktivitätsindikatoren berechnet: (1) Produktivität pro Landschaft (total produzierte Biomasse in dt Frischsubstanz (FS) und in Nahrungsmitteln vorhandene verdauliche Energie in GJ), (2) durchschnittliche Produktivität pro Hektare (produzierte Biomasse FS in dt/ha) und (3) durchschnittliche Produktivität pro Kultur pro Hektare (produzierte Biomasse FS pro Kultur in dt/ha). Um die total produzierte Biomasse pro Landschaft zu berechnen, wurden die Ertragsdaten aller Hauptkulturen (ohne Nebenprodukte wie Stroh) summiert und auf 1 km² skaliert. Da nicht von allen Landwirten und Feldern Ertragsdaten gesammelt werden konnten, wurden fehlende Ertragsdaten mit Hilfe von Multipler Imputation geschätzt (van Buuren 2012). Wenn es um Nahrungsmittelproduktivität geht, ist nicht die Biomasse, sondern eher die Kalorienproduktion entscheidend. Nebst der produzierten Biomasse

wurde deshalb auch die produzierte Energie pro Landschaft berechnet. Hierfür wurden alle landwirtschaftlichen Produkte in eine essbare Form umgewandelt; so wird aus Zuckerrüben, Zucker, aus Raps, Rapsöl oder aus Gras, Fleisch hergestellt. Unter Berücksichtigung der Verluste während der Verarbeitung oder Umwandlung wurde die produzierte Menge, und damit die produzierten Kalorien pro Landschaft berechnet. Für die Biodiversitätsindikatoren wurde das Vorkommen der Tagfalter und Brutvögel vom BDM (Biodiversitätsmonitoring Schweiz), beziehungsweise vom MHB (Monitoring häufige Brutvögel) erhoben. Die Brutvögel wurden auf dem gesamten Kilometerquadrat (je nach Höhenstufe 2 - 3 Begehungen) und die Tagfalter entlang eines 2.5 Kilometer langen Transekts (je nach Höhenstufe 4 - 7 Begehungen) erfasst. Anschliessend wurde statistisch analysiert, ob und wie die Vielfalt und Abundanz der Tagfalter und Brutvögel mit der landwirtschaftlichen Produktivität in den Landschaften korrelierte.

3.3 Ergebnisse

Die Daten, die von den Landwirten gesammelt wurden, enthielten Informationen über die Erträge von Getreide, Grünland, Mais, Gemüse, Obst, Kartoffeln, Zuckerrüben, Öl- und Hülsenfrüchten, sowie von nicht essbaren Kulturen, wie bspw. Tabak. Getreide und intensiv bewirtschaftetes Grünland waren, gefolgt von Silomais, die häufigsten Kulturen. Da intensiv genutztes Grünland hinsichtlich der erzeugten Biomasse ertragsstark und gleichzeitig eine der häufigsten Kulturen war, korrelierte es mit dem ersten Produktivitätsindikator, der Biomasse auf Landschaftsebene ($R = 0.7$). Kartoffeln, Zuckerrüben und Gemüse sind ertragsstark und liefern viele Kalorien, was dazu führte, dass sie mit dem zweiten Produktivitätsindikator; der total produzierten Energie, korrelierten ($R > 0.5$). Beide Produktivitätsindikatoren korrelierten nicht mit dem Anteil LN in den Landschaften, was darauf hinweist, dass die Landschaften mit der grössten landwirtschaftlich genutzten Fläche nicht immer die produktivsten waren. Um die Beziehung zwischen Biodiversität und landwirtschaftlicher Produktivität zu beschreiben, werden die Artengruppen getrennt betrachtet. Auf Landschaftsebene zeigte die Tagfalervielfalt (nicht jedoch Abundanz) eine leicht negative Beziehung mit

der Biomasse, jedoch keine signifikante Beziehung mit der total produzierten Energie (Abb. 2). Welchen Effekt die Produktivität auf Landschaftsebene auf die Brutvögel hatte, hing von der Landschaftszusammensetzung ab: In Landschaften, welche von LN dominiert waren (> 80 ha LN), hatte Produktivität (egal ob Biomasse oder Energie) einen negativen Einfluss auf die Artenvielfalt. Überraschenderweise hat die Produktivität keinen oder einen positiven Einfluss auf die Artenvielfalt in Landschaften, wenn genügend naturnahe Flächen (Wälder, Hecken, Gewässer) vorhanden waren (Abb. 3). Keine der Artengruppen reagierte auf Veränderungen der Produktivität pro Hektar. Für die häufigen Kulturen, intensiv genutztes Grünland, Getreide, Silomais, Zuckerrüben und Ölfrüchte, wurde analysiert, ob deren Fläche und Produktivität mit den Biodiversitätsindikatoren korrelierte. Es zeigte sich, dass Getreidefläche und Abundanz der Brutvögel (aber nicht Artenvielfalt), sowie Artenvielfalt von Tagfaltern und Brutvögeln und Zuckerrübenfläche negativ korrelierten. Die durchschnittliche Produktivität der Kulturen hatten dabei keinen Einfluss, was eventuell auch darauf zurückzuführen ist, dass die Streuung in den Ertragsdaten der Kulturen zu gross war, um eine Aussage machen zu können.

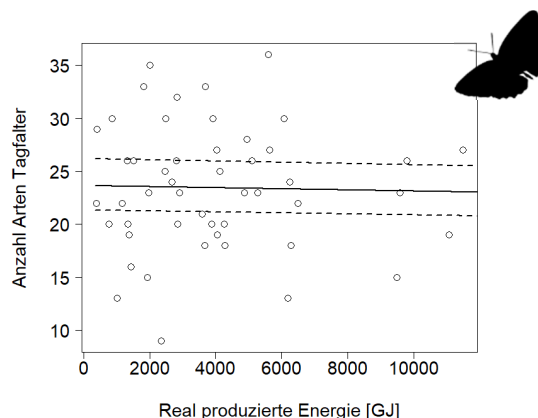
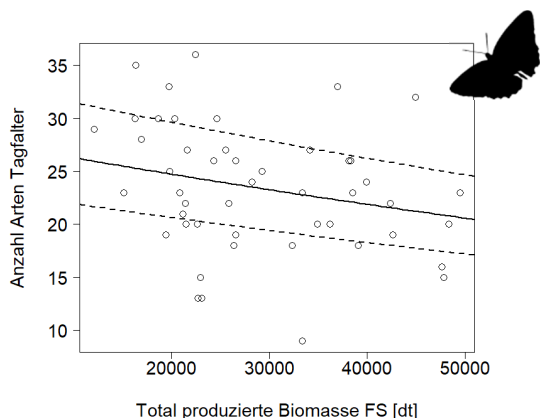


Abb. 2: Die Beziehungen zwischen der Artenvielfalt der Tagfalter und der Produktion an Biomasse und Kalorien pro 1 km² in den Landschaften.

3.4 Schlussfolgerungen

Auf Landschaftsebene wurde die Biodiversität nicht durch die durchschnittliche Produktivität pro Hektar, sondern durch die Gesamtproduktivität der Landschaft beeinflusst, was impliziert, dass die Zusammensetzung der Landschaften und der Kulturen einen grossen

Einfluss hatte. Das Verhältnis zwischen landwirtschaftlich genutzten Flächen und naturnahen Flächen (Wäldern, Hecken, Gewässer) spielt hierbei eine entscheidende Rolle (siehe auch Kapitel 1). Es wurde gezeigt, dass eine hohe Produktivität, in Landschaften mit wenig naturnahen Flächen einen negativen

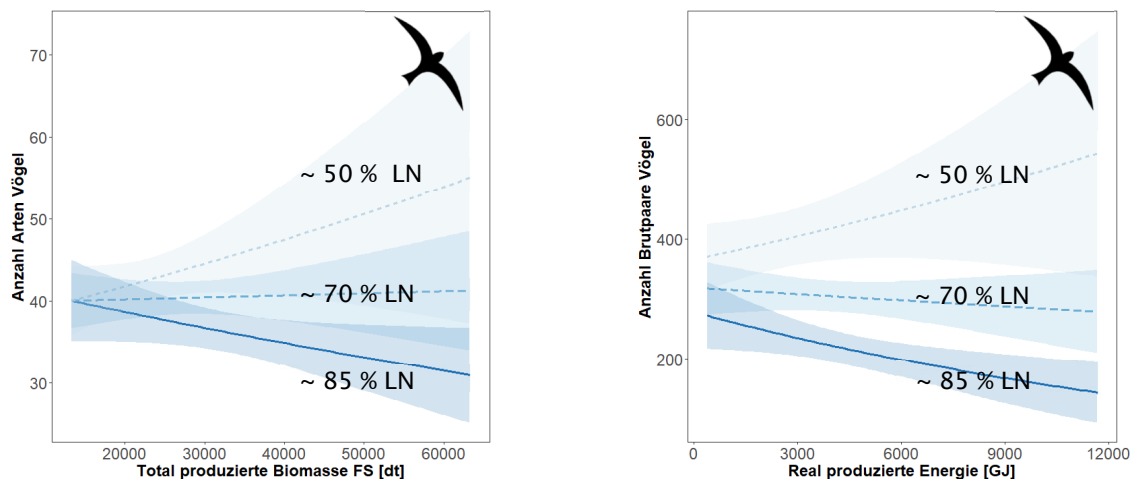


Abb. 3: Beziehung zwischen der Artenvielfalt und Häufigkeit von Vögeln und der Produktivität der Landschaft, in Abhängigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Eine hohe Produktivität hat in Landschaften, in denen die LN dominiert (85 % LN —) eine negative Korrelation mit der Artenvielfalt, einen neutralen bei 70 % LN (- -) und eine positive bei 50% LN (···).

Einfluss auf die Artenvielfalt von Brutvögeln hatte, jedoch nicht in Landschaften mit vielen naturnahen Flächen. Da die Zusammensetzung der Kulturen ein wichtiger Faktor war, reagierten Tagfalter unterschiedlich, negativ oder neutral, auf eine Erhöhung der Produktivität, in Abhängigkeit des Indikators. Es zeigte sich, dass auf Landschaftsebene Produktivität und Biodiversität nicht per se im Konflikt standen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu berücksichtigen, dass die Beziehung zwischen Produktivität und Biodiversität stark skalenabhängig ist (Chase & Leibold 2002). Auf Feldebene kann eine hohe Produktivität, oft erreicht durch Düng- und Pflanzenschutzmittel, einen negativen Einfluss

auf die Biodiversität haben, wobei es grosse Unterschiede zwischen unterschiedlichen Artengruppen gibt (Gabriel *et al.* 2013). Große, mobile Arten, wie Vögel, zeigen im Feldmaßstab oft keine Beziehung zur Produktivität, während kleinere Arten wie Schmetterlinge eine negative Beziehung aufweisen (Gabriel *et al.* 2010). Auf Landschaftsebene gibt es bisher keine Studien in Systemen mit unterschiedlichen Kulturen. Es sind die Eigenheiten unseres Produktionssystems welche die Resultate beeinflussen. Die Landwirtschaft im Mittelland, obwohl sehr intensiv, ist geprägt durch die kleinräumige Matrix, mit vielen unterschiedlichen Kulturen, relativ kleinen Parzellen und naturnahen Flächen.

4 Referenzen

- Balmford, A., Green, R. & Phalan, B. (2012) What conservationists need to know about farming. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences Series B*, **279**, 2714-2724.
- Batáry, P., Dicks, L.V., Kleijn, D. & Sutherland, W.J. (2015) The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, **29**, 1006-1016.
- Birrer, S., Spiess, M., Herzog, F., Jenny, M., Kohli, L. & Lugin, B. (2007) The Swiss agri-environment scheme promotes farmland birds: but only moderately. *Journal of Ornithology*, **148**, S295-S303.
- Bruppacher, L., Pellet, J., Arlettaz, R. & Humbert, J.-Y. (2016) Simple modifications of mowing regime promote butterflies in extensively managed meadows: Evidence from field-scale experiments. *Biological Conservation*, **196**, 196-202.
- Buri, P., Arlettaz, R. & Humbert, J.Y. (2013) Delaying mowing and leaving uncut refuges boosts orthopterans in extensively managed meadows: Evidence drawn from field-scale experimentation. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **181**, 22-30.
- Buri, P., Humbert, J.-Y., Stańska, M., Hajdamowicz, I., Tran, E., Entling, M.H. & Arlettaz, R. (2016) Delayed mowing promotes planthoppers, leafhoppers and spiders in extensively managed meadows. *Insect Conservation and Diversity*, **9**, 536-545.
- Chase, J.M. & Leibold, M.A. (2002) Spatial scale dictates the productivity-biodiversity relationship. *Nature*, **416**, 427-430.
- Donald, P.F., Sanderson, F.J., Burfield, I.J. & van Bommel, F.P.J. (2006) Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990-2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **116**, 189-196.
- Gabriel, D., Sait, S.M., Hodgson, J.A., Schmutz, U., Kunin, W.E. & Benton, T.G. (2010) Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters*, **13**, 858-869.
- Gabriel, D., Sait, S.M., Kunin, W.E. & Benton, T.G. (2013) Food production vs. biodiversity: comparing organic and conventional agriculture. *Journal of Applied Ecology*, **50**, 355-364.
- Kiehl, K.K., A.; Donath, T. W.; Rasran, L.; Hölzel, N.; (2010) Species introduction in restoration projects- Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and Applied Ecology*, **11**, 285-299.
- Mattison, E.H.A. & Norris, K. (2005) Bridging the gaps between agricultural policy, land-use and biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution*, **20**, 610-616.
- Sutcliffe, L.M.E., Batary, P., Kormann, U., Baldi, A., Dicks, L.V., Herzon, I., Kleijn, D., Tryjanowski, P., Apostolova, I., Arlettaz, R., Aunins, A., Aviron, S., Balezentiene, L., Fischer, C., Halada, L., Hartel, T., Helm, A., Hristov, I., Jelaska, S.D., Kaligaric, M., Kamp, J., Klimek, S., Koorberg, P., Kostjukova, J., Kovacs-Hostyanszki, A., Kuemmerle, T., Leuschner, C., Lindborg, R., Loos, J., Maccherini, S., Marja, R., Mathe, O., Paulini, I., Proenca, V., Rey-Benayas, J., Sans, F.X., Seifert, C., Stalenga, J., Timaeus, J., Torok, P., van Swaay, C., Viik, E. & Tschardtke, T. (2015) Harnessing the biodiversity value of Central and Eastern European farmland. *Diversity and Distributions*, **21**, 722-730.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. & Befort, B.L. (2011) Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108**, 20260-20264.
- van Buuren, S. (2012) *Flexible imputation of missing data*. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.
- Walter, T., Eggenberg, S., Gonseth, Y., Fivaz, F., Hedinger, C., Hofer, G., Klieber-Kühne, A., Richer, N., Schneider, K., Szerencsits, E. & Wolf, S. (2013) Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft - Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL). Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ettenhausen.