

Landwirtschaftliche Einflussfaktoren auf Biodiversität und Ökosystemleistungen

Stand 22.05.18

Impressum

Auftraggeber

Bundesamt für Landwirtschaft

Auftragnehmer

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz

Forum Biodiversität Schweiz

Postfach

3001 Bern

+41 31 306 93 40

biodiversity@scnat.ch

Autor

Jodok Guntern, Forum Biodiversität Schweiz

Begleitung durch MitarbeiterInnen des Bundesamtes für Landwirtschaft

Judith Ladner, Fachbereich Direktzahlungsprogramme

Susanne Menzel, Fachbereich Agrarökonomie, Raum und Strukturen

Samuel Vogel, Fachbereich Agrarumweltsysteme und Nährstoffe

TeilnehmerInnen der Diskussionsrunde sowie methodische und fachliche Hinweise

Regula Benz, Agridea

Philippe Jeanneret, Agroscope

Markus Jenny, Schweizerische Vogelwarte Sempach

Christoph Küffer, Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für Landschaft und Freiraum

Lukas Pfiffner, Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL)

Gaby Volkart, atena, Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Forum Biodiversität

Thomas Walter, Agroscope, Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat des Forum Biodiversität

Weitere methodische und fachliche Hinweise

Markus Fischer

Daniela Pauli

Eva Spehn

Ivo Widmer

Hinweis

Dieses Projekt wurde im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft durchgeführt. Der Bericht wiedergibt die Einschätzung des Autors und stimmt nicht zwingend mit den Ansichten der mitwirkenden ExpertInnen oder des Bundesamtes für Landwirtschaft überein. Im Bericht wird die Rolle von Einflussfaktoren des Landwirtschaftssystems auf die Biodiversität thematisiert, es werden jedoch keine Empfehlungen für die Agrarpolitik gemacht.

Zusammenfassung

Anlass (Kap. 1)

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) möchte bessere Kenntnisse über die Systemzusammenhänge im Agrarökosystem erlangen. Dazu werden für verschiedene Teilbereiche mittels sogenannten Einflussmatrizen die Rollen wichtiger Systemelemente im Landwirtschaftssystem identifiziert. Für den Bereich Biodiversität und Ökosystemleistungen wurde das Forum Biodiversität Schweiz um Unterstützung angefragt. Die vorliegende Arbeit wurde von der Geschäftsstelle des Forum Biodiversität unter Einbezug von ExpertInnen für die Biodiversität im Landwirtschaftsgebiet von verschiedenen Institutionen durchgeführt.

Vorgehen und Limitierung der Methode (Kap. 2 und 4)

Um verlässliche Aussagen zu erhalten, wurden für die vorliegende Arbeit die folgenden drei sich ergänzenden Ansätze angewendet:

- 1) Einflussmatrix (Bearbeitung in einem Expertenverfahren)
- 2) ExpertInnen-Umfrage zu den Einflussfaktoren auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz
- 3) Bezug wissenschaftlicher Literatur

In der Startphase des Projektes und anlässlich einer ersten Diskussionsrunde mit ExpertInnen zeigte sich, dass die vorgegebene Methode der Einflussmatrix für sich alleine nicht genügt, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten bzw. um die wichtigsten Einflussgrössen auf die Biodiversität und auf die Ökosystemleistungen im Landwirtschaftsgebiet zu identifizieren. Die Ergebnisse der Einflussmatrix weisen methodenbedingt potenziell grosse Unsicherheiten auf. Die Methode behandelt alle Faktoren – dies sind definierte Systemelemente wie die Biodiversität oder die Betriebsverhältnisse – gleich und fokussiert nicht auf einzelne davon. Sie hilft die Rollen der verschiedenen Systemelemente im definierten System besser zu verstehen, trägt aber nur begrenzt dazu bei, diejenigen Faktoren mit einem starken oder schwachen Einfluss auf die Biodiversität zu identifizieren.

Ergebnisse (Kap. 3)

Die Ergebnisse dieser drei Ansätze zeigen, dass insbesondere die folgenden Faktoren (Systemelemente) im Landwirtschaftssystem starken Einfluss auf die Biodiversität und Ökosystemleistungen haben:

- die Landnutzungsintensität und ihre Teilaspekte wie z.B. Bewirtschaftungspraktiken, -optionen Häufigkeiten und Zeitpunkte, Einsatz von Produktionsmitteln, räumliche Aspekte, Flächenanteile mit einem bestimmten Nutzungsniveau
- die Bodenbedeckung, z.B. Ackerland, Grünland, Feuchtflächen, Gebüsche und Säume
- die verschiedenen Akteure und die nationalen Verhältnisse, z.B. landwirtschaftliche Bildung und Beratung, Handel, landwirtschaftliche Organisationen und Branchen, KonsumentInnen
- die Betriebsverhältnisse, z.B. Motivation der LandwirtInnen, Tierbestand, Einkommen und dessen Herkunft

Diese Systemelemente stellen entsprechend „starke Hebel“ im System für Veränderungen der Biodiversität und von Ökosystemleistungen dar. Die wissenschaftlichen Belege für diese Zusammenhänge sind gut etabliert, auch wenn für gewisse Teilbereiche noch Wissenslücken bestehen.

Systemeingriffe über diese übergeordneten Faktoren müssen jedoch vorsichtig erfolgen, da sie meist viele Interaktionen mit anderen Systemelementen aufweisen (bezeichnet als „aktiv“ bis „kritisch“), wie die Ergebnisse der Einflussmatrix zeigen. Vorsicht ist ebenso geboten bei Eingriffen über Systemelemente, die zwar selbst im Gesamtsystem nicht sehr aktiv sind („puffernd“ oder „reaktiv“), aber mit anderen stark vernetzten Systemelementen („kritisch“) interagieren. Dies sind z.B. Emissionen, die Biodiversität, Ökosystemleistungen oder der Globale Wandel. Beim Überschreiten gewisser Schwellenwerte könnten sie plötzlich einen starken Einfluss auf das System entwickeln.

Fazit (Kap. 5)

Die Biodiversität stellt die zentrale Grundlage für Ökosystemleistungen und damit für eine langfristig produktive und stabile Landwirtschaft dar. Je höher die Biodiversität, desto leistungsfähiger, stabiler und resilienter sind im Allgemeinen die Vielzahl an verschiedenen Ökosystemleistungen. Die

Biodiversität zu erhalten und zu fördern sowie ihre Leistungen gezielt für die Landwirtschaft zu nutzen, stellt somit eine grosse und bisher teilweise noch ungenutzte Chance dar.

Sollen im System längerfristig wirksame und nachhaltige Veränderungen und nicht nur Symptombehandlungen erfolgen, muss an den Ursachen für festgestellte Mängel angesetzt werden. So gilt es an der Landnutzungsintensität anzusetzen, um Emissionen zu minimieren und um den Zustand der Biodiversität zu verbessern – und nicht direkt bei den Emissionen selbst. Solange dies nicht in genügendem Umfang erfolgt, bleiben aber auch Symptombehandlungen für Systemelemente wie die Biodiversität oder Umweltqualität im System äusserst wichtig.

Gewisse Gefährdungsfaktoren für die Biodiversität (z.B. Landnutzungsintensität mit Stickstoff- und Pflanzenschutzmitteleinsatz, Ammoniakemissionen, einheitliche Nutzung über Landschaftskammern hinweg) wirken weiträumig und führen zu einer Vereinheitlichung der Biodiversität, die insgesamt in einem Rückgang der Biodiversität mündet. Um diesen Faktoren entgegenzuwirken, sind neben der gezielten Reduktion der Gefährdungsursachen und ihrer Auswirkungen auch die Erhaltung und Förderung regionaler und lokaler Besonderheiten sehr wichtig, wie sie in der „Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft – Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume“ spezifiziert sind.

Um Stossrichtungen für die Optimierung des Landwirtschaftssystems zu entwickeln und dabei das Potenzial der Biodiversität und Ökosystemleistungen zu nutzen, erachten wir weitere Arbeitsschritte unter Einbezug von ExpertInnen aus verschiedenen Teilbereichen als notwendig:

- Optimierung des bestehenden Instrumentariums zur Förderung der Biodiversität und Ökosystemleistungen mit Fokus auf bekannte Schwachstellen.
- Falls die Methode der Einflussmatrix als Grundlage für Entscheidungen in der Agrarpolitik verwendet werden soll, ist die Durchführung aller Arbeitsschritte, wie sie im Sensitivitätsmodell gemäss Vester (2010) vorgesehen sind, für das gesamte Landwirtschafts- und Ernährungssystem sowie seine Teilbereiche unter breitem Einbezug der verschiedenen Akteure und ExpertInnen zwingend nötig.
- Identifikation von geeigneten Ansatzpunkten in der Agrarpolitik und konkreten Massnahmen für Veränderungen der grundlegenden Ursachen des Rückgangs der Biodiversität und der Beeinträchtigung der Ökosystemleistungen basierend auf der vorliegenden Arbeit und weiteren Grundlagen, um möglichst auf aufwendige, kostspielige und nicht nachhaltige Symptombehandlungen verzichten zu können.
- Entwicklung von effizienten und nachhaltigen Produktionssystemen, welche auf der Biodiversität und regulierenden Ökosystemleistungen basieren. Damit können Ökosystemleistungen gezielt für die Produktion genutzt, die Umwelt geschont und die Produktionskapazität erhalten und stabilisiert werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Vorgehen	7
2.1	Übersicht des Vorgehens im Projekt	7
2.2	Methode der Einflussmatrix	7
2.3	ExpertInnen-Umfrage	9
2.4	Wissenschaftliche Literatur	10
3	Ergebnisse und Diskussion	11
3.1	Übersicht der Teilergebnisse der Einflussmatrix	11
3.1.1	Hauptaussagen in der Diskussionsrunde	11
3.1.2	Systemelemente und Ausgewogenheit der Auswahl	11
3.1.3	Einflussmatrix	12
3.1.4	Aktiv-Passiv Balkendiagramm	13
3.1.5	Einflussgrafik und Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen	14
3.1.6	Sensibilität der Ergebnisse der Einflussmatrix	17
3.2	Ergebnisse der drei methodischen Ansätze je Systemelement	18
3.2.1	Globaler Wandel	18
3.2.2	Akteure und nationale Verhältnisse	20
3.2.3	Betriebsverhältnisse	22
3.2.4	Landschaft	25
3.2.5	Bodenbedeckung (Landbedeckung, land cover)	28
3.2.6	Landnutzungsintensität (Bewirtschaftungspraktiken und Ausgestaltung, Einsatz Produktionsmittel und Emissionen, Niveau der Nutzungsintensität)	29
3.2.7	Biodiversität	35
3.2.8	Ökosystemleistungen	35
3.3	Einfluss der Biodiversität auf Ökosystemleistungen	36
4	Limitierung der vorgegebenen Methode	39
4.1	Systemgrenze	39
4.2	Limitierung der Methode Einflussmatrix	39
5	Fazit	41
6	Literatur	43
7	Anhang	51
7.1	Methodik der Einflussmatrix	51
7.1.1	Auswahl der Systemelemente	51
7.1.2	Einstufung der Wechselwirkungen in der Einflussmatrix	51
7.1.3	Interpretation der Ergebnisse	52
7.1.4	Überprüfung der Sensibilität der Ergebnisse	53
7.2	Definition der Systemelemente	53
7.3	Hierarchisierung der Systemelemente, Zuordnung zum DPSIR-Modell und Wirkungsskalen	58
7.4	Sensibilität der Ergebnisse der Einflussmatrix	59

1 Einleitung

Im Rahmen des Teilprojekts „Lenken in Nutzen und Schützen“ zur Ausarbeitung der Umweltaspekte der Agrarpolitik 2022+ möchte das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) bessere Kenntnisse über die Systemzusammenhänge im Agrarökosystem erlangen. Es soll überprüft werden, ob das bestehende Instrumentarium an denjenigen Punkten ansetzt, die am wirkungsvollsten sind hinsichtlich der Erreichung definierter Ziele, u.a. bei der Biodiversitätsförderung. Ausgehend von einem sogenannten DPSIR-Modell (Drivers=Treiber, Pressures=Belastungen, State=Zustand, Impact=Auswirkungen, Responses=Reaktionen) zum Thema Biodiversität und Ökosystemleistungen im Schweizer Agrarökosystem wurden deshalb durch das BLW relevante Einflussgrößen (Systemelemente = SE) im Bereich Biodiversität benannt. In einer Einflussmatrix wurden die Interaktionsstärken dieser SE eingeschätzt. Das Ergebnis der Einflussmatrix stellt eine sogenannte Einflussgrafik dar, anhand derer die SE als puffernd/träge, reaktiv, kritisch und aktiv klassiert werden.

In diesem Zusammenhang ersuchte das BLW das Forum Biodiversität Schweiz um Unterstützung. In diesem Rahmen wurden die Vorarbeiten des BLWs mit der vorgegebenen Methode der Einflussmatrix überprüft und ergänzt.

Dazu wurden zu Projektbeginn folgende Ziele formuliert:

1. Die relevanten SE (Einflussgrößen) im Bereich Biodiversität und Ökosystemleistungen in der Schweizer Landwirtschaft sind identifiziert.
2. Der Einfluss der verschiedenen SE aufeinander ist mittels eines Bewertungsschlüssels und der Einflussmatrix beurteilt.
3. Die Sensibilität bzw. Robustheit der Ergebnisse der Einflussmatrix bei Anwendung verschiedener Bewertungsschlüssel ist grob bekannt und ein Plausibilitätscheck der Ergebnisse ist durchgeführt.

Als Orientierungshilfe galten zudem folgende Fragen:

- Welche SE bilden die stärksten Hebel für eine effiziente Biodiversitätsförderung?
- An welchen SE sollte angesetzt werden, an welchen eher nicht, um die Biodiversität zu fördern?
- Welche Konsequenzen haben die Ergebnisse für die Biodiversitätsförderung?

In der Startphase des Projektes und im Austausch mit den ExpertInnen im Bereich Biodiversität im Landwirtschaftsgebiet zeigte sich, dass allein basierend auf der vorgegebenen Methode der Einflussmatrix die relevanten Einflussgrößen auf die Biodiversität im Schweizer Landwirtschaftssystem nicht zuverlässig bestimmt werden können. Deshalb wurde ergänzend eine Umfrage unter ExpertInnen durchgeführt und wissenschaftliche Literatur beigezogen, um den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Biodiversität von Schweizer Landwirtschaftsbetrieben zu ermitteln.

2 Vorgehen

2.1 Übersicht des Vorgehens im Projekt

Abbildung 1 zeigt das Vorgehen im Projekt. Die Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren im Landwirtschaftssystem auf Biodiversität und Ökosystemleistungen wurden mit den drei folgenden Ansätzen untersucht, um die Ergebnisse gut abzustützen und die Plausibilität der Teilergebnisse zu prüfen:

- 1) Einflussmatrix gemäss Vester (2010): Zwischenresultate in einer Diskussionsrunde mit ExpertInnen besprochen und die finale Version in einem ExpertInnen-Verfahren durch vier der beteiligten Personen ausgefüllt (Kapitel 2.2),
- 2) Durchführung einer ExpertInnen-Umfrage (Kapitel 2.3),
- 3) Bezug wissenschaftlicher Literatur (Kapitel 2.4)

Die einzelnen Arbeitsschritte sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

Ein Entwurf des vorliegenden Berichtes wurde schlussendlich den TeilnehmerInnen der Diskussionsrunde für Kommentare zugestellt.

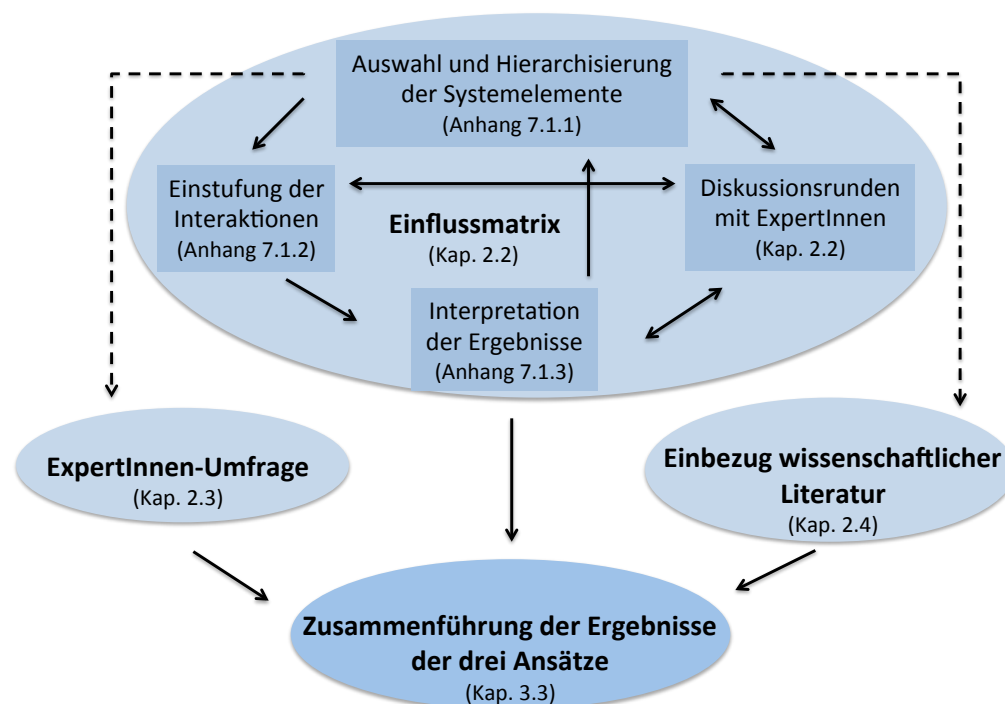


Abbildung 1: Übersicht des Vorgehens im Projekt mit den drei Ansätzen Einflussmatrix, ExpertInnen-Umfrage und Einbezug der wissenschaftlichen Literatur. Bei der Erarbeitung der Einflussmatrix wurden neu gewonnene Erkenntnisse wiederholt eingearbeitet. Die ausgewählten Systemelemente dienen als Grundlage für die ExpertInnen-Umfrage und die Literaturrecherche.

2.2 Methode der Einflussmatrix

Die Methode der Einflussmatrix (Papiercomputer) ist gemäss dem Entwickler Vester (2010) Teil eines Sensitivitätsmodelles (Abbildung 2, Ausführliche Beschreibung des Vorgehens in Vester (2010)), dessen Anwendung helfen soll, komplexe Systeme besser verstehen zu lernen. In diesem Modell werden die Auswahl und Beschreibungen von Einflussgrössen (genannt Systemelemente = SE) und die Einstufung ihrer Wechselwirkungen in partizipativen Prozessen basierend auf neuen Erkenntnissen wiederholt korrigiert und ergänzt. Das zu untersuchende System wird durch die Auswahl der SE definiert.

Die Methode hilft, die direkten und indirekten Wechselwirkungen der SE zu erkennen und deren Rollen besser zu verstehen. So kann die gegenseitigen Beeinflussung der SE untereinander abgeschätzt werden, unabhängig ob diese verstärkend (positiv) oder hemmend (negativ) sind. Es geht also um die Rolle eines SE im Gesamtsystem bzw. seiner Beteiligung am Geschehen im Gesamtsystem. Es gibt folglich nicht eine einzelne Zielgrösse (z.B. Biodiversität), weshalb im vorliegenden Projekt

Landwirtschaftliche Einflussfaktoren auf Biodiversität und Ökosystemleistungen die Biodiversität selbst auch eine SE darstellt.

Die Ergebnisse geben Hinweise, welche SE voraussichtlich geeignet sind, eine Veränderung im System voranzutreiben oder nicht und welche SE Einfluss auf viele andere Bestandteile des Systems haben oder ihrerseits durch viele andere SE beeinflusst werden.

Im vorliegenden Projekt wurden lediglich die folgenden Arbeitsschritte des Sensitivitätsmodells nach Vester (2010) durchgeführt (Abbildung 2, rotes Oval):

- Erfassung der Einflussgrößen (Auswahl der SE: Anhang 7.1.1)
- Prüfung auf Systemrelevanz (Kriterienmatrix: Anhang 7.1.1)
- Hinterfragung der Wechselwirkungen (Einflussmatrix: Anhang 7.1.2)
- Bestimmung der Rollen der SE im System (Aktiv-Passiv Grafik und Einflussgrafik der Einflussmatrix) (Interpretation der Ergebnisse: Anhang 7.1.3)

Zusätzlich zu diesen Arbeitsschritten wurde die Sensibilität der Ergebnisse bei der Verwendung unterschiedlicher Bewertungsschlüssel getestet (Anhang 7.1.4).

Um einerseits die Erstauswahl der SE zu diskutieren und andererseits die Plausibilität der Zwischenergebnisse der Methode der Einflussmatrix zu prüfen, wurde am 13.06.17 eine Diskussionsrunde mit ExpertInnen und der Projektbegleitung vom BLW durchgeführt. Des Weiteren wurden an dem Anlass Anliegen der ExpertInnen zum Projekt gesammelt.

Bevor gut abgestützte Entscheidungen getroffen werden können, müssen laut Vester (2010) auch die weiteren in Abbildung 2 dargestellten Arbeitsschritte durchgeführt werden: Verständnis des Wirkungsgefüges, Erarbeitung von Teilszenarien und Regelkreisen sowie Simulationen und Policy-Tests.

Somit sind die Ergebnisse in diesem Bericht als Zwischenresultat im grösseren Prozess des Sensitivitätsmodells gemäss Vester (2010) zu verstehen.

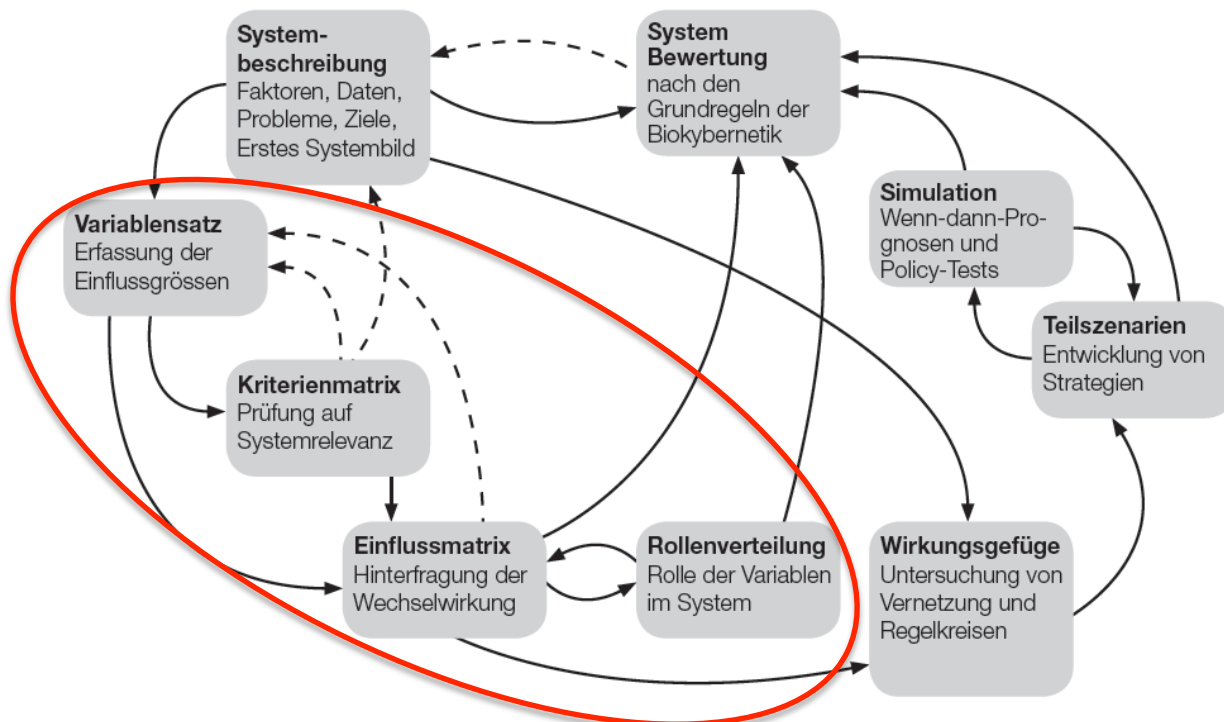


Abbildung 2: Die rekursive Struktur des Sensitivitätsmodells (Vester 2010). Definitionen und Beschreibungen der Arbeitsgrößen werden durch Erkenntnisse in den verschiedenen Arbeitsschritten immer wieder aktualisiert. Rotes Oval: Im vorliegenden Projekt durchlaufene Arbeitsschritte.

2.3 ExpertInnen-Umfrage

Zur Identifizierung der wichtigen Faktoren und deren Einflussstärke auf die Biodiversität im Schweizer Landwirtschaftssystem wurde eine ExpertInnen-Umfrage mit einem Online-Fragebogen (www.surveymonkey.com) durchgeführt.

TeilnehmerInnen der Umfrage

Zur Umfrage eingeladen wurden einerseits die TeilnehmerInnen der Diskussionsrunde (7 ExpertInnen, siehe Impressum) und andererseits diejenigen Mitglieder des wissenschaftlichen Beirats des Forum Biodiversität (Plenum), die Expertise im Bereich "Landwirtschaft" und/oder für "Grünland" oder "Kulturen" (Lebensraumbereiche gemäss Delarze et al. 2015) aufweisen (16 ExpertInnen). Insgesamt wurden 23 ExpertInnen zur Umfrage eingeladen, von denen 12 an der anonymen Umfrage teilgenommen haben. Die Antworten von einer Person, die für die Umfrage weniger als 10 Minuten Zeit aufgewendet hatte, wurden nicht berücksichtigt.

Aufbau der Umfrage

In der Umfrage wurde nach den Einflussstärken verschiedener Faktoren auf die Biodiversität von Schweizer Landwirtschaftsbetrieben gefragt. Diese wurden in die folgenden Bereiche unterteilt, die den SE 1-10 der Hierarchiestufe 1 entsprechen (ohne SE Biodiversität und Ökosystemleistungen) (Anhang 7.3):

- Globaler Wandel
- Akteure in der Schweiz und nationale Verhältnisse
- Betriebsverhältnisse
- Bodenbedeckung (Landbedeckung, land cover)
- Bewirtschaftungspraktiken
- räumliche und zeitliche Aspekte der Bewirtschaftung
- Einsatzmengen von Produktionsmitteln
- Niveau der Nutzungsintensität
- Emissionen
- Landschaft

Die Frage lautete für die verschiedenen Faktoren in jedem dieser Bereiche gleich (Abbildung 3): *Welchen direkten und/oder indirekten Einfluss können folgende Faktoren auf die Biodiversität eines Landwirtschaftsbetriebes in der Schweiz ausüben?*

Da der Wissensstand zum Einfluss der verschiedenen Faktoren unterschiedlich ist, wurde zudem für jede Aussage eine Einschätzung der ExpertInnen zur Zuverlässigkeit der Belege (wissenschaftliche Literatur oder ihre Erfahrungen) gemäss dem Schema in Abbildung 4 erhoben.

1 GLOBALER WANDEL (Zeitraum bis 2050)

Welchen direkten und/oder indirekten Einfluss können die folgenden Faktoren auf die **Biodiversität eines Landwirtschaftsbetriebes** in der Schweiz ausüben (Spalten 1-6)?

Wie beurteilen Sie die **Zuverlässigkeit der vorhandenen Belege** für die Einflussstärken der Faktoren (Spalten 7-11)?

	Einflussstärke					Vorhandene Belege					
	nicht oder kaum	gering	mittel	stark	sehr stark	weiss nicht	wenige und widersprüchliche	viele aber teilweise widersprüchliche	etablierte aber lückenhafte	gut etablierte und umfassende	weiss nicht
Bevölkerungsentwicklung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Internationale Wirtschaft und Handel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Fragebogen mit zwei der Einflussfaktoren im Bereich "Globaler Wandel".



Abbildung 4: Schema zur Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege, auf denen die ExpertInnen ihre Aussagen basieren. Quelle: angelehnt an IPBES (2016).

Auswertung der Umfrage

Für die Auswertung der durch die ExpertInnen eingestufteten Einflussstärken der verschiedenen Einflussfaktoren auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben wurde der Median berechnet. Zur Darstellung der Streuung wurden Boxplots gebildet, die das Minimum, 25%-Quartil, den Median, 75%-Quartil und das Maximum der Einstufung der ExpertInnen zeigen.

Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Belege wurde eine nicht lineare Skala verwendet. Die Zuverlässigkeit wird in Worten ausgedrückt. Für die Auswahl des „Zuverlässigkeits-Ausdrucks“ gemäss Abbildung 4 wurde zuerst jedem davon ein Wert von 1-4 zugeordnet (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege). Basierend darauf wurde der Median als Orientierungshilfe berechnet. Im Zweifelsfall, z.B. bei einem Median von 2.5, wurde die tiefere Zuverlässigkeit, d.h. z.B. 2 = „viele aber teilweise widersprüchliche Belege“ gewählt. Die Zuverlässigkeit „gut etablierte und umfassende Belege“ wurde nur für Faktoren mit Median 4, bei der gleichzeitig mindestens 75% der ExpertInnen die Stufe 3 oder höher gewählt haben, vergeben.

2.4 Wissenschaftliche Literatur

Als dritter Ansatz, um wichtige Einflussfaktoren des Landwirtschaftssystems auf die Biodiversität zu identifizieren, wurde zu den einzelnen behandelten SE wissenschaftliche Literatur beigezogen.

Für die SE der Hierarchiestufe 1 (Anhang 7.1.1, 7.3) wurden dabei soweit vorhanden Assessments¹, Metaanalysen² und Reviews³ verwendet. Diese wurden über <https://scholar.google.ch> gesucht („Meta-analysis“ or „review“ and „Name Systemelement in Englisch“) oder über Literaturverzeichnisse von Artikeln gefunden.

Solche Übersichtsarbeiten waren insbesondere für das SE Landbedeckung, verschiedene Teilaspekte der Landnutzungsintensität (also auch für SE der Hierarchiestufe 2) sowie Aspekte des Globalen Wandels vorhanden. Da eine ausführliche Literaturrecherche für jedes SE den Rahmen der vorliegenden Arbeit übersteigt, wurde die Wirkung gewisser Einflussfaktoren (z.B. Einfluss der Mahd auf die Biodiversität) anhand von beispielhaften Studien erläutert.

¹ Ein „Assessment“ (z.B. Millennium Ecosystem Assessment 2005) trägt den Wissensstand zu einem Thema unter Einbezug sehr vieler Fachleute zusammen und beurteilt diesen. Es basiert vorwiegend auf der wissenschaftlichen Literatur (peer-reviewed), geht aber darüber hinaus. Widersprüchliche Aussagen oder Schlussfolgerungen werden soweit als möglich in Einklang gebracht, in dem Methoden, Annahmen und Daten geprüft werden.

² Quantitative statistische Analyse von verschiedenen einzelnen aber ähnlichen Studien, um die zusammengeführten Daten auf ihre statistische Signifikanz bzw. auf ihre Variabilität zu prüfen.

³ Literaturübersicht, die versucht zu einem bestimmten Thema, alles verfügbare Wissen zusammenzutragen und kritisch zu bewerten.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Übersicht der Teilergebnisse der Einflussmatrix

3.1.1 Hauptaussagen in der Diskussionsrunde

An der Diskussionsrunde wurde den ExpertInnen folgende Zwischenresultate vorgestellt:

- eine erste Auswahl von nicht hierarchisierten SE
- eine Einflussgrafik basierend auf der Einstufung der Interaktionen unter den gewählten SE durch eine Person
- eine Sensibilitätsanalyse der Zwischenergebnisse

Basierend darauf wurde die Auswahl der SE sowie die Plausibilität der Zwischenergebnisse diskutiert sowie weitere Anliegen der ExpertInnen bezüglich des Projektes gesammelt. Die Ergänzungsvorschläge zu den SE flossen in den weiteren Prozess ein, wurden aber nicht alle in der Einflussmatrix mit den SE der Hierarchiestufe 1 berücksichtigt. Viele der Zwischenergebnisse schienen den ExpertInnen nicht plausibel zu sein. Es wurde Kritik an der Methode und dem Vorgehen geäußert. Einerseits wurden andere Methoden als die Einflussmatrix als geeigneter betrachtet, um die wirksamsten Hebel für die Einflussnahme zu identifizieren, andererseits wurden folgende Anliegen geäußert:

- Die SE müssen sehr gut definiert und Wirkungsskalen zugeordnet werden.
- Eine Hierarchie der SE ist anzulegen, die zeigt, welche SE einander über- oder untergeordnet sind.
- Bei der Auswahl der SE ist ein Gleichgewicht/eine Ausgewogenheit der SE von verschiedenen Ebenen (DPSIR) und Bereichen anzustreben.
- Interaktionen in der Einflussmatrix müssen durch mehrere ExpertInnen eingestuft werden.
- Eine Gewichtung der SE ist wichtig, da diese je nach Wirkungsskala das Gesamtsystem unterschiedlich stark beeinflussen und keine Gewichtung ebenfalls einer Gewichtung entspricht, die aber nicht unbedingt sinnvoll ist.
→ Eine Gewichtung ist allerdings in der Methode nicht vorgesehen. Da für die finale Einflussmatrix nur SE der Hierarchiestufe 1 verwendet wurden, wurde nach Rücksprache mit den ExpertInnen schlussendlich keine Gewichtung durchgeführt.
- Vorsichtige Interpretation und Validierung der Ergebnisse mit ExpertInnen ist notwendig.
- Viele Entscheidungen in der Methode sind subjektiv. Diese müssen deshalb unter ExpertInnen diskutiert, möglichst breit abgestützt und transparent kommuniziert werden. Insbesondere bei Entscheidungen durch Einzelpersonen darf nicht Wissenschaftlichkeit vorgegeben werden.
- Je nach Wahl der Systemgrenze müssen Schnittstellen nach „ausen“ berücksichtigt werden.

Den Anliegen der ExpertInnen wurde soweit möglich Folge geleistet.

3.1.2 Systemelemente und Ausgewogenheit der Auswahl

Zur Beschreibung des Systems „Schweizer Landwirtschaft–Biodiversität–Ökosystemleistungen“ wurden SE identifiziert, angelehnt an Jeanneret et al. (2014) und in Rücksprache mit ExpertInnen hierarchisiert und Wirkungsebenen (Feld – Betrieb – Landschaft – Schweiz - global) zugeordnet. Die verwendeten Definitionen der SE finden sich in Anhang 7.2, die Hierarchisierung der SE in Anhang 7.3.

Die Ausgewogenheit der Auswahl der 12 SE der Hierarchiestufe 1 wurde einerseits mit den ExpertInnen besprochen, andererseits mit der sogenannten Kriterienmatrix überprüft (Abbildung 5). Demgemäss werden die Grundaspekte des Systems mit den gewählten SE einigermaßen gut abgedeckt, d.h. das System lässt sich mit den gewählten SE ausgeglichen beschreiben.

Bei Betrachtung der verschiedenen „Lebensbereiche“ zeigt sich, dass Aspekte der Flächennutzung und des Naturhaushalts mit den gewählten SE tendenziell stark und Aspekte des Gemeinwesens (z.B. Steuern, Massnahmen, Gesetze) eher schwach vertreten sind. Seitens des BLW wurde gewünscht, dass Instrumente und Massnahmen nicht in die Einflussmatrix einfließen, da ein Systemverständnis auf der sachlichen Ebene erarbeitet werden sollte, um Ansatzpunkte einer zielführenden Agrarpolitik im Bereich Biodiversität abzuleiten. Bezüglich der „physikalischen Kategorien“ sind eher wenig SE gewählt, die Informations- und Kommunikationscharakter aufweisen (im Vergleich zu SE mit

materiellem oder Energie-Charakter). Bezüglich der dynamischen Kategorien und den Systembeziehungen scheint die Wahl der SE gut ausgeglichen zu sein. Die Systembeziehungen zeigen an, dass sich das beschriebene System sowohl von Innen als auch von Aussen beeinflussen lässt.

Einflussgrößen	Lebensbereiche						Phys. Kat.		Dyn. Kat.			Systembez.						
	Wirtschaft	Population	Flächennutzung	Humanökologie	Naturlandschaft	Infrastruktur	Gemeinwesen	Materie	Energie	Information	Flussgrösse	Strukturgrösse	zeitliche Dynamik	räumliche Dynamik	öffnet System d. Input	öffnet System d. Output	von Innen beeinflussbar	von Aussen beeinflussbar
1 Globaler Wandel	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2 Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse	0.5	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 Betriebsverhältnisse	1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0		0.5	0.5	0.5	0.5
4 Bewirtschaftungspraktiken			0.5		0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5	0.5	1.0		1.0	1.0	0.5
5 Ausgestaltung der Bewirtschaftung			0.5		0.5	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	0.5	
6 Einsatz Produktionsmittel					1.0			1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7 Emissionen					1.0			1.0	1.0		1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0	0.5
8 Landschaft			1.0			0.5		0.5				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
9 Bodenbedeckung			1.0					1.0				1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5
10 Landnutzungsintensität (Zustand)			1.0		1.0			1.0		1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	0.5	1.0
11 Biodiversität		1.0			1.0			1.0		0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
12 Ökosystemleistungen auf Betrieb	1.0		0.5	1.0	1.0			0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
Summe:	4	4	7	4	7	5	3	9	8	4	9	9	12	12	7	11	10	8

Abbildung 5: Kriterienmatrix für die Systemelemente der Hierarchiestufe 1 (ausgefüllt durch 1 Person).

3.1.3 Einflussmatrix

Die Einflussmatrix wurden mit den 12 SE der Hierarchiestufe 1 gebildet (Abbildung 6). Die SE der Hierarchiestufe 2 wurden in der ExpertInnen-Umfrage und beim Zusammentragen der wissenschaftlichen Literatur berücksichtigt.

Die Einstufung der direkten Interaktionen unter den SE in er Einflussmatrix stellt die Grundlage dar für das Aktiv-Passiv-Balkendiagramm (Abbildung 7), die Einflussgrafik (Abbildung 8) und die Gegenüberstellung der Aktiv- und Passivsummen (Abbildung 9).

4-stufige Bewertungsskala: 2: starker Einfluss 1: mittlerer Einfluss 0.5: kleiner Einfluss 0.1: kein, sehr schwacher oder zeitverzögerter Einfluss	Globaler Wandel	Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse	Betriebsverhältnisse	Bewirtschaftungspraktiken	Ausgestaltung der Bewirtschaftung	Einsatz Produktionsmittel	Emissionen	Landschaft	Bodenbedeckung	Landnutzungsintensität (Zustand)	Biodiversität	Ökosystemleistungen auf Betrieb	Summe	Aktiv-Summe (AS)	Interaktions-index (PS*AS)
	1 Globaler Wandel	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	1	1	0.1	1	0.5	5.3	5.3
2 Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse	0.1	1	2	1	2	0.5	1	1	1	1	1	1	12.6	12.6	69.3
3 Betriebsverhältnisse	0.1	0.5	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	14.6	14.6	132.9
4 Bewirtschaftungspraktiken	0.1	0.5	1	2	2	2	0.5	0.5	2	2	2	2	14.6	14.6	140.2
5 Ausgestaltung der Bewirtschaftung	0.1	0.5	0.5	0.5	2	2	0.5	0.1	2	2	2	2	12.2	12.2	172
6 Einsatz Produktionsmittel	1	0.5	1	1	2	2	0.1	0.1	2	2	2	1	12.7	12.7	154.9
7 Emissionen	2	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	0.5	4.7	4.7	64.86
8 Landschaft	0.1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.1	1	1	1	2	2	9.2	9.2	77.28
9 Bodenbedeckung	2	0.5	1	2	2	2	2	2	0.5	2	2	2	18	18	160.2
10 Landnutzungsintensität (Zustand)	2	0.5	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	16.5	16.5	186.5
11 Biodiversität	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	1	1	0.1	2	2	6.4	6.4	121.6
12 Ökosystemleistungen auf Betrieb	1	0.5	1	0.5	1	1	2	0.1	0.1	0.5	2	2	9.7	9.7	155.2
Passiv-Summe (PS)	8.6	5.5	9.1	9.6	14	12	14	8.4	8.9	11	19	16	136.5		
Aktivitäts-Index (AS/PS)	0.6	2.3	1.6	1.5	0.9	1.0	0.3	1.1	2.0	1.5	0.3	0.6			

Abbildung 6: Einflussmatrix mit 12 Systemelementen der Hierarchiestufe 1 basierend auf der Einstufung der Interaktionsstärken der Systemelemente durch vier Personen (2 Mitarbeiter von der Geschäftsstelle des Forum Biodiversität Schweiz, 2 Experten) sowie der anschliessenden Diskussion und Anpassung der unterschiedlich eingestufteten Interaktionsstärken.

3.1.4 Aktiv-Passiv Balkendiagramm

Das Balkendiagramm der Aktiv- und Passivsummen zeigt (Abbildung 7, Tabelle 1), welche SE der Hierarchiestufe 1 innerhalb des Systems am stärksten direkt auf andere SE wirken (AS) und welche am stärksten direkt von anderen SE beeinflusst werden (PS). Diese Einstufungen beziehen sich methodenbedingt nur auf die systeminternen Wirkungen, wobei die Systemgrenzen durch die Wahl der SE definiert ist.

Bodenbedeckung und die verschiedenen SE im Bereich Landnutzungsintensität sind starke Beeinflusser, ebenso die verschiedenen Akteure. Stark beeinflusst von anderen SE werden die Biodiversität und Ökosystemleistungen, ebenfalls Aspekte der Landnutzungsintensität sowie Emissionen.

Die SE Zustand der Landnutzungsintensität, Einsatz Produktionsmittel und Ausgestaltung der Bewirtschaftung sind sowohl starke Beeinflusser und werden gleichzeitig stark beeinflusst (sowohl AS als auch PS > 11). Die Bewirtschaftungspraktiken, Betriebsverhältnisse und Ökosystemleistungen zeigen mittelhohe Werte in beide Richtungen (sowohl AS als auch PS > 9).

Die SE Landschaft und Globaler Wandel sind einerseits geringe Beeinflusser und sind andererseits gering beeinflusst (sowohl AS als auch PS < 9.5). Dies ist vermutlich teilweise damit erklärbar, dass der Fokus der Betrachtung auf der Betriebsebene lag.

Tabelle 1: Rangfolgen der Systemelemente (SE) bezüglich ihrer Aktiv (AS)- und Passivsummen (PS). Der Rang 1 der AS stellt den stärksten, Rang 12 den schwächsten direkten Beeinflusser der anderen SE im System dar. Der Rang 1 der PS stellt das von den anderen SE am stärksten, Rang 12 das am schwächsten direkt beeinflusste SE im System dar.

Rang	Aktivsummen (Rangfolge der Beeinflusser)	Passivsummen (Rangfolge der Beeinflussten)
1	Bodenbedeckung	Biodiversität
2	Zustand der Landnutzungsintensität	Ökosystemleistungen
3	Bewirtschaftungspraktiken und Betriebsverhältnisse (gleiche Aktivsummen)	Ausgestaltung der Bewirtschaftung (v.a. zeitl. und räuml. Aspekte der Bewirtschaftung)
4		Emissionen
5	Einsatz Produktionsmittel	Einsatz von Produktionsmitteln
6	Verschiedene Akteure und nationale Verhältnisse	Zustand der Landnutzungsintensität
7	Ausgestaltung der Bewirtschaftung (v.a. zeitl. und räuml. Aspekte der Bewirtschaftung)	Bewirtschaftungspraktiken
8	Ökosystemleistungen	Betriebsverhältnisse
9	Landschaft	Bodenbedeckung
10	Biodiversität	Globaler Wandel
11	Globaler Wandel	Landschaft
12	Emissionen	Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse

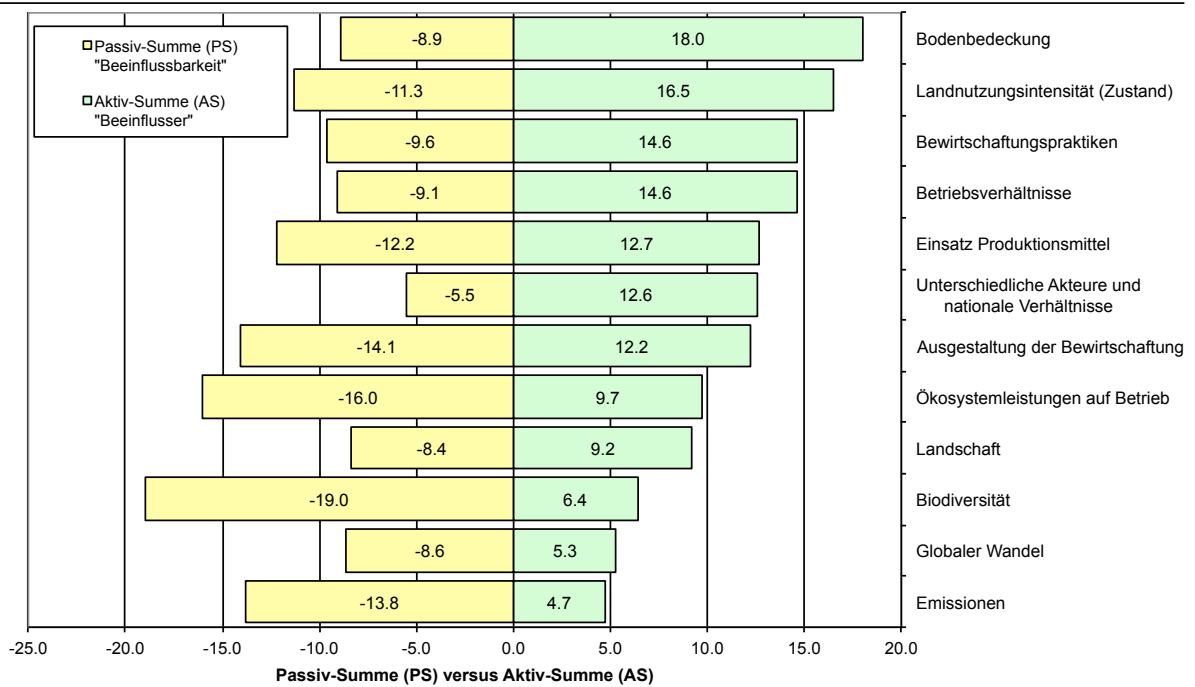


Abbildung 7: Aktiv-Passiv Balkendiagramm der Einflussmatrix mit 12 Systemelementen der Hierarchiestufe 1.

3.1.5 Einflussgrafik und Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen

Der sogenannte Aktivitätsindex ($AI = AS/PS =$ Verhältnis der Aktiv- zur Passivsumme) zeigt (Tabelle 2), ob ein SE im System insgesamt eher aktiv oder reaktiv ist. Je höher der AI ist, desto aktiver ist ein SE im System, desto stärker ist sein Charakter als „Beeinflusser“ des Systems. Der AI kann auch für SE mit tiefer Aktivsumme hoch sein, wenn ihre Passivsumme tief ist. An oberster Stelle stehen dabei die SE verschiedene Akteure und nationale Verhältnisse, Bodenbedeckung, Betriebsverhältnisse, Bewirtschaftungspraktiken und Zustand der Landnutzungsintensität. Die SE Landschaft, Einsatz Produktionsmittel und Ausgestaltung der Bewirtschaftung sind im System mittelmässig aktiv. Die übrigen SE weisen einen eher tiefen AI auf.

Tabelle 2: Rangfolgen der Systemelemente (SE) bezüglich ihres Aktivitäts- (AI)- und Interaktionsindex (II). Der Rang 1 des AI stellt den aktivsten, Rang 12 den passivsten direkten Beeinflusser der anderen SE im System dar. Der Rang 1 des II stellt das am stärksten vernetzte, Rang 12 das am schwächsten vernetzte SE im System dar.

Rang	Aktivitätsindex (Rangfolge der Aktivitätsstärke)	Interaktionsindex (Rangfolge der Vernetzungsstärke)
1	Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse	Zustand der Landnutzungsintensität
2	Bodenbedeckung	Ausgestaltung der Bewirtschaftung (v.a. zeitl. und räuml. Aspekte der Bewirtschaftung)
3	Betriebsverhältnisse	Bodenbedeckung
4	Bewirtschaftungspraktiken	Ökosystemleistungen
5	Zustand der Landnutzungsintensität	Einsatz Produktionsmittel
6	Landschaft	Bewirtschaftungspraktiken
7	Einsatz Produktionsmittel	Betriebsverhältnisse
8	Ausgestaltung der Bewirtschaftung (v.a. zeitl. und räuml. Aspekte der Bewirtschaftung)	Biodiversität
9	Globaler Wandel	Landschaft
10	Ökosystemleistungen	Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse
11	Emissionen	Emissionen
12	Biodiversität	Globaler Wandel

Ergänzend bildet der Interaktionsindex ($IA = AS \cdot PS = \text{Produkt von Aktiv- und Passivsumme}$) ab, wie stark sich ein SE am Geschehen beteiligt. Damit werden auch indirekte Einflüsse abgebildet. Je höher der II ist, desto stärker vernetzt ist ein SE im System, an desto mehr Interaktionen ist das SE beteiligt. Die SE Zustand der Landnutzungsintensität, Ausgestaltung der Bewirtschaftung, Bodenbedeckung, Ökosystemleistungen und Einsatz Produktionsmittel beteiligen sich sehr stark am Geschehen im System. Einen mittleren II zeigen die SE Bewirtschaftungspraktiken, Betriebsverhältnisse und Biodiversität.

In der Einflussgrafik werden die SE aufgrund ihrer AI und II einem der vier Sektoren oder dem Neutralbereich in der Mitte zugeordnet (Abbildung 8). Vester (2010) verwendete eine weitere Darstellung der Ergebnisse: die Gegenüberstellung der Aktiv- und Passivsummen wie sie in Abbildung 9 gezeigt wird. Bei der Interpretation der Einflussgrafik und Gegenüberstellung der AS und PS ist zudem zu berücksichtigen, welche SE der Hierarchiestufe 2 den hier präsentierten SE der Hierarchiestufe 1 untergeordnet sind (Anhang 7.3).

Anhand der Einflussgrafik sowie der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (AS-PS) lässt sich das Verhalten der SE bezüglich der anderen SE bzw. die Rolle der verschiedenen SE im System vergleichen. Die Positionen der SE in der Einflussgrafik sind mit ihrer Bedeutung zur Übersicht in Tabelle 3 aufgelistet. Im übernächsten Absatz folgt eine zusammenfassende Beschreibung der Positionen.

Die Positionen bilden aber nicht bzw. nur begrenzt die Bedeutung der SE bezüglich ihres Einflusses auf die Biodiversität oder auf die Ökosystemleistungen ab, sondern ihre Rolle im Gesamtsystem. Deshalb folgen die genaueren Ergebnisse für jedes der 12 SE der Hierarchiestufe 1 ergänzt mit einem Vergleich aus der ExpertInnen-Umfrage und dem Kenntnisstand in der wissenschaftlichen Literatur für die SE der Hierarchiestufen 1 und 2 in Kapitel 3.2.

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) findet sich kein SE ganz klar im Sektor „aktiv“ (neutral: *Landschaft* und *Akteure und nationale Verhältnisse*), was mit den vielen Interaktionen unter den SE (hoher II) erklärt werden kann. Allerdings liegt in der Gegenüberstellung AS-PS (Abbildung 9) das SE *Akteure und nationale Verhältnisse* im Sektor „aktiv“. Es würde sich also als „Hebel“ für Veränderungen im System eignen. Ebenso findet sich das SE *Bodenbedeckung* in der Gegenüberstellung AS-PS im Übergangsbereich von „aktiv“ zu „neutral“, allerdings schon in der Nähe des „kritischen“ Sektors, in den es in der Einflussgrafik eingeordnet ist. *Bodenbedeckung* sowie *Landnutzungsintensität (Zustand)* und evt. der *Einsatz von Produktionsmitteln* stellen gemäss ihrer Position im Sektor „kritisch“ der Einflussgrafik also ebenfalls starke Hebel (Beschleuniger) im System dar, wobei aber bei Veränderungen von ihnen mit verstärkenden oder abschwächenden Rückkoppelungen gerechnet werden muss. Deutliche Veränderungen bei diesen Systemelementen würden aufgrund der starken Vernetzung voraussichtlich auch im Gesamtsystem einiges auslösen. Grundsätzlich sind aber auch die meisten anderen SE relativ stark vernetzt. Daraus folgt, dass es keine einzelnen SE gibt, die das Gesamtsystem auf einfache Art regulieren.

Die Rollen von den SE *Betriebsverhältnisse* und *Bewirtschaftungspraktiken* liegen in beiden Darstellungen im Neutralbereich, aufgrund ihres hohen Aktivitätsindex bzw. Aktivsumme können sie das System aber vermutlich ebenfalls stark beeinflussen.

SE, die als reaktiv-kritisch eingestuft werden, wie z.B. die *Ökosystemleistungen* (Gegenüberstellung AS-PS) und evt. auch *Ausgestaltung der Bewirtschaftung* und *Einsatz von Produktionsmitteln* (Einflussgrafik) gelten gemäss Vester (2010) als besonders heikel.

Globaler Wandel, Emissionen und *Biodiversität* sind gemäss den Grafiken tendenziell reaktive und puffernde Elemente im System (Indikatoren). Direkte Systemeingriffe über diese Elemente verändern das System nicht nachhaltig und gleichen Symptombehandlungen. Sollen im System längerfristige und nachhaltige Veränderungen erfolgen, muss an den Ursachen für festgestellte Mängel angesetzt werden (z.B. bei der Landnutzungsintensität, um Emissionen zu minimieren und den Zustand der Biodiversität zu verbessern). Solange dies nicht in ausreichendem Mass getan wird, bleiben Symptombehandlungen für SE wie die Biodiversität oder Umweltqualität im System äusserst wichtig.

Tabelle 3: Zuordnung der Systemelemente der Hierarchiestufe 1 zu den Sektoren der Einflussgrafik mit der Ausprägung von Aktivitäts- (AI) und Interaktionsindex (IA) und der groben Bedeutung der Sektoren gemäss Vester (2010).

Sektor	AI	II	Bedeutung	Position der SE der Hierarchiestufe 1 deutlich im Quadrant	im Neutralbereich
Kritisch	hoch	hoch	wirksame Hebel mit Unsicherheiten, Initialzündung und Beschleuniger	<ul style="list-style-type: none"> Landnutzungsintensität (Zustand) Bodenbedeckung Einsatz Produktionsmittel 	<ul style="list-style-type: none"> Bewirtschaftungspraktiken Betriebsverhältnisse
Reaktiv	tief	hoch	Einflussnahme über SE auf System aufwendig, Indikatoren	<ul style="list-style-type: none"> Ausgestaltung der Bewirtschaftung Ökosystemleistungen 	<ul style="list-style-type: none"> Biodiversität
Puffernd	tief	tief	systemabstinent, stabilisierend, Indikatoren	<ul style="list-style-type: none"> Globaler Wandel 	<ul style="list-style-type: none"> Emissionen
Aktiv	hoch	tief	wirksame Hebel mit wenigen Rückkoppelungen		<ul style="list-style-type: none"> Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse Landschaft

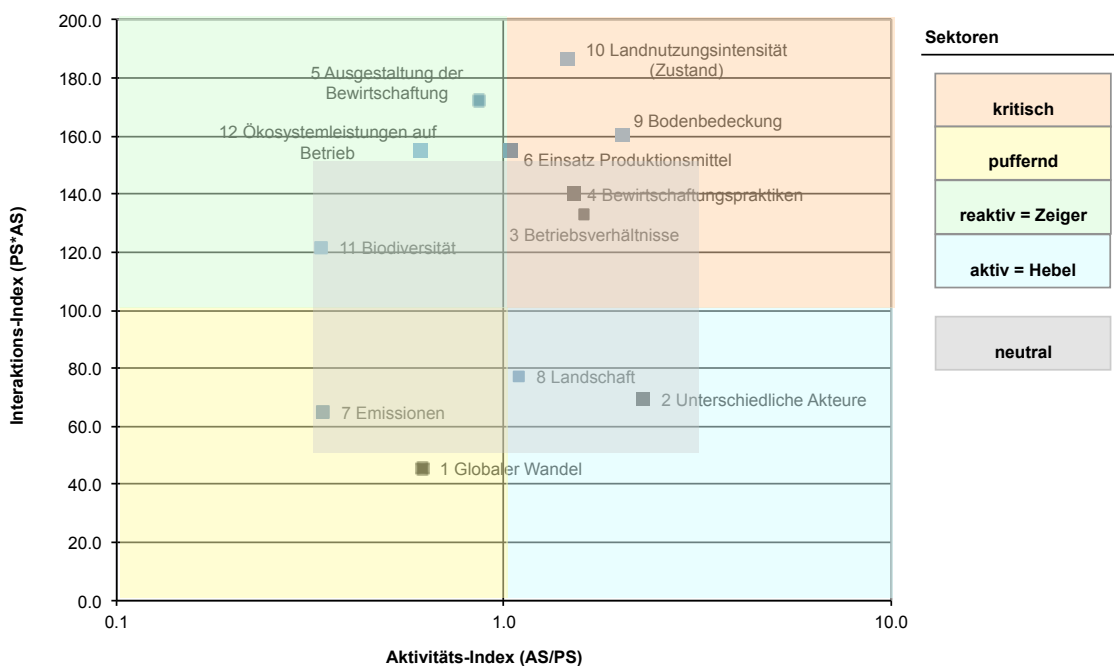
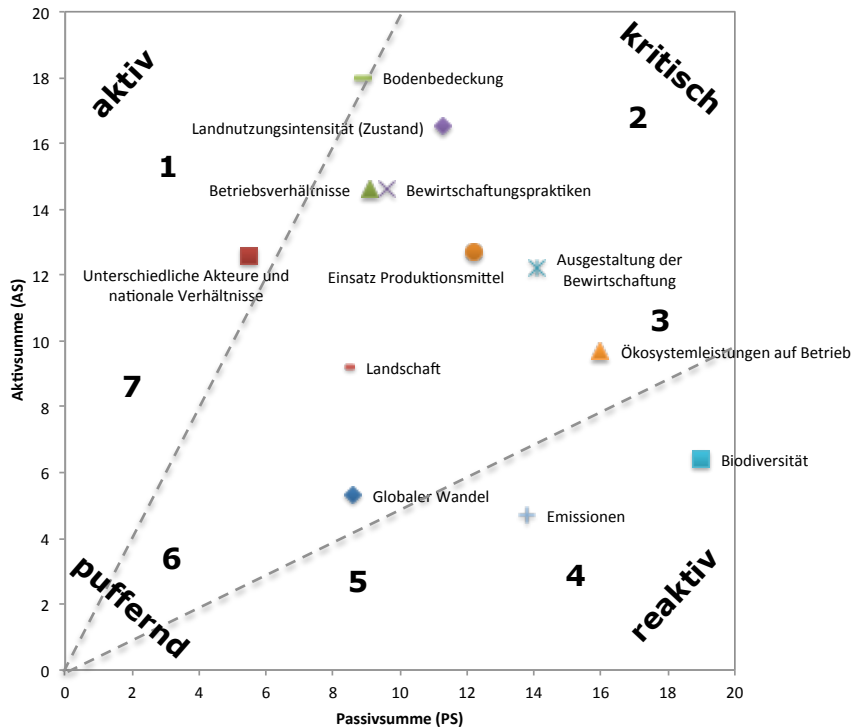


Abbildung 8: Einflussgrafik der Einflussmatrix mit 12 Systemelementen der Hierarchiestufe 1. Vergleiche Kapitel 7.1.3 für die Interpretation.



1. Hier finden sich wirksame Schalthelbel, die das System nach erfolgter Änderung erneut stabilisieren (plastische Stabilität).
2. Hier finden sich Beschleuniger und Katalysatoren, geeignet als Initialzündung, um Dinge überhaupt in Gang zu bringen. Unkontrolliertes Aufschaukeln und Umkippen ist dabei möglich, daher höchste Vorsicht (mit Samthandschuhen anfassen).
3. Besonders gefährlich ist es, wenn zusammenhängende Bündel von Variablen im kritisch-reaktiven Bereich liegen.
4. Hier steuernd einzugreifen, bringt nur Korrekturen kosmetischer Art (Symptombehandlung). Dafür eignen sich diese Komponenten sehr gut als Indikatoren.
5. Etwas träge Indikatoren, die sich aber auch zum Experimentieren eignen.
6. Bereich unnützer Eingriffe und Kontrollen. Aber auch »Wolf-im-Schafspelz«-Verhalten ist möglich, wenn man nicht aufpasst oder plötzlich Schwellen- und Grenzwerte überschreitet.
7. Hier liegen schwache Schalthelbel mit wenig Nebenwirkungen.

Abbildung 9: Gegenüberstellung der Aktiv- und Passivsummen der Einflussmatrix mit 12 Systemelementen der Hierarchiestufe 1. Vergleiche auch Abbildung 20 gemäss Vester (2010) für die Interpretation. Die gestrichelten Linien zeigen Übergänge von aktiv zu reaktiv (von oben links nach unten rechts). Der Verlauf von unten links nach oben rechts zeigt ungefähr den Übergang von puffernd zu kritisch.

3.1.6 Sensibilität der Ergebnisse der Einflussmatrix

Die Sensibilität der Ergebnisse wurde hinsichtlich folgender Aspekte untersucht:

- Verschiedene Bewertungsschlüssel für die Interaktionsstärken
- Auswahl der SE
- Einstufung der Interaktionsstärken zwischen den SE bzw. der Einfluss des Bearbeiters

Die detaillierten Ergebnisse und Illustrationen finden sich im Anhang 7.4.

Alle Änderungen der Eingangsparameter der Einflussmatrix können zu Veränderungen der Ergebnisse führen. Einerseits verändert sich die Skala des Interaktionsindex. Andererseits kommt es zu geringen bis sehr deutlichen Verschiebungen der Positionen der SE in der Einflussgrafik im Verhältnis zueinander und in den Grenzbereichen der Sektoren sowie teilweise auch zwischen den Sektoren in der Einflussgrafik.

Dies zeigt, dass die Ergebnisse der Einflussmatrix empfindlich auf Änderungen der Eingangsparameter reagieren, sehr vorsichtig interpretiert und mit anderen Grundlagen auf ihre Plausibilität überprüft werden müssen.

3.2 Ergebnisse der drei methodischen Ansätze je Systemelement

Die folgenden Unterkapitel zu den Systemelementen (SE) sind jeweils unterteilt in die Ergebnisse der drei methodischen Ansätze (Kapitel 2). Mit der Methode der Einflussmatrix werden die Rollen der SE der Hierarchiestufe 1 im definierten System beschrieben. Mit dem Ansatz der ExpertInnen-Umfrage werden die spezifischeren Einflüsse der SE der Hierarchiestufe 2 auf die Biodiversität von Schweizer Landwirtschaftsbetrieben untersucht. Der Ansatz Literatur macht Aussagen zur den SE der Hierarchiestufe 1 und 2.

3.2.1 Globaler Wandel

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) liegt das SE *Globaler Wandel* aufgrund der im Verhältnis zu anderen SE geringeren Einflüsse auf andere SE im puffernden Bereich. In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich der *Globale Wandel* im Neutralbereich. Das betrachtete System lässt sich darüber also schlecht steuern (siehe aber Kapitel 4.1 bezüglich der gewählten Systemgrenzen, der internationalen Verantwortung der Schweiz und ihres Einflusses auf den globalen Wandel).

ExpertInnen-Umfrage

Gemäss der ExpertInnen-Umfrage (Tabelle 4) haben die verschiedenen Faktoren des *Globalen Wandels* (**Bevölkerungsentwicklung, Internationale Wirtschaft und Handel, etc.**) meist einen mittleren bis sehr starken Einfluss auf die Biodiversität von Schweizer Landwirtschaftsbetrieben (meist viele aber teilweise widersprüchliche oder etablierte aber lückenhafte Belege). Es ist zu berücksichtigen, dass die Frage spezifisch für den Einfluss auf der Ebene einzelner Betriebe gestellt wurde. Der Einfluss von Treibern des Globalen Wandels auf die Biodiversität generell würden von den ExpertInnen vermutlich stärker eingestuft werden.

Tabelle 4: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren im Bereich „Globaler Wandel“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke					Zuverlässigkeit der Belege				
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
GLOBALER WANDEL										
Bevölkerungsentwicklung	8	2						6	2.5	viele aber teilweise widersprüchliche
Internationale Wirtschaft und Handel	9	3						3	2	viele aber teilweise widersprüchliche
Sozialpolitischer Kontext	8	2						3	2	viele aber teilweise widersprüchliche
Kultur und Religion	9	1						2	1	wenige und widersprüchliche
Wissenschaft und Technologie	9	3						5	3	etablierte aber lückenhafte
Änderungen der Landnutzung und Bodenbedeckung	11	4						9	4	gut etablierte und umfassende
Klimawandel	11	2						9	3	etablierte aber lückenhafte
Ressourcennutzung	8	3.5						7	3	etablierte aber lückenhafte
Einführung und Aussterben von Arten	11	3						7	3	etablierte aber lückenhafte
Externe Inputs (z.B. Nährstoffe)	11	4						9	3	etablierte aber lückenhafte

Literatur

Gemäss Millennium Ecosystem Assessment (2005b) existieren auf globaler Ebene folgende indirekte Ursachen für Veränderungen der Biodiversität und von Ökosystemleistungen: **demographische, ökonomische, sozialpolitische, kulturelle und religiöse sowie wissenschaftlich-technische**. Obwohl auch natürliche Faktoren wirken, werden aktuelle Veränderungen der Biodiversität durch die erwähnten anthropogenen Faktoren dominiert. Als wichtigste aus den indirekten Ursachen resultierende direkte Veränderungsursachen gelten **Veränderungen des Lebensraumes** (Veränderungen der Bodenbedeckung und -nutzung sowie der Lebensraumqualität), **Klimawandel, invasive gebietsfremde Arten, Übernutzung und Verschmutzung** (insbesondere

Nährstoffeinträgen) (Abbildung 10), wobei die Auswirkungen dieser Faktoren voraussichtlich zunehmen oder zumindest konstant bleiben. Insbesondere der Einfluss von den Faktoren **Lebensraumverlust, Landnutzungsänderungen und Landnutzungsintensität, invasive gebietsfremde Arten** auf den Artenreichtum und die Abundanzen von Arten wird von neueren Metaanalysen und globalen Studien bekräftigt (Sala et al. 2000; Murphy & Romanuk 2014; Lawrence et al. 2015). Zumindest bis zur Mitte des 21. Jh. werden **Landnutzung und Landnutzungsänderungen** voraussichtlich einen stärkeren Einfluss auf die Biodiversität ausüben als der Klimawandel. Das heisst, die **Art und Weise der landwirtschaftlichen Nutzung** beeinflussen wahrscheinlich auch zukünftig die Biodiversität stärker als der **Klimawandel** (Peter et al. 2008; Vittoz et al. 2010). Längerfristig wird der Wirkungsanteil des Klimawandels bedeutender, hängt aber von dessen Ausmass und dieses wiederum von den Treibhausgasemissionen ab (IPCC 2014a). Diese global wichtigen direkt wirkenden Einflussfaktoren auf die Biodiversität gelten auch in der Schweiz als sehr wichtig (Lachat et al. 2010).

Der Grossteil der Arten und ihrer ökologischen Beziehungen wird durch den **Klimawandel** wahrscheinlich mittel- bis langfristig direkt oder indirekt verändert werden (Essl & Rabitsch 2013), was wiederum Auswirkungen auf Ökosystemleistungen haben kann. Ökologische Wechselwirkungen werden aber durch den Klimawandel nicht nur verändert, sondern sie beeinflussen auch die Anpassungsfähigkeit einzelner Arten (Essl & Rabitsch 2013). Auswirkungen des **Klimawandels** werden mit den zu erwartenden **Landnutzungsänderungen** zumindest teilweise verstärkt werden (Sala et al. 2000; Berry et al. 2006).

Diverse Studien zeigen auch die grosse Bedeutung des **internationalen Handels** auf die Biodiversität, wie z.B. über die **Landnutzung oder den Produktionsmitteleinsatz** in den Herkunftsländern (Lenzen et al. 2012; Chaudhary & Kastner 2016).

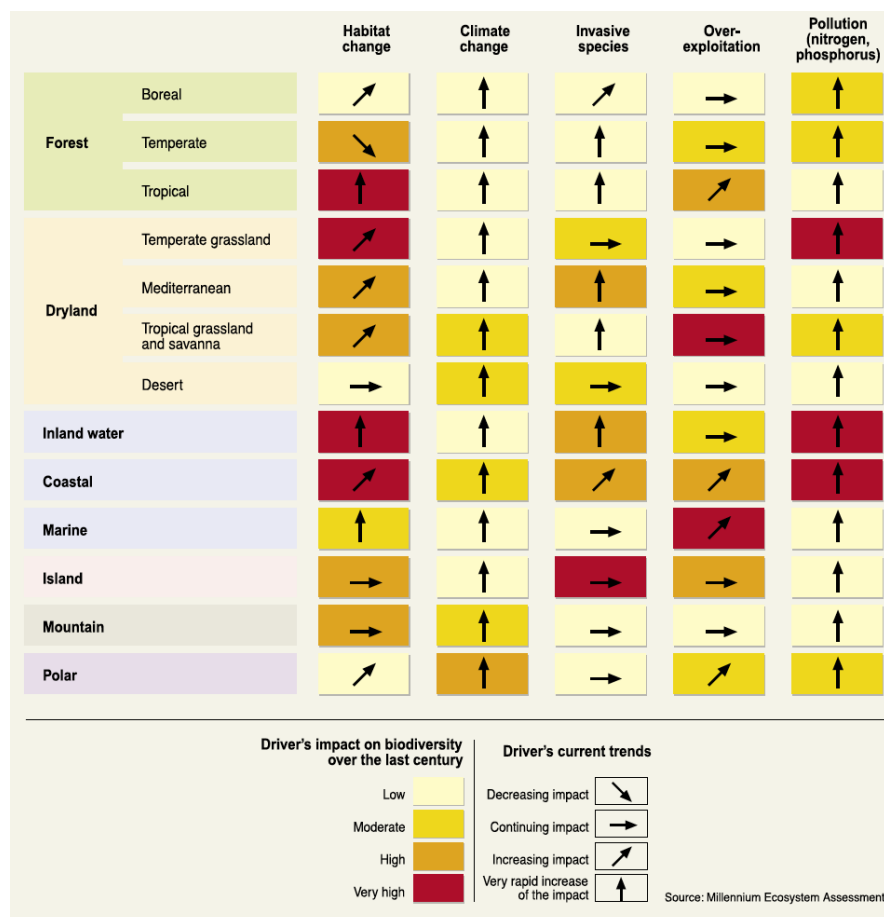


Abbildung 10: Global wirkende Einflussfaktoren (Drivers) auf die Biodiversität in verschiedenen Ökosystemen (Millennium Ecosystem Assessment 2005a).

3.2.2 Akteure und nationale Verhältnisse

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) liegt das SE *Akteure und nationale Verhältnisse* knapp im Neutralbereich des Sektors „aktiv“, es weist aber den höchsten Aktivitätsindex der SE auf. D.h. es ist ein starker Beeinflusser, kann aber auch schwierig zu beeinflussen sein. Die Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) zeigt ebenfalls, dass dieses SE einen wirksamen Schalthebel darstellen kann. Gemäss Vester (2010) können SE in dieser Position das System nach erfolgter Änderung erneut stabilisieren.

ExpertInnen-Umfrage

Auch gemäss den ExpertInnen können verschiedene *Akteure und die nationalen Verhältnisse* einen starken bis sehr starken Einfluss auf die Biodiversität von Schweizer Landwirtschaftsbetrieben ausüben (Tabelle 5). Hervorzuheben sind insbesondere die **Landwirtschaftliche Bildung und Beratung, die politische Lage und der Einfluss vom Staat, Agrarkonzerne sowie Nachfrage und Konsum der Gesellschaft** (etablierte aber lückenhafte Belege). Die **Wissenschaft**, welche gemäss den ExpertInnen ebenfalls einen mittleren bis sehr starken Einfluss als Akteur hat (etablierte aber lückenhafte Belege), ist unter Globalem Wandel aufgeführt.

Tabelle 5: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren im Bereich „Akteure in der Schweiz und nationale Verhältnisse“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke					Zuverlässigkeit der Belege				
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
AKTEURE IN DER SCHWEIZ und NATIONALE VERHÄLTNISSE										
Nachfrage und Konsum der Gesellschaft	11	3						7	3	etablierte aber lückenhafte
Wissensstand der Bevölkerung zu Biodiversität und Landwirtschaft	11	2						8	2.5	viele aber teilweise widersprüchliche
Landwirtschaftliche Medien	10	2.5						5	3	etablierte aber lückenhafte
Nicht Landwirtschaftsspezifische Medien	10	2.5						2	1.5	wenige und widersprüchliche
Agrarkonzerne	10	3						3	3	etablierte aber lückenhafte
Branchen (-verbände und -organisationen; z.B. für Milch)	11	3						2	2.5	viele aber teilweise widersprüchliche
Wirtschaft und Handel (Markt) in der Schweiz	10	3						2	3	etablierte aber lückenhafte
Politische Lage und Einfluss vom Staat in der Schweiz	10	3						6	3.5	etablierte aber lückenhafte
Zusammenarbeit der Landwirtschaft mit anderen Sektoren in der Schweiz	11	2						2	2	viele aber teilweise widersprüchliche
Vielfalt der Agrarstrukturen in der Schweiz	10	3						6	3	etablierte aber lückenhafte
Landwirtschaftliche Bildung und Beratung	10	4						4	3.5	etablierte aber lückenhafte

Literatur

Die wissenschaftliche Literatur bestätigt, dass es sich beim SE *Akteure und nationale Verhältnisse*, um einen wichtigen und geeigneten Ansatzpunkt zur Förderung der Biodiversität im Landwirtschaftsgebiet handelt.

Unter anderem das Projekt „Mit Vielfalt punkten“ zeigt, dass eine **gesamtbetriebliche Beratung** bei der sowohl Biodiversitätsaspekte als auch andere Betriebsparameter berücksichtigt werden, die Bereitschaft von Landwirten Massnahmen zur Förderung der Biodiversität umzusetzen erhöht (Chevillat et al. 2012; Tabelle 6 für weitere Studien), sich finanziell für die Bewirtschafter lohnt und sich auf die Biodiversität folgendermassen positiv auswirkt (Chevillat et al. 2017):

- Anlage und Pflege von mehr und qualitativ besseren Biodiversitätsförderflächen (BFF) (Abbildung 11):
- Grössere Diversität von BFF-Typen (höhere Vielfalt an Lebensräumen)
- Mehr wertvolle BFF auf Ackerland
- Optimierung der Biodiversitätsbeiträge

Für die Akzeptanz der Beratung bei Landwirten spielt zudem das Vertrauen in die Beratung eine wichtige Rolle. Um eine Vertrauensbasis herzustellen, scheint zumindest in England die Langfristigkeit

der Beratungsdienstleistung und die fachliche Expertise der Beratung wichtiger zu sein als der rechtliche Status (öffentliche, privat, gemeinnützig) des Beratungsdienstleisters (Sutherland et al. 2013).

“Mit Vielfalt punkten” zeigt ebenfalls, dass **Branchenorganisationen oder -verbände** wie auch der **Markt** einen starken Einfluss auf die Biodiversität haben können, indem sie bestimmte Verpflichtungen für die Produzenten einführen und die Produkte z.B. unter einem Label verkauft werden. Generell sind **soziale Netzwerke und Organisationen** wichtige Einflussnehmer auf das Verhalten der Landwirte, wie z.B. die Beteiligung an ökologischen Ausgleichsmassnahmen (Lastra-Bravo et al. 2015, Tabelle 6).

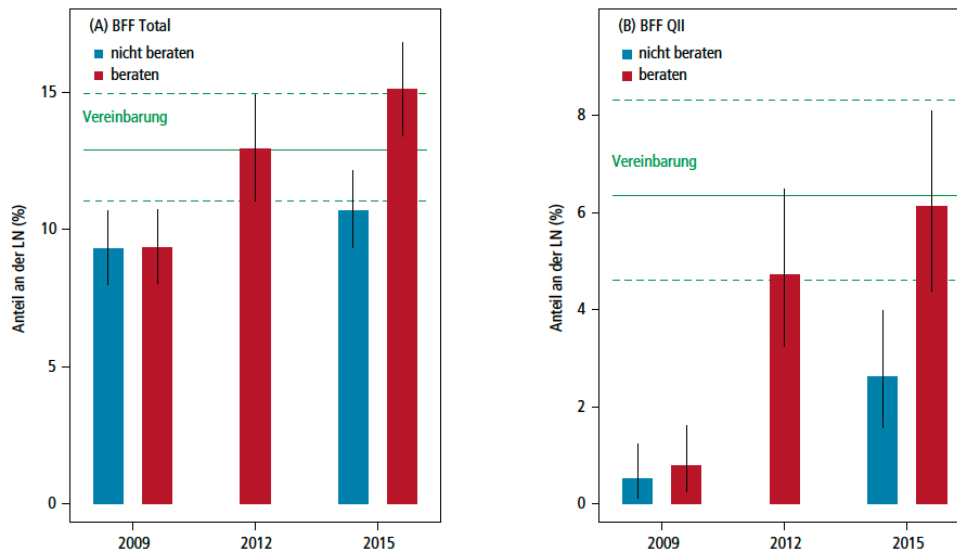


Abbildung 11: Vergleich der beratenen und nicht beratenen Betriebe bezüglich Anteil Biodiversitätsförderflächen (BFF) Total (A) und Anteil BFF QII (B) in % der LN für die Jahre 2009, 2012, 2015 (Mittelwerte inkl. Unsicherheitsintervall) und Vergleich mit den vereinbarten Massnahmen (durchgezogene grüne Linie). Die Werte für nicht beratene Betriebe wurden 2012 nicht erhoben. Die Unterschiede sind signifikant, wenn die Unsicherheitsintervalle des einen Faktors den Mittelwert des anderen Faktors nicht überlappen (Chevillat et al. 2017).

Die Einstufung der ExpertInnen, dass die **politische Lage und staatlichen Verhältnisse (Agrarpolitik)** einen starken Einfluss auf die Landnutzung und damit auch auf die Biodiversität haben, wird von der wissenschaftlichen Literatur bestätigt. Insbesondere fundamentale strukturelle Veränderungen (z.B. institutionelle Reformen wie Änderungen in den Agrarpolitiken Europas) oder technologische Innovationen (z.B. Drainagen, Maschinerie, Einführung Kunstdünger) führten in der Vergangenheit in Europa zu starken, abrupten Veränderungen in der Landnutzung (Rudbeck et al. 2015). Plieninger et al. (2016) identifizierten in einem europaweiten systematischen Review von 144 Fallstudien politische und institutionelle Ursachen als sehr wichtigen grundlegenden Treiber für die Intensivierung der Landwirtschaft und den folgenden Landschaftswandel (Abbildung 12). Dieser führt zu entsprechenden Auswirkungen auf die Biodiversität. Eine stabile Agrarpolitik mit eindeutigem Aufbau verbessert zudem die Bereitschaft von LandwirtInnen ökologische Ausgleichsflächen umzusetzen (Tabelle 8, letzte Zeile).

In der Schweiz zeigen die bisherigen Evaluationen der Ökoausgleichsmassnahmen (z.B. Aviron et al. 2005) sowie die Zwischenauswertungen der Agrarpolitik (BAFU & BLW 2016), dass der Staat einen sehr grossen Einfluss auf den Umweltzustand und die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben haben kann.

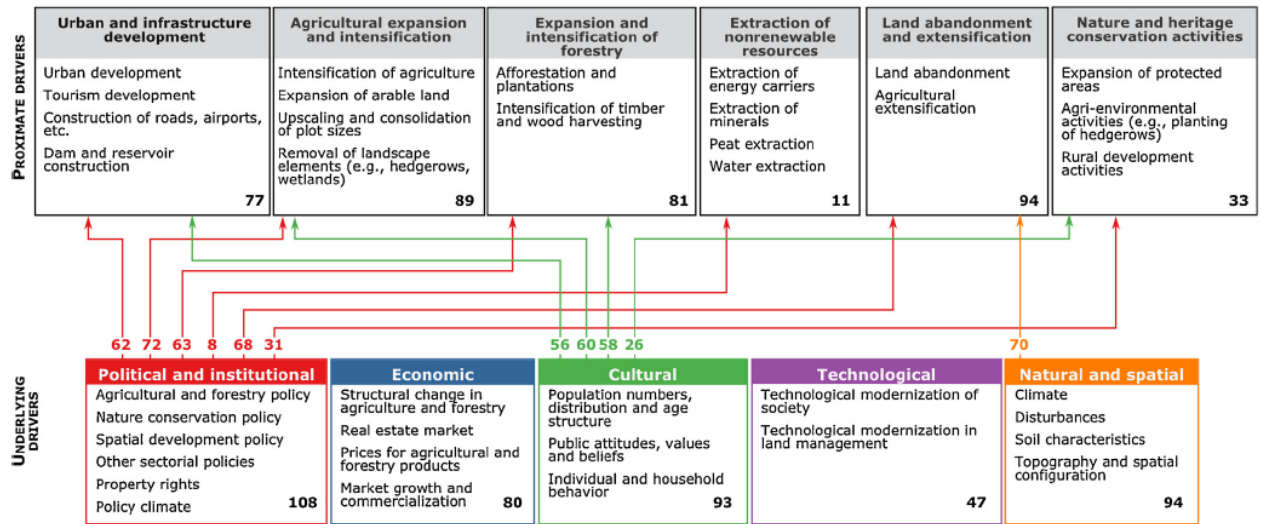


Abbildung 12: Ursachen des Landschaftswandels in Europa (Systematischer Review von 144 Fallstudien). Zahlen in den Boxen geben an, wie oft ein Treiber in den 144 Fallstudien auftaucht. Die farbigen Zahlen der Pfeile geben an, wie oft ein grundlegender Treiber (jeweils die 1-2 wichtigsten) die direkten Treiber beeinflusst (Plieninger et al. 2016).

3.2.3 Betriebsverhältnisse

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) liegt das SE *Betriebsverhältnisse* im Neutralbereich des Sektors „kritisch“, es weist aber den dritthöchsten Aktivitätsindex der SE auf. D.h. es kann ein starker Beeinflusser sein. Da es auf die SE *Zustand der Landnutzungsintensität* und *Bodenbedeckung* im Sektor „kritisch“ einen starken Einfluss hat, kann es trotz Position im Neutralbereich je nach Situation sehr systemrelevant werden. In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich das SE im Neutralbereich nahe zum Aktivbereich.

ExpertInnen-Umfrage

Gemäss der ExpertInnen-Umfrage (Tabelle 6) haben von den Teilaspekten der *Betriebsverhältnisse* insbesondere die **Motivation der LandwirtInnen** und das **Einkommen der Betriebe über den Staat**, gefolgt vom **Tierbestand** und der **Erschliessung der Flächen des Betriebes** einen starken Einfluss auf die Biodiversität der Landwirtschaftsbetriebe (etablierte aber lückenhafte Belege).

Tabelle 6: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren im Bereich „Betriebsverhältnisse“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke					Zuverlässigkeit der Belege				
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
BETRIEBSVERHÄLTNISSE										
Motivation der LandwirtInnen	11	4						8	3	etablierte aber lückenhafte
Arbeitskräfte auf Betrieb	9	2						3	3	etablierte aber lückenhafte
Einkommen der Betriebe über den Markt	10	2						6	3	etablierte aber lückenhafte
Einkommen der Betriebe über den Staat (z.B. Direktzahlungen, Investitionskredite)	11	4						8	3.5	etablierte aber lückenhafte
Erschliessung der Flächen des Betriebes	8	3						6	3	etablierte aber lückenhafte
Tierbestand	11	3						9	3	etablierte aber lückenhafte
Betriebsgrösse	10	2.5						8	2.5	viele aber teilweise widersprüchliche

Literatur

Wissenschaftliche Untersuchungen bestätigen, dass die **Betriebsverhältnisse** (Betriebsstrategien und -zweige, Erschwerniszone, Tierbestand) einen grossen Einfluss auf die Biodiversität und auch auf das ausgenützte Potenzial zu deren Förderung haben können (Abbildung 13). Insbesondere die **Tierproduktion (bzw. der Tierbestand)** ist verantwortlich für einen Grossteil der unerwünschten Auswirkungen der Landwirtschaft auf Umwelt und Biodiversität (für Europa z.B. Reis et al. 2015). Ein Grossteil der landwirtschaftlichen Stickstoff- und Phosphorflüsse steht in Europa (Sutton et al. 2011) wie auch in der Schweiz im Zusammenhang mit der Tierhaltung (Herzog & Richner 2005; Binder et al. 2009; Heldstab et al. 2010, 2013). So verursacht z.B. die Landwirtschaft in der Schweiz über 90% Ammoniakemissionen (NH₃) (Jahr 2010) mit entsprechenden Konsequenzen für die Biodiversität (Kapitel 3.2.6.2), wobei 90% aus der Tierproduktion stammen (Kupper et al. 2013). Die NH₃-Emissionen sind weitgehend von der Anzahl und Art der gehaltenen Nutztiere sowie von der Produktionstechnik abhängig. Zu berücksichtigen sind auch die Auswirkungen der Tierproduktion ausserhalb der Schweiz (Kapitel 4.1).

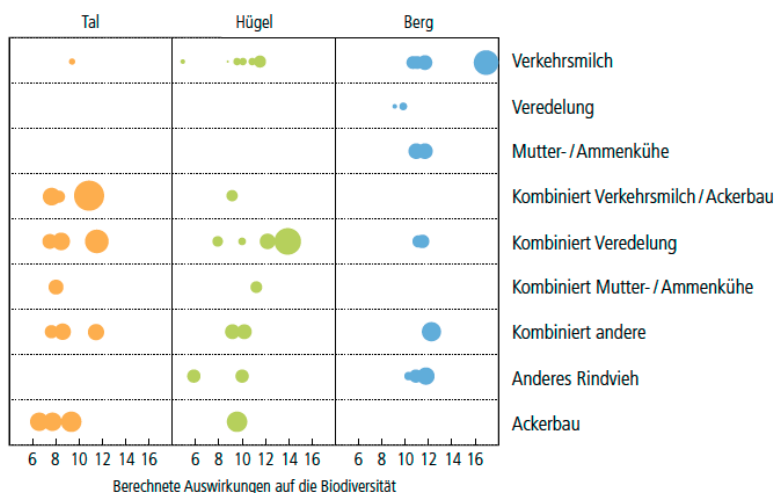


Abbildung 13: Berechnete Auswirkungen der landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf die Biodiversität nach Betriebstypen und Zonen. Die Grösse der Punkte gibt an, wie stark die einzelnen Landwirtschaftsbetriebe ihr Potenzial zum Schutz und zur Förderung der Biodiversität ausschöpfen (der grösste bzw. der kleinste Punkt entsprechen 80 % bzw. 27 % dieses Potenzials). n = 70 Betriebe; Stichprobe 2011 (BLW 2013).

Die Auswertungen im Rahmen des Projektes „Mit Vielfalt punkten“ zeigen, dass Landwirte die Anzahl Arten und ihre Abundanzen auf ihrem Betrieb neben Biodiversitätsförderflächen und Massnahmen auf Produktionsflächen mit den Betriebseigenschaften beeinflussen können. Ihre **Motivation** scheint also ein wesentlicher Faktor für die Förderung der Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben zu sein. Allerdings haben auch vom Landwirt nicht beeinflussbare Faktoren (Umgebung des Betriebes) einen Einfluss auf die Biodiversität (Tabelle 7), wobei diese Faktoren im Vergleich zu den anderen einen relativ kleinen Anteil der Biodiversitätsunterschiede zwischen Betrieben erklären.

Tabelle 7: Anteil des Einflusses verschiedener Faktoren (Sets von Variablen) [Anteil der erklärten Varianz in %] auf die Artenzahlen von Pflanzen, Heuschrecken, Tagfaltern und Vögeln auf 133 Schweizer Landwirtschaftsbetrieben (Zellweger-Fischer & Stöckli 2017). * vom Landwirt beeinflussbare Variablensets. Eine detailliertere und aufgeschlüsselte Auswertung findet sich in (Stöckli et al. 2017).

Anteil der erklärten Varianz in %	Pflanzen	Heuschrecken	Tagfalter	Vögel
Biodiversitätsförderflächen*	45	26	29	27
Massnahmen auf Produktionsflächen*	22	16	26	18
Betriebseigenschaften*	18	24	17	28
Umgebung des Betriebes	15	27	32	33

Die **Motivation der Bewirtschaftenden** ihrerseits wird beeinflusst von (de Snoo et al. 2013; Home et al. 2014):

- persönlichen Normen
- Normen anderer Landwirte
- Normen der Gesellschaft,
- Der Identität des Landwirtes bzw. seiner Wahrnehmung von sich selbst
- Fairness, im Sinne dass
 - 1. einerseits Leistungen gerecht entschädigt werden und dass andererseits bei akzeptierten Zahlungen die Leistungen bestmöglichst umgesetzt werden
 - 2. KonsumentInnen bereits sein sollten, für umwelt- und biodiversitätsfreundlich hergestellte Produkte mehr zu bezahlen, wenn sie ein Landwirtschaftsgebiet mit hohen ökologischen Werten wünschen.
- Erfahrungen mit Naturschutzmassnahmen
- Aussichten auf einen persönlichen Nutzen wie z.B. finanziellen Anreizen (**Einkommen über Staat**) oder dem Nutzen der Biodiversität für die Produktion
- dem Vertrauen in die Wirksamkeit (Erfolg) von Massnahmen
- rechtliche Verpflichtungen und der Kompatibilität der Biodiversitätsförderung mit Betriebsabläufen

In der Schweiz wurde die Motivationen von 48 Landwirten von mittelgrossen Mittelland-Mischbetrieben zur Umsetzung von Ökoausgleichsmassnahmen untersucht (Abbildung 14). Die **Sinnhaftigkeit und Integrierbarkeit der Massnahmen in die Betriebsabläufe** wurde von den Landwirten als besonders wichtig eingestuft. Damit die Landwirte die Relevanz von Massnahmen für ihre Betriebe beurteilen können, müssen Informationen zu den Massnahmen und zu der Beurteilung ihrer Wirkung entsprechend gut und nicht zu allgemein vermittelt werden. Eine ergänzende Korrelationsanalyse zeigte aber, dass von den individuellen Motivationen nur die Integrierbarkeit der Massnahmen eine signifikante Korrelation mit dem Anteil der ökologischen Ausgleichsmassnahmen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebes aufwies. Auch wenn die Motivation von Bewirtschaftern gross ist, spielen praktische Aspekte eine grosse Rolle (Jahrl et al. 2012).

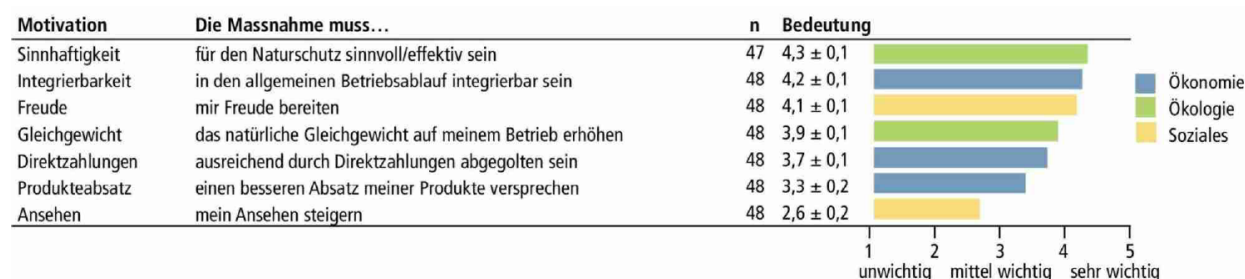


Abbildung 14: 1 Durchschnittliche Bedeutung ($\pm SE$) von sieben Motivationen für die Anlage von ökologischen Ausgleichsflächen. In der zweiten Spalte ist die Aussage aufgeführt, die von den Landwirten beurteilt werden musste (Jahrl et al. 2012).

Lastra-Bravo et al. (2015) trugen in einer qualitativen Metaanalyse zusammen, welche Faktoren die Beteiligung von Landwirten an ökologischen Ausgleichsmassnahmen (agri-environmental schemes)⁴ in Europa beeinflussen (Tabelle 8): die **Herkunft des Einkommens**, der Anteil nicht landwirtschaftlicher Arbeit, die Produktionskapazität des Betriebes aufgrund seiner Lage, **wirtschaftliche Aussichten, bestehende Erfahrungen mit öAM, finanzielle Anreize, Leichtigkeit der Umsetzung, Beratung und der Aufbau der Agrarpolitik** zeigen besonders starke und einheitliche Einflüsse in den verschiedenen Studien.

In Europa scheinen grössere Betriebe tendenziell eher bereit zu sein, Fläche für ökologische Ausgleichsmassnahmen zur Verfügung zu stellen (Tabelle 8), andererseits zeigen mehrere Studien, dass bezüglich des Tierbestandes oder der Betriebsfläche kleinere im Vergleich zu grösseren Betrieben eine signifikant höhere Biodiversität aufweisen, was auf unterschiedliche Strategien und Intensivierungsgrade der Betriebe zurückgeführt wird (Belfrage et al. 2005; Marini et al. 2017). In der Schweiz stellte eine Studie nicht grosse und kleine Betriebe einander gegenüber, sondern verglich

⁴ Im Bericht wird für Aussagen, die nicht (nur) auf Ergebnissen aus der Schweiz basieren, sondern auch oder nur aus Studien aus Europa stammen, nicht der Begriff Biodiversitätsförderflächen sondern ökologische Ausgleichsflächen verwendet.

wachsende und kleiner werdende Betriebe (Mann 2005). Es zeigte sich, dass wachsende Betriebe dazu tendieren, intensiver zu wirtschaften und ihre Anteile an ökologischen Ausgleichsflächen zu reduzieren. Gemäss einer globalen Metaanalyse hat die Nachhaltigkeit von Betrieben aber weder in Entwicklungsländern noch in entwickelten Ländern einen signifikanten Zusammenhang mit der Betriebsgrösse (Rudel et al. 2016), wobei die Biodiversität selbst in dieser Analyse nicht berücksichtigt wird, sondern die Anwendung bestimmter Praktiken.

Tabelle 8: Aus 10 Studien zusammengetragene Faktoren, die die Bereitschaft von Landwirten in Europa beeinflussen, ökologische Ausgleichsmassnahmen (öAM) umzusetzen (positive Effekte) oder diese abzulehnen (negative Effekte). Angepasst und vereinfacht von Lastra-Bravo et al. (2015).

Einflussfaktoren auf die Umsetzung von ökologischen Ausgleichsmassnahmen		total	Anzahl Studien: Einfluss...	
			signifikant positiv	signifikant negativ
Ökonomische Faktoren	Hoher Anteil des Einkommens vom Landwirtschaftsbetrieb am Gesamteinkommen	6	0	5
	Landbesitz und -pacht ¹⁾	4	2	2
	Anteil nicht landwirtschaftlicher Arbeit oder Landwirt als Manager	8	4	0
	Anteil an Familienarbeit auf Betrieb		0	2
	Businessplan	2	1	0
	Investitionen	3	1 in Maschinen	1 in Landfläche
Betriebsverhältnisse	Betriebsgrösse ²⁾	8	3	1
	Bergbetriebe oder Betriebe mit ertragsschwachen Böden	3	3	0
	fixierte Vermögenswerte (z.B. in Maschinen)	3	1	2
	Extensive Betriebe (Bio und andere)	3	2	1
Eigenschaften der Landwirte	Bildungsniveau (höher)	7	3	1
	Alter (älter)	9	5	3
	gute wirtschaftliche Aussichten oder Anwesenheit eines Nachfolgers	7	0	3
	Vorherige Erfahrungen mit öAM	5	5	0
	finanzielle Anreize (höher)	3	3	0
	Umsetzbarkeit der öAF (Leichtigkeit)	4	4	0
Sozialkapital	Technische Beratung und Training	4	4	0
	rechtliche Stellung des Beratungsdienstleister	5	öffentlich: 3 privat: 2	privat: 2
	Landwirtschaftliche Zeitschriften	2	2	0
	Mitglied in sozialen oder landwirtschaftlichen Organisationen	6	sozial: 3 landwirtschaftlich: 1	landwirtschaftlich: 2
	Vertrauen in Regierung	4	3	0
	eindeutiger Aufbau und stabile Agrarpolitik	5	5	0

1) Betriebe mit Land mit geringer Produktionskapazität oder geringem Anteil an gepachtetem Land

2) grössere Betriebe scheinen einfacher Fläche für öAM zur Verfügung stellen zu können (siehe aber auch Text)

3.2.4 Landschaft

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Landschaft* im Neutralbereich des Sektors „aktiv“ (mittlere AI und IA). Die neutrale Position wird von der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) und geringen bis mittleren Einflüssen auf SE im Sektor „kritisch“ bekräftigt: das System lässt sich entsprechend über dieses SE wohl kaum steuern. Die verschiedenen Aspekte der *Landschaft* sind für das System an und für sich und insbesondere für andere Elemente im

System aber durchaus sehr wichtige Elemente wie die ExpertInnen-Umfrage und die wissenschaftliche Literatur zeigen.

ExpertInnen-Umfrage

Gemäss der ExpertInnen-Umfrage (Tabelle 9) haben verschiedene Landschaftsaspekte einen starken bis sehr starken Einfluss auf die Biodiversität von Schweizer Landwirtschaftsbetrieben (etablierte aber lückenhafte bis gut etablierte und umfassende Belege). Insbesondere der **Einfluss der Strukturvielfalt in der Landschaft** (z.B. verschiedene Landschaftselemente wie Hecken oder Trockenmauern) und der **Fragmentierung/Vernetzung der Landschaft** werden übereinstimmend ein starker bis sehr starker Einfluss zugesprochen (gut etablierte und umfassende Belege).

Tabelle 9: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren im Bereich „Landschaft“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke						Zuverlässigkeit der Belege			
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
LANDSCHAFT										
Räumliche Verteilung und Lage von Flächentypen auf Betrieb	11	3						9	3	etablierte aber lückenhafte
Fragmentierung/Vernetzung der Landschaft	11	3						9	4	gut etablierte und umfassende
Strukturmenge, -länge und -vielfalt in der Landschaft	11	4						9	4	gut etablierte und umfassende
Landnutzung in der Umgebung des Betriebes	11	3						9	3	etablierte aber lückenhafte

Literatur

Die wissenschaftliche Literatur bestätigt, dass der **Landschaftskontext** meist einen starken Einfluss auf die Biodiversität einer Fläche hat. Prevedello & Vieira (2009) fanden in 95% von 104 Studien, dass der Landschaftskontext einen Einfluss auf die untersuchten Parameter auf einer Fläche hatte. Je nach betrachteter Artengruppe und Situation kann entweder die **Umgebung einer Fläche** oder **Eigenschaften wie Grösse oder Qualität der Fläche** selbst (Kapitel 3.2.5 und 3.2.6) einen grösseren Effekt auf die Artenzahlen und Anzahl Individuen ausüben (Dauber et al. 2003; Jeanneret et al. 2003). Eine Vereinheitlichung landwirtschaftlich genutzter Landschaften führt oft zu einer Reduktion der Artenzahlen und Anzahl Individuen auf einzelnen Flächen (Tscharrntke et al. 2005; Winqvist et al. 2011). Die **Umgebung des Betriebes** erklärte auch im Projekt „Mit Vielfalt punkten“ bedeutende Anteile der Biodiversitätsunterschiede zwischen den Betrieben (15-33% der erklärten Varianz; Tabelle 7).

Je nach Landschaftskontext ist auch die Wirkung von ökologischen Ausgleichsmassnahmen (öAM) unterschiedliche (Abbildung 15 aus Batáry et al. 2011). Diese Metaanalyse zeigt, dass öAM einen positiven Effekt auf Artenzahlen (Anzahl Studien = 109) und Abundanzen (Anzahl Studien = 114) haben, dieser Effekt aber je nach Landschaftskomplexität unterschiedlich stark ist. Im Grünland sowie für Pflanzen und Vögel, scheinen öAM sowohl in einheitlichen als auch vielfältigen Landschaften gleich effektiv zu sein. Hingegen zeigen öAM im Ackerbaugebiet und für Arthropoden stärkere Effekte in einheitlichen Landschaften. Letzteres ist für die Landwirtschaft besonders relevant, da Ökosystemleistungen wie natürliche Schädlingskontrolle oder Bestäubung von Arthropoden erbracht werden (siehe auch folgenden Abschnitt).

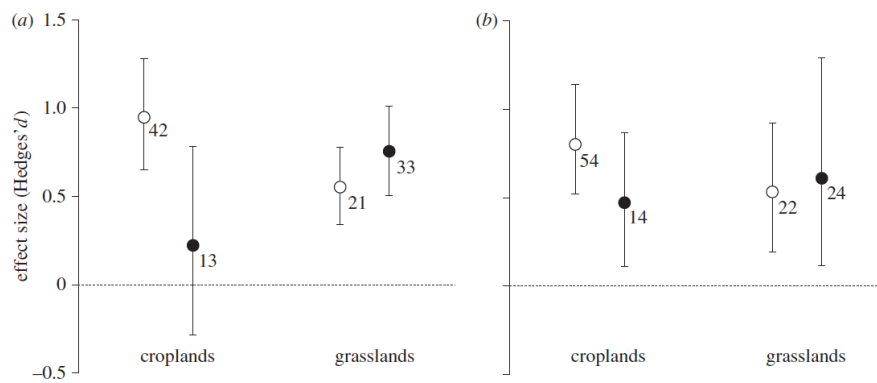


Abbildung 15: Die Effekte von ökologischen Ausgleichsmassnahmen auf a) Artenzahlen und b) Abundanzen in einheitlichen (leere Kreise) und komplexen Landschaften (gefüllte Kreise). Gezeigt ist die durchschnittliche Effektgrösse sowie das 95%-Konfidenzintervall. Zahlen = Anzahl Studien (Batáry et al. 2011)

Der **Landschaftskontext** (Diversität der Bodenbedeckung, zusammenhängende Flächengrösse von Flächentypen) wirkt sich zudem auf die funktionale Zusammensetzung (verschiedene Eigenschaften der Organismen) der Lebensgemeinschaften aus und puffert Auswirkungen der Bewirtschaftungsintensität einzelner Felder auf diese ab (Gámez-Virués et al. 2015). Dies kann sich auch auf Ökosystemleistungen auswirken. So zeigen Rusch et al. (2016) in einem Zusammenschluss von 15 experimentellen Studien mit 175 Feldstandorten einen übereinstimmenden negativen Effekt der Abnahme der Landschaftskomplexität (gemessen am Anteil der Kulturen in der Umgebung) auf das Ausmass der natürlichen Schädlingskontrolle. Ebenso zeigt eine Metaanalyse, dass Bestäuber (Anzahl Arten und Abundanzen) durch ökologische Ausgleichsmassnahmen in Landschaften mit 1-20% naturnahe Flächen (22 Studien) stärker gefördert werden als in völlig ausgeräumten (<1% naturnah, 6 Studien) oder sehr vielfältigen Landschaften (>20% naturnah, 22 Studien) (Scheper et al. 2013). Für die Landwirtschaft lohnt es sich also besonders in denjenigen Landschaften mit einem geringen Anteil naturnaher Flächen Massnahmen zur Förderung der Biodiversität umzusetzen.

Struktureichtum und Heterogenität in der Landschaft (z.B. vielfältige Landschaften durch viele verschiedene Lebensraumtypen oder Strukturen wie Steinhaufen, Einzelbäume, Altgrasstreifen, Wassertümpel) beeinflussen die Artenvielfalt und Abundanzen von vielen Arten positiv (Jenny et al. 1997; Graf & Korner 2011) und bieten den Organismen Rückzugsmöglichkeiten während der Bewirtschaftung (Humbert et al. 2012a). So ist eine Erhöhung der Dichte dauerhafter Linearstrukturen eine erfolgreiche Massnahme, um die Habitatqualität für Arten des Landwirtschaftsgebietes zu verbessern (Jenny et al. 2002). Eine qualitative Aufwertung von Saumstrukturen kann die Artenzahlen und Abundanzen von Pflanzen, Schmetterlingen und Heuschrecken erhöhen (Jacot et al. 2007). Die Bedeutung von Strukturen zeigt auch eine Studie aus der Schweiz zu extensiv genutzten Weiden. Weiden mit guter faunistischer Qualität weisen einen Anteil an kaum genutzter krautiger Vegetation von 2-8%, einen Anteil an Gehölzen von 15-30% (teilweise sogar 50-80%) und einen Anteil an offenen Bodenstellen zwischen 0-40% (Mittel 5%) auf (Walter et al. 2006). Für einige seltene insektenfressende Vogelarten in Rebbergen und Obstkulturen ist ein Anteil offener Bodenstellen von 40-70% optimal (Schaub et al. 2010; Coudrain et al. 2010; Arlettaz et al. 2011). Auch in anderen Biodiversitätsförderflächen können Strukturen die ökologische Qualität erhöhen: So sind für Brutvögel v.a. strukturell vielfältige Brachen wertvoll. Dies kann mit gezielter Pflege oder mit einem Mosaik aus unterschiedlich alten Brachen (1-3, 4-6, 7-10 Jahre) erreicht werden. Arten- und Revierzahl von Brutvögeln zeigen ein Optimum bei 4-6-jährigen Brachen (Birrer et al. 2012).

Die Auswirkungen der **Landschafts- und Lebensraumfragmentierung** können sich nicht nur im erheblichen lokalen Aussterben von Arten äussern (Fischer & Stöcklin 1997), sondern auch in der Zusammensetzung der Artengemeinschaft (Schlup 2009). Bis die Auswirkungen einer Fragmentierung tatsächlich sicht- und feststellbar werden, dauert es teilweise lange Zeit. Denn das Aussterben von Populationen kann mit einer Zeitverzögerung erfolgen (Butaye et al. 2007; Sang et al. 2010; Cousins & Vanhoenacker 2011). Auf kleinen, isolierten Flächen ist zudem die Wahrscheinlichkeit, dass Arten verschwinden, höher als auf grösseren, vernetzten Flächen. Denn kleine Flächen beherbergen kleinere Populationen, und aufgrund der Isolation fällt es lokal verschwundenen Arten schwerer unbesiedelte Flächen wieder zu besiedeln. Wenn die Distanzen dazwischen grösser sind als die

Ausbreitungsdistanzen der Arten, ist eine Wiederbesiedlung ohne unterstützende Massnahmen oft sogar unwahrscheinlich. So zeigen z.B. Knop et al. (2011) für Heuschrecken und Landschnecken, dass wiederhergestellte isolierte Wiesen 4-6 Jahre nach der Anlage eine geringere Vielfalt von Arten mit geringen Ausbreitungsfähigkeiten aufwiesen als nicht isolierte.

Verschiedene Metaanalysen zeigen, dass die zunehmende Fragmentierung auch Ökosystemleistungen wie die Bestäubung (Aguilar et al. 2006; Montero-Castano & Vilà 2012) oder die natürliche Schädlingsregulierung (Martinson & Fagan 2014) negativ beeinflussen.

3.2.5 Bodenbedeckung (Landbedeckung, land cover)

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Bodenbedeckung* im Sektor „kritisch“. Mit dem zweithöchsten Aktivitätsindex der SE ist es ein starker Beeinflusser des Systems, der zudem mit vielen anderen SE vernetzt ist (Rang 3 beim Interaktionsindex). In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich die *Bodenbedeckung* im oberen Bereich „aktiv“ im Übergang zum Neutralbereich. Dies bekräftigt, dass die Bodenbedeckung ein wichtiger Ansatzpunkt für Veränderungen im System darstellen kann. Aufgrund der vielen Wechselwirkungen und der Position in der Einflussgrafik muss bei Veränderungen des SE mit Einflüsse auf viele Bereiche und mit gewissen Rückkopplungen gerechnet werden.

Hinsichtlich der Abschätzung der Auswirkungen von Veränderungen der *Bodenbedeckung* auf das System können zumindest für gewisse Aspekte Projekte im Bereich des Grundwasserschutzes (Nitratprojekte: Veränderung der Bodenbedeckung zur Verminderung von Nitratreinträgen ins Grundwasser) als Fallstudien dienen (siehe z.B. BLW et al. 2013).

ExpertInnen-Umfrage

Gemäss der ExpertInnen-Umfrage (Tabelle 10) hat der Flächenanteil verschiedener Arten der *Bodenbedeckung* (z.B. *Grünland, Ackerfläche*) an den Flächen von Betrieben einen geringen bis sehr starken Einfluss auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben (etablierte aber lückenhafte bis etablierte und umfassende Belege). Insbesondere den Bodenbedeckungstypen **Feuchflächen** sowie **Gebüsch und Säumen** wird überreinstimmend ein starker bis sehr starker Einfluss zugesprochen (gut etablierte und umfassende Belege). Aber auch die Anteile des **Dauergrünlands** und der verschiedenen **Kulturen** haben deutliche Einflüsse auf die Biodiversität. Eine Vielzahl an Bodenbedeckungstypen erhöht zudem den Strukturreichtum und die Heterogenität in einer Landschaft (siehe Kapitel 3.2.4).

Tabelle 10: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren im Bereich „Bodenbedeckung“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke					Zuverlässigkeit der Belege				
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
FLÄCHENANTEIL DER BODENBEDECKUNG (LANDBEDECKUNG, LAND COVER)										
Dauergrünland	11	3						9	4	gut etablierte und umfassende
Ackerland (ohne Gemüsekulturen)	11	3						10	3	etablierte aber lückenhafte
Freilandgemüse	10	2						10	3	etablierte aber lückenhafte
Dauerkulturen (z.B. Reben, Obst)	10	3						11	3	etablierte aber lückenhafte
Betriebsgebäude (Ställe, Gewächshäuser) und weitere versiegelte Flächen	11	1						5	3	etablierte aber lückenhafte
Feuchflächen	11	4						10	4	gut etablierte und umfassende
Gewässer	11	3						8	3.5	etablierte aber lückenhafte
Wald	11	3						9	3	etablierte aber lückenhafte
Gebüsche und Säume	11	4						10	4	gut etablierte und umfassende

Literatur

Studien mit Daten aus der ganzen Welt bestätigen, dass die *Bodenbedeckung, die Art der Landnutzung* (z.B. Ackerland, Weiden) und dabei die Intensität der Bewirtschaftung (Kapitel 3.2.6) einen grossen Einfluss auf die Biodiversität haben (Gerstner et al. 2014; Lawrence et al. 2015; Nemecek et al. 2017). Eine Vielfalt an Bodenbedeckungstypen in einer Landschaft ist auch wichtig, um funktionell diverse Lebensgemeinschaften, d.h. mit vielen verschiedenen Eigenschaften, zu erhalten. Dies auch wenn die Bewirtschaftungsintensität auf einzelnen Feldern hoch ist (Gámez-Virués et al. 2015)

Die Bedeutung von **naturnahen/halbnatürlichen Flächen und Strukturen** im Landwirtschaftsgebiet für die Biodiversität ist zudem gut belegt (Kapitel 3.2.4 für die Strukturvielfalt). Ackerbau-Betriebe in Grossbritannien mit Anteilen von Brachen, Ackersäumen und ähnlichen angelegten Flächen (d.h. Flächen die sich im Schweizer System auf der LN befinden) von mehr als 10% der Betriebsfläche wiesen signifikant grössere Population (ca. 60%) von Agrarvogelarten auf als Betriebe mit weniger als 3% Brachen-ähnlichen Flächen (Henderson et al. 2012). Für dazwischenliegende Deckungsgrade wurden keine bedeutenden Veränderungen festgestellt. Eine mehrjährige Studie in der Schweiz zeigt ähnliches: um gesunde Populationen von Feldhasen und von charakteristischen Vogelarten in Ackerbaugebieten zu erhalten, müssten qualitativ hochwertige Biodiversitätsförderflächen und andere naturnahe Flächen mindestens 14% der Landschaft (auf und ausserhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche) ausmachen (Meichtry-Stier et al. 2014). Ebenso kommt eine deutsche Studie zum Schluss, dass Ackerbrachen in intensiv genutzten Ackerbaugebieten für die Erhaltung charakteristischer Vogelarten lokal mehr als 10% der Gesamtfläche ausmachen sollten (Hoffmann et al. 2012).

3.2.6 Landnutzungsintensität (Bewirtschaftungspraktiken und Ausgestaltung, Einsatz Produktionsmittel und Emissionen, Niveau der Nutzungsintensität)

Die **Landnutzungsintensität** kommt durch einer Vielzahl von gemeinsam wirkenden und interagierenden Faktoren bzw. SE wie den *verschiedenen Bewirtschaftungspraktiken, ihrer zeitlichen und räumlichen Ausprägung und des Einsatzes von Produktionsmitteln* zustande. Die Ergebnisse zu diesen SE werden deshalb in diesem Kapitel gemeinsam präsentiert. Die Gesamtwirkung dieser SE wird durch einen daraus resultierenden *Zustand der Nutzungsintensität* abgebildet (Kapitel 3.2.6.3).

Da die verschiedenen SE der Landnutzungsintensität stark vernetzt sind (hohe Interaktionsindex), können Veränderung dieser SE, auch wenn sie im Sektor „puffernd“ oder „reaktiv“ sowie in den Neutral- und Übergangsbereichen der Einflussgrafik liegen, das System je nach Situation, z.B. beim Überschreiten von Schwellenwerten, stark beeinflussen. Vester (2010) spricht von „Wolf-im-Schafpelz“ Verhalten.

3.2.6.1 Bewirtschaftungspraktiken sowie zeitliche und räumliche Aspekte

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Bewirtschaftungspraktiken (Art und Weise)* im Neutralbereich des Sektors „kritisch“. Mit dem vierthöchsten Aktivitätsindex der SE ist es ein ziemlich starker Beeinflusser und ist gleichzeitig mit relativ vielen anderen SE vernetzt (Rang 6 beim Interaktionsindex). Da es auf die SE *Zustand der Landnutzungsintensität* und *Einsatz Produktionsmittel*, die deutlich im Sektor „kritisch“ liegen, einen starken Einfluss hat, kann die *Art und Weise der Bewirtschaftung* je nach Situation sehr systemrelevant werden. In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich das SE *Bewirtschaftungspraktiken* im oberen Neutralbereich, relativ nahe zum Aktivbereich.

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Ausgestaltung der Bewirtschaftung* im Sektor „reaktiv“, nahe zum Sektor „kritisch“. Sein Einfluss auf andere SE ist mittelmässig ($AI < 1$). Es ist aber sehr stark mit anderen SE vernetzt (Rang 2 beim Interaktionsindex) und hat einen starken Einfluss auf die SE *Zustand der Landnutzungsintensität* und *Einsatz Produktionsmittel* im Sektor „kritisch“. In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich das SE *Ausgestaltung der Bewirtschaftungspraktiken* im Übergangsbereich Neutral zu „kritisch-reaktiv“. Dies ist gemäss Abbildung 9 mit Erläuterungen von Vester (2010) besonders heikel. Diese Positionen und Verknüpfungen deuten darauf hin, dass dieses SE einen relevanten Systemeinfluss entwickeln kann und damit vorsichtig umgegangen werden sollte.

ExpertInnen-Umfrage

Gemäss der ExpertInnen-Umfrage (Tabelle 11) haben verschiedene Unterelemente des SE *Bewirtschaftungspraktiken* – die **Art und Weise der Mahd, der Beweidung, des Pflanzenschutzes, der Düngung und der Bodenbearbeitung** – einen starken bis sehr starken Einfluss auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben (etablierte aber lückenhafte bis gut etablierte und umfassende Belege). Aber auch die Ausprägung weiterer Faktoren übt laut der Einschätzung der ExpertInnen einen mittleren bis starken Einfluss auf die *Biodiversität* aus.

Die ExpertInnen (Tabelle 11) stufen den Einfluss der verschiedenen Unterelemente des SE *Ausgestaltung der Bewirtschaftung* auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben mit guter Übereinstimmung als stark bis sehr stark ein (etablierte aber lückenhafte bis gut etablierte und umfassende Belege).

Tabelle 11: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren im Bereich „Bewirtschaftungspraktiken“ und „Räumliche und zeitliche Aspekte der Bewirtschaftung“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke					Zuverlässigkeit der Belege				
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
BEWIRTSCHAFTUNGSPRAKTIKEN (Art und Weise)										
Mahd	10	3.5						9	4	gut etablierte und umfassende
- Schnitthöhe	10	3						10	3	etablierte aber lückenhafte
- Schnittgutver- arbeitung (z.B. Heu, Silage)	9	3						7	3	etablierte aber lückenhafte
Beweidung	10	3						9	4	gut etablierte und umfassende
Ernte in Kulturen	7	2						7	3	etablierte aber lückenhafte
Pflanzenschutzes (Pflanzenschutzmittel, Biologischer, Mechanischer Pflanzenschutz)	10	4						9	3	etablierte aber lückenhafte
Düngung (Kunstdünger, organischer Dünger, Biologische Stickstofffixierung)	11	3						11	4	gut etablierte und umfassende
Bodenbearbeitung, Saat und Pflanzung	10	3						9	3	etablierte aber lückenhafte
Bewässerung	10	2.5						8	3	etablierte aber lückenhafte
Eingesetzte Technologie bei der Bewirtschaftung	12	2.5						9	3	etablierte aber lückenhafte
Wahl von Saatgut- und Tiertypen (Art, Rasse/Sorte, Lebensphase)	10	2						7	3	etablierte aber lückenhafte
RÄUMLICHE und ZEITLICHE ASPEKTE DER BEWIRTSCHAFTUNG										
Häufigkeit der Bewirtschaftung einer Fläche	11	4						10	4	gut etablierte und umfassende
Bewirtschaftungszeitpunkte einer Fläche	11	3						10	3	etablierte aber lückenhafte
räumliche und zeitliche Heterogenität der Bewirtschaftung auf einem Betrieb	11	4						9	4	gut etablierte und umfassende
- Fruchtfolge	11	3						7	3	etablierte aber lückenhafte
- Mischkulturen oder Untersaaten	10	3						6	3	etablierte aber lückenhafte
- Anzahl Nutzungstypen pro Betrieb	11	3						5	3	etablierte aber lückenhafte
- Schlag-/Feldgrösse	11	3						8	3	etablierte aber lückenhafte
- Staffelung der Ernte, Mahd oder Beweidung	12	3						8	3	etablierte aber lückenhafte

Literatur

Die wissenschaftliche Literatur bestätigt ausführlich, dass sowohl die *Art der Bewirtschaftung als auch zeitliche und räumliche Aspekte der Bewirtschaftung* die Biodiversität beeinflussen, wobei die Auswirkungen je nach Standort, vorhandenen Arten und Lebensraumtyp variieren. So zeigt eine europaweite Untersuchung zu den Einflussfaktoren auf Landnutzungsänderungen (und damit auch auf die Biodiversität) in den letzten 2 Jahrhunderten, dass **technologische Innovationen** einen grossen Einfluss haben und teilweise zu starken und abrupten Veränderungen von Systemen führten (Rudbeck et al. 2015).

Der Einfluss von *Bewirtschaftungspraktiken* auf die Biodiversität wird beispielhaft anhand der Mahd von Wiesen erläutert: **Schnitttermine, Schnitthäufigkeit und der Mähprozess (Maschinen, Schnitthöhe, Tageszeit, Weiterverarbeitung des Schnittgutes)** beeinflussen die faunistische wie auch botanische Qualität einer Wiese (Diacon-Bolli et al. 2011; Gaujour et al. 2012). Die

Schnittzeitpunkte bestimmen die Überlebensrate von Nestern von bodenbrütenden Vögeln und damit deren Fortpflanzungserfolg (z.B. Grübler et al. 2012). Eine Verschiebung des ersten Schnittes vom Frühling in den Sommer hat gemäss einer Metaanalyse von Humbert et al. (2012b) positive Effekte auf Pflanzen- und Invertebraten-Vielfalt. Eine Erhöhung der **Anzahl Schnitte pro Jahr** führt zu einer Abnahme der Artenzahlen in verschiedenen Organismengruppen (z.B. Chisté et al. 2016) und schwächt die Beziehungen unter den Arten (Manning et al. 2015). Der Mähprozess selbst kann die Populationen von Invertebraten auf Wiesen massiv reduzieren. Je nach **Mähgerät** kommt es zu Verlusten bis zu 84% der Individuen einer Population, wobei Mähauflbereiter im gesamten Prozess die grössten Verluste verursachen (Humbert et al. 2010).

Eine höhere *räumliche Heterogenität der Bewirtschaftung* führt zu vielfältigeren (komplexeren) Landschaften, was sich auf die Biodiversität mehrheitlich positiv auswirkt (Kapitel 3.2.4). Dazu gehört auch die **Anzahl Nutzungstypen** (Kulturenvielfalt), die neben den Vegetationsstrukturen und der Heterogenität der Kulturen gemäss Hoffmann et al. (2012) in Ackerbaugebieten entscheidend für die Abundanzen von Vogelarten des Offenlandes sind. Ebenso wurde in 25 Agrarlandschaften Europas ein positiver Effekt der Artenvielfalt angebaute Kulturpflanzen auf die Artenzahlen von Arthropoden festgestellt (Billeter et al. 2007). Werner et al. (2006) betonen, dass auch die Anzahl in der Fruchtfolge angebaute Kulturen für die Verfügbarkeit verschiedener Habitate wichtig ist. So empfiehlt es sich für die Erhaltung von Agrarvogelarten Flächenanteilen einzelner Hauptkulturen von maximal 10 bis 25% (Raps, Mais) bzw. 10 bis 40% (Winterweizen) in einem Gebiet nicht zu überschreiten. Auf der restlichen Ackerfläche können weitere verschiedene Kulturen angebaut werden (Hoffmann et al. 2012).

3.2.6.2 Einsatz Produktionsmittel und Emissionen

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Einsatz von Produktionsmitteln* im Übergangsbereich des Sektors „kritisch“ zu „reaktiv“. Sein Einfluss auf andere SE ist mittelmässig (AI Rang 7) und es ist mittelmässig mit anderen SE vernetzt (II Rang 5). Es hat jedoch einen starken Einfluss auf andere SE im Sektor „kritisch“. Gemäss (Vester 2010) ist es besonders heikel, wenn Bündel von Variablen im Bereich kritisch-reaktiv liegen. In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich das SE Einsatz Produktionsmittel allerdings im Neutralbereich.

Das SE *Emissionen* liegt in der Einflussgrafik (Abbildung 8) knapp innerhalb des Neutralbereichs des Sektors „puffernd“. Es weist eine geringe Aktivität und Vernetzung auf, wird dafür stark von anderen SE beeinflusst. In der Gegenüberstellung der Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) befindet sich das SE im reaktiven Bereich. Das SE ist somit gut als Indikator geeignet. Eingriffe stellen aus Sicht des Gesamtsystems bei solchen SE tendenziell „Symptombehandlungen“ dar. Es wäre deshalb wichtig an den Ursachen der Emissionen (z.B. *Einsatz Produktionsmittel*, **Tierbestand**) anzusetzen. Solange an diesen Ursachen im System keine relevanten Änderungen erfolgen, bleiben aber für die Biodiversität und Ökosystemleistungen „Symptombehandlungen“ wichtig.

ExpertInnen-Umfrage

Die ExpertInnen (Tabelle 12) stufen den Einfluss von **Dünger- und Pflanzenschutzmittelmengen** auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben mit guter Übereinstimmung als sehr stark ein (gut etablierte und umfassende Belege), den Einfluss des **Futtermittelleinsatz** auf mittel bis stark und den Einfluss des Einsatzes von **Tierarzneimittel und Wasser** als gering bis mittel (etablierte aber lückenhafte Belege).

Die ExpertInnen (Tabelle 12) stufen den Einfluss der verschiedenen *Emissionen* auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben als mittel bis stark ein (etablierte aber lückenhafte Belege mit Ausnahme der Tierarzneimittel), was gut mit der Einstufung des Einflusses des *Produktionsmitteleinsatzes* übereinstimmt. Beim Vergleich der Ergebnisse zu den *Emissionen* und zum *Produktionsmitteleinsatz* ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von *Produktionsmitteln* nicht nur indirekt über die *Emissionen* auf die Biodiversität wirkt, sondern auch direkt. Zudem wurde bei den *Emissionen* der Bereich Dünger/Nährstoffe in die Untergruppen Verluste verschiedener Stoffe (Stickstoff und Phosphor) sowie Stoffverbindungen (Ammoniak und andere Stickstoffformen) aufgeteilt wurden.

Tabelle 12: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren in den Bereichen „Einsatz Produktionsmittel“ und „Emissionen“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke						Zuverlässigkeit der Belege			
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
EINSATZMENGEN VON PRODUKTIONSMITTELN										
Dünger	11	4						10	4	gut etablierte und umfassende
Pflanzenschutzmittel	11	4						10	4	gut etablierte und umfassende
Tierarzneimittel	10	1.5						5	3	etablierte aber lückenhafte
Kraftfutter	10	2.5						5	3	etablierte aber lückenhafte
Raufutter	10	2						6	3	etablierte aber lückenhafte
Wasser	10	2						6	3	etablierte aber lückenhafte
EMISSIONEN										
Stickstoffverluste (ohne Ammoniak)	11	3						7	3	etablierte aber lückenhafte
Ammoniakemissionen	10	2						5	3	etablierte aber lückenhafte
Phosphorverluste	10	2						6	3.5	etablierte aber lückenhafte
Pflanzenschutzmittelverluste	8	3.5						8	3	etablierte aber lückenhafte
Tierarzneimittelverluste	7	2						4	2.5	viele aber teilweise widersprüchliche

Literatur

Der **Stickstoffkreislauf** wird seit Mitte des 20. Jahrhunderts durch den Mensch global und regional stark beeinflusst, wobei die Tierproduktion (**Einsatz Futtermittel, Hofdünger**) eine grosse Rolle spielt (Kapitel 3.2.3 für **Einfluss des Tierbestandes**). Neben beabsichtigten Stickstoffflüssen (z.B. Stickstoff, der tatsächlich von den Kulturpflanzen aufgenommen wird) werden dadurch unbeabsichtigte Stickstoffemissionen und -einträge verursacht. Diese führen zu unerwünschten Auswirkungen auf Wasser-, Boden-, Luftqualität, Treibhausgasbilanz, Biodiversität und menschliche Gesundheit. Wissenschaftliche Belege für negative Auswirkungen von Nährstoffeinträgen auf die Biodiversität existieren in grosser Anzahl und für verschiedene räumliche und zeitliche Ebenen (Sutton et al. 2011; Humbert et al. 2015; SRU 2015). Die Eutrophierung in Folge des Einsatz von Düngern, Stickstoff- und Phosphorverlusten und Ammoniakemissionen gilt als eine der Hauptursachen für den Rückgang der Biodiversität (Millennium Ecosystem Assessment 2005a; Gerstner et al. 2014).

Die Effekte von **Stickstoffverlusten** sind direkt oder indirekt und entstehen in Folge toxischer, eutrophierender (Anreicherung von Nährstoffen) oder versauernder Wirkung wie auch in Wechselwirkung mit anderen Ursachen. Pflanzen werden tendenziell direkt (Hautier et al. 2009), Tiere indirekt über veränderte Vegetationszusammensetzung, -struktur und -heterogenität oder andere Umweltbedingungen beeinflusst (Sutton et al. 2011). Die Effekte können je nach Umweltbedingungen innerhalb sehr kurzer oder erst nach langer Zeit sichtbar werden (Bobbink & Hettelingh 2011). Die Nährstoffinputs und -anreicherungen führen zu Veränderungen in den Artenzahlen und -abundanzen, in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften und der Ökosystemfunktionen und können das lokale bis regionale Aussterben von Arten sowie den Verlust genetischer und funktioneller Diversität verursachen.

Durch die **Stickstoffdeposition** aus der Luft und in gewissen Regionen auch durch beabsichtigte Düngung erfolgen flächendeckend hohe Stickstoffeinträge. Die Folge ist eine Vereinheitlichung der Standortbedingungen und in Folge eine Vereinheitlichung der Lebensgemeinschaften (Abnahme der Unterschiede zwischen Standorten) (für Europa: Duprè et al. 2010; Stevens et al. 2010; Bobbink & Hettelingh 2011; für die Schweiz: Bühler & Roth 2011). Die höhere Produktivität der Vegetation infolge von Nährstoffeinträgen ermöglicht zudem eine generell intensivere Landnutzung (Kapitel 3.2.6.3). Eine steigende Intensität der Landnutzung führt in den meisten Fällen wiederum zu einer stärkeren Beeinträchtigung der Biodiversität.

Unerwünschte Wirkungen von **Pflanzenschutzmitteln** auf die Biodiversität zeigen sich nicht nur bei einzelnen Individuen von Nichtzielorganismen, sondern auch bei ihren Populationen, bei Lebensgemeinschaften, bei der Funktionsfähigkeit der Ökosysteme und damit potenziell auch bei Ökosystemleistungen (Chagnon et al. 2014; easac 2015; van Lexmond et al. 2015). Die Wirkung kann direkt sein (z.B. für Bienen: Krupke et al. 2012; für Amphibien Lenhardt et al. 2015; für Vögel und Säugetiere Jahn et al. 2014; Luzardo et al. 2014), für die Biodiversität und das Funktionieren der Ökosysteme besonders relevant sind aber indirekte Auswirkungen, wie z.B. die Verminderung des Nahrungsangebotes für Vögel (Jahn et al. 2014). Dies führt dazu, dass sich die Biodiversität in Feldern und Randbereichen mit unterschiedlich intensivem Pestizid-Einsatz unterscheidet (z.B. Dicks et al. 2013; Lüscher et al. 2014). Vögeln nutzen weniger intensiv mit Pestiziden behandelte Flächen häufiger (Stevens & Bradbury 2006) und pestizidarme oder -freie Flächen wirken sich positiv auf ihre Fortpflanzung aus (Ewald et al. 2010). Spezialisierte Arten reagieren dabei besonders sensibel (Filippi-Codaccioni et al. 2010). Neben den Mengen spielt auch die Häufigkeit der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln eine Rolle. So konnten in europaweiten Studien negative Effekte der Anwendungshäufigkeiten oder -mengen von Insektiziden, Fungiziden und Herbiziden auf verschiedene trophische Ebenen (Pflanzen, Laufkäfer, Vögel) sowie auf Artenzahlen und Abundanzen festgestellt werden (Geiger et al. 2010; Lüscher et al. 2014). Diese Studien zeigen zudem, dass Insektizide auch das Potenzial für die natürliche Schädlingsregulierung reduzieren. Gemäss dem IPBES-Assessment „Pollinators, pollination and food production (IPBES 2016) ist unter kontrollierten experimentellen Bedingungen nachgewiesen, dass Pestizide und insbesondere Insektizide, ein breites Spektrum lethaler und sub-lethaler Effekte auf Bestäuber haben (gut etabliert). Die wenigen Feldstudien, die Effekte von tatsächlich angewendeten Dosierungen auf dem Feld untersuchen, zeigen je nach untersuchten Arten und Pestizideinsatz widersprüchliche Effekte auf Bestäuber (etabliert aber unvollständig).

3.2.6.3 Zustand der Landnutzungsintensität

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Zustand der Landnutzungsintensität* im des Sektors „kritisch“. Sein Einfluss auf andere SE ist eher stark (AI Rang 5) und es weist von allen SE die stärksten Interaktionen auf (II Rang 1). In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich das SE ebenfalls an der „kritischsten“ Position der SE. Es kann als Initialzündung dienen und als Beschleuniger von Systemveränderungen wirken. Die genaue Wirkung ist abhängig von der Ausprägung der Rückkoppelungen im System. Veränderungen des SE sollten vorsichtig angegangen werden.

ExpertInnen-Umfrage

Die ExpertInnen (Tabelle 13) stufen den Einfluss des **Niveaus der Nutzungsintensität** einer Fläche auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben mit guter Übereinstimmung als sehr stark ein (gut etablierte und umfassende Belege), den Einfluss es **Anteils der Flächen mit einer bestimmten Nutzungsintensität** als stark (etablierte aber lückenhafte Belege).

Tabelle 13: ExpertInnen-Einstufung des Einflusses verschiedener Faktoren in den Bereichen „Niveau der Landnutzungsintensität“ auf die Biodiversität auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz (0 kein Einfluss bis 5 sehr starker Einfluss). Dargestellt sind die Anzahl Beantwortungen (n), der Median, die Streuung der Antworten (Minimum, Balken mit den mittleren 50% der Antworten und dem Median als Strich, Maximum). Die Einstufung der Zuverlässigkeit der Belege für den Einfluss eines Faktors erfolgte gemäss Abbildung 4 (1 = wenige und widersprüchliche Belege; 2 = viele aber teilweise widersprüchliche Belege; 3 = etablierte aber lückenhafte Belege; 4 = gut etablierte und umfassende Belege).

Faktor	Einflussstärke						Zuverlässigkeit der Belege			
	n	Median	0	1	2	3	4	n	Median	
NIVEAU DER NUTZUNGSINTENSITÄT										
Niveau der Nutzungsintensität einer Fläche (sehr intensiv bis ungenutzt)	11	4						10	4	gut etablierte und umfassende
Anteil Flächen des Betriebes mit einer bestimmten Nutzungsintensität	9	3						7	3	etablierte aber lückenhafte

Literatur

Die *verschiedenen Bewirtschaftungspraktiken* und der *Einsatz von Produktionsmitteln* resultiert in einem bestimmten *Niveau der Nutzungsintensität* einer Fläche. Mehrere Metaanalysen, die

verschiedene Bewirtschaftungssysteme (konventionell, integriert, biologisch, Erhöhung der Diversität in und um Felder) vergleichen, zeigen, dass die Gesamtheit der Wirkung der Bewirtschaftungsfaktoren (resultierend im Niveau der Nutzungsintensität) einen starken Einfluss auf die Biodiversität (Artenzahlen und Abundanzen) von Landwirtschaftsbetrieben haben kann, wobei aber je nach Betrieb grosse Unterschiede bestehen (Bengtsson et al. 2005; Tuck et al. 2014; Lichtenberg et al. 2017).

Unter anderem Allan et al. (2014) zeigen, dass eine Intensivierung der Landnutzung ausgehend von einem bestimmten Niveau zu einem Rückgang der Biodiversität an einem bestimmten Standort (sogenannte α -Diversität) führt (Abbildung 16a). Unabhängig von der lokalen Vielfalt führt eine Steigerung der Landnutzungsintensität auch zu einer Verminderung der Unterschiede der Lebensgemeinschaften zwischen verschiedenen Standorten (sogenannte β -Diversität) (Gossner et al. 2016). Dies führt insgesamt zu einer Vereinheitlichung und dadurch Verarmung der gesamten Biodiversität (γ -Diversität). Um dieser Vereinheitlichung und dem dadurch verursachten Rückgang der Biodiversität entgegen zu wirken, sind neben der Verminderung der weiträumig ähnlich wirkenden Gefährdungsfaktoren die Erhaltung und Förderung regionaler und lokaler Besonderheiten wichtig, wie sie auch in der „Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft – Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume“ spezifiziert sind (Walter et al. 2013).

Sowohl für die lokale Biodiversität als auch für die sogenannte β -Diversität (Unterschiede der Lebensgemeinschaften verschiedener Standorte) sind die Auswirkungen der Intensivierung auf die Biodiversität ausgehend von einem sehr extensiven Niveau am stärksten (Allan et al. 2014). Die Erhaltung von sehr extensiv bewirtschafteten Fläche ist für die Biodiversität deshalb äusserst wichtig.

Bei einem tiefen Intensitätsniveau kann eine gewisse Variabilität der Nutzungsintensität für die Biodiversität allerdings auch förderlich zu sein, wovon insbesondere seltene Arten im Vergleich zu den häufigen Arten profitieren (Abbildung 16b und c). Dieser Effekt verschwindet bei höheren Nutzungsintensitäten (Allan et al. 2014).

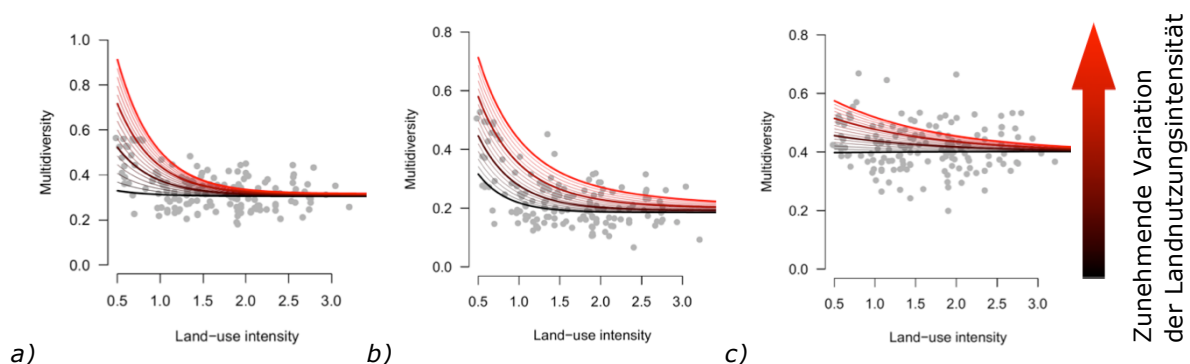


Abbildung 16: Einfluss der Landnutzungsintensität auf Multidiversität. a) Alle Arten b) Seltenste 90% der Arten c) Häufigste 10% der Arten (Allan et al. 2014).

Eine **Reduzierung der Nutzungsintensität** kann je nach Ausgangsniveau der Nutzungsintensität, dem Lebensraum und der Dauer seit der letzten Bewirtschaftung positiv oder negativ für die Biodiversität sein. Ein Extremfall stellt die **Nutzungsaufgabe** dar. Diese wird als einer der wichtigsten Treiber des Landschaftswandels in Europa betrachtet (Plieninger et al. 2016) und wirkend sich oft (aber nicht immer) negativ auf die Biodiversität aus (Gerstner et al. 2014; Nascimbene et al. 2014). Je nach Standort sind die Auswirkungen zudem unterschiedlich relevant. So sind z.B. bei einer Verbuschung/Wiederbewaldung von Wiesen und Weiden die Auswirkungen auf die Biodiversität gravierender, wenn viele seltene oder gefährdete Arten betroffen sind. Schübach et al. (2012) identifizierten Gebiete in der Schweiz, die für Arten der Umweltziele Landwirtschaft (UZL) eine grosse Bedeutung haben und in denen UZL-Arten gleichzeitig durch die Wiederbewaldung stark gefährdet sind.

Eine **teilweise Reduzierung der Nutzungsintensität** wirkt sich hingegen unter den heutigen Umständen meist positiv auf die Biodiversität aus und wird in Form von ökologischen Ausgleichsmassnahmen oder verschiedenen Massnahmen auf Produktionsflächen bei korrekter Umsetzung mit Erfolg zur Förderung der Biodiversität angewendet, wenn auch noch Verbesserungsmöglichkeiten bestehen (für die Schweiz Herzog et al. 2005, Knop et al. 2006, Aviron et

al. 2007, Roth et al. 2008; Jeanneret et al. 2010, Stöckli et al. 2017; europaweite Metaanalysen Batáry et al. 2011, Scheper et al. 2013).

3.2.7 Biodiversität

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Biodiversität* knapp im Neutralbereich des Sektors „reaktiv“. Sein Einfluss auf andere SE ist gemäss den Einstufungen der Interaktionsstärken in der Einflussmatrix gering ($AI < 1$), wird aber sehr stark von den anderen SE beeinflusst (höchste Passivsumme). In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich das SE ebenfalls im reaktiven Bereich. Die Biodiversität eignet sich demgemäss gut als Indikator.

ExpertInnen-Umfrage und Literatur

In der ExpertInnen-Umfrage wurde der Einfluss von anderen SE auf die *Biodiversität* thematisiert nicht aber die Biodiversität als Beeinflusser. Die Biodiversität ist aber für die Lebensfähigkeit und Funktionsfähigkeit von Systemen, insbesondere solcher die auf natürliche Ressourcen angewiesen sind wie das Landwirtschafts- und Ernährungssystem, ausserordentlich wichtig. Sie ist die grundlegende Voraussetzung für die Erbringung der Ökosystemleistungen (siehe Kapitel 0).

Die Literatur bestätigt zwar, dass die Biodiversität sich gut als Indikator für den Umweltzustand eignet. Allerdings zeigt die Literatur, dass die Biodiversität keineswegs „nur“ eine „reaktive“ Rolle einnimmt, wie das Ergebnis der Einflussgrafik vermuten lassen würde. Sie hat über Ökosystemleistungen einen grossen Einfluss auf und Nutzen für die Menschen (Kapitel 0, Millennium Ecosystem Assessment 2005b).

3.2.8 Ökosystemleistungen

Einflussmatrix

In der Einflussgrafik (Abbildung 8) befindet sich das SE *Ökosystemleistungen* im Sektor „reaktiv“. Sein Einfluss auf andere SE ist eher gering ($AI < 1$), es weist aber eine mittlere Vernetzung zu den anderen SE auf (II Rang 4). In der Gegenüberstellung Aktiv-Passivsummen (Abbildung 9) findet sich das SE *Ökosystemleistungen* im Übergangsbereich Neutral zu „kritisch-reaktiv“. Dies ist gemäss Abbildung 9 mit Erläuterungen von Vester (2010) besonders heikel. Diese Positionen und Verknüpfungen deuten darauf hin, dass das SE einen relevanten Systemeinfluss hat und damit vorsichtig umgegangen werden sollte.

ExpertInnen-Umfrage und Literatur

In der ExpertInnen-Umfrage wurden *Ökosystemleistungen* nicht thematisiert, sondern die Einflüsse der verschiedenen SE auf die Biodiversität. Die Biodiversität stellt die Grundlage für die Erbringung von Ökosystemleistungen dar. Dieser Zusammenhang wird im folgenden Kapitel 0 erläutert. Einflüsse auf die Biodiversität und folgende Veränderungen (siehe vorhergehende Kapitel) wirken sich damit auch auf die Erbringung der Ökosystemleistungen bzw. der diesbezüglichen Kapazität der Ökosysteme aus.

3.3 Einfluss der Biodiversität auf Ökosystemleistungen

Biodiversität ist die zentrale Lebensgrundlage des Menschen und eine Schlüsselgrösse für die landwirtschaftliche Produktion. Sie spielt eine wesentliche Rolle für verschiedene grundlegende Ökosystemfunktionen⁵ (Millennium Ecosystem Assessment 2005a) und damit auch für die Ökosystemleistungen⁶.

Dabei spielen:

- die genetische Vielfalt (wie viele verschiedene Varianten eines Genes (Allele)?)
- die Artenvielfalt (wie viele verschiedene Arten?),
- die Abundanzen von Arten (wie viele Individuen einer Art?),
- die funktionellen Merkmale von Arten (welche Eigenschaften weisen die Arten auf?),
- die Artenzusammensetzung (welche Arten sind anwesend?),
- die Interaktionen unter den Arten (welche Wechselwirkungen finden zwischen den Arten und ihrer Umwelt statt?), und
- die Vielfalt der Lebensräume

eine Rolle. Zudem kommt sowohl der lokalen Vielfalt an einem bestimmten Standort (α -Diversität) wie auch den Unterschieden in der Vielfalt zwischen verschiedenen Standorten (β -Diversität) eine Bedeutung zu.

Denn mit zunehmender Biodiversität und gleichbleibenden anderen Bedingungen nimmt normalerweise die Leistung einzelner Ökosystemfunktionen asymptotisch zu (Abbildung 16; Cardinale et al. 2006), was für verschiedene Ökosystemleistungen gut belegt ist (Abbildung 18). Dies lässt darauf schliessen, dass mehrere Arten dieselbe Funktion übernehmen können (Redundanz). Je mehr Ökosystemprozesse allerdings betrachtet werden, desto mehr Arten beeinflussen die Funktionsfähigkeit des Systems (Hector & Bagchi 2007; Maestre et al. 2012). Dabei nimmt die Bedeutung der Diversität mit der berücksichtigten Zeitspanne zu (Allan et al. 2013). Zudem tragen verschiedene Arten zu verschiedenen Zeitpunkten, an verschiedenen Orten – hier kommt die β -Diversität ins Spiel – und bei unterschiedlichen Umweltbedingungen und -veränderungen zur Funktionsfähigkeit bei (Abbildung 16 a-d; Isbell et al. 2011; Cardinale et al. 2012).

Eine hohe Biodiversität ist also einerseits wichtig für die Multifunktionalität (Lefcheck et al. 2015) und erhöht andererseits die Resistenz (Widerstandsfähigkeit) von Ökosystemen gegenüber Störungen und ihre Resilienz (Erholungsfähigkeit) nach Störungen (Elmqvist et al. 2003; Isbell et al. 2015). Sie sorgt damit für Sicherheit und eine zuverlässige Erbringung von Ökosystemleistungen (z.B. Abbildung 19). Dagegen vermindert gemäss Millennium Ecosystem Assessment (2005) ein Verlust an Biodiversität die Anpassungsfähigkeiten von Ökosystemen an sich ändernde Bedingungen (hohe Sicherheit der Aussage).

⁵ Ökologische Prozesse, die Energie-, Nährstoff- oder organischen Stoffen kontrollieren (Cardinale et al. 2012)

⁶ Ökosystemprozesse und -güter mit Nutzen für den Menschen oder sozusagen die vom Mensch genutzten Ökosystemfunktionen

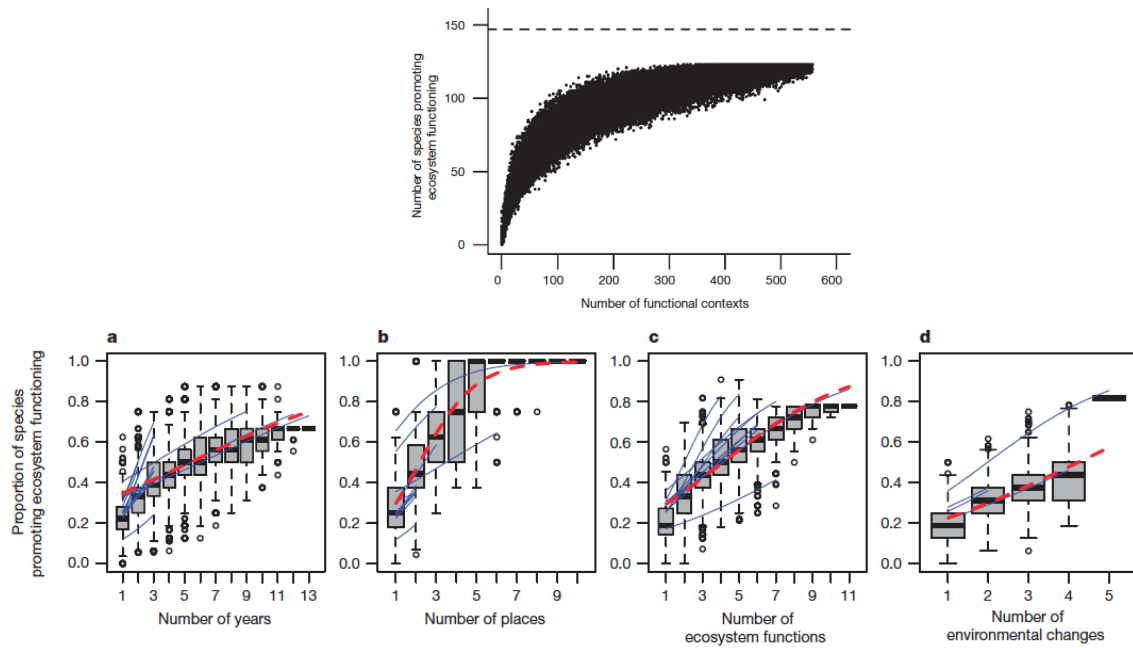


Abbildung 17: oben: Die Anzahl Arten ($n = 147$), die einen Beitrag zu den Ökosystemfunktionen leistet, nimmt mit zunehmender Anzahl Funktionen (functional context = eine Funktion zu einer bestimmten Zeit und einem bestimmten Standort, $n = 557$) zu. Der Anteil der Arten, die einen Beitrag zu den Ökosystemfunktionen leisten nimmt mit zunehmender Anzahl Jahre (a), Standorte (b), Funktionen (c) und der Anzahl unterschiedlicher Umweltveränderungen (d) zu (Isbell et al. 2011).

Category of service	Measure of service provision	SPU	Diversity level	Source	Study type	N	Relationship	
							Predicted	Actual
Provisioning								
Crops	Crop yield	Plants	Genetic	DS	Exp	575	→	→
			Species	DS	Exp	100	→	→
Fisheries	Stability of fisheries yield	Fish	Species	PS	Obs	8	→	→
Wood	Wood production	Plants	Species	DS	Exp	53	→	→
Fodder	Fodder yield	Plants	Species	DS	Exp	271	→	→
Regulating								
Biocontrol	Control of herbivorous pests (bottom-up effect of plant diversity)	Plants	Species	DS*	Obs	40	→	→
			Species	DS†	Exp	100	→	→
			Species	DS‡	Exp	287	→	→
			Species	DS§	Exp	100	→	→
	Control of herbivorous pests (top-down effect of natural enemy diversity)	Natural enemies	Species/trait	DS*	Obs	18	→	→
			Species	DS†	Exp/Obs	266	→	→
			Species	DS‡	Exp	38	→	→
Resistance to plant invasion	Plants	Species	DS	Exp	120	→	→	
Disease prevalence (on plants)	Plants	Species	DS	Exp	107	→	→	
Disease prevalence (on animals)	Multiple	Species	DS	Exp/Obs	45	→	→	
Climate	Primary production	Plants	Species	DS	Exp	7	→	→
	Carbon sequestration	Plants	Species	DS	Exp	479	→	→
	Carbon storage	Plants	Species/trait	PS	Obs	33	→	→
Soil	Soil nutrient mineralization	Plants	Species	DS	Exp	103	→	→
	Soil organic matter	Plants	Species	DS	Exp	85	→	→
Water	Freshwater purification	Multiple	Genetic/species	PS	Exp	8	→	→
Pollination	Pollination	Insects	Species	PS	Obs	7	→	→

For each ecosystem service we searched the ISI Web of Knowledge for published data syntheses (DS). The footnote symbols in the 'Source' column refer to different syntheses. When a synthesis was not available, we completed our own primary search (PS, see Box 2). Detailed results are given in Supplementary Table 2. Data presented here are summarized as follows: green, actual data relationships agree with predictions; yellow, Data show mixed results; red, data conflict with predictions. Exp, experimental; N, number of data points; Obs, observed; SPU, service providing unit (where natural enemies include predators, parasitoids and pathogens). Note that 13 ecosystem services are not included in this table due to lack of data (<5 relationships, see Supplementary Table 2).

Abbildung 18: Ausmass der Belege für den Einfluss der Biodiversität auf ausgewählte Ökosystemleistungen. Untersucht wurde, ob die vermutete Richtung der Wirkung (predicted) in der wissenschaftlichen Literatur bestätigt wird (grüne Pfeile), uneinheitlich ist (gelb) oder nicht bestätigt werden konnte (rot) (Cardinale et al. 2012).

Ökosysteme mit einer hohen Vielfalt auf verschiedenen Ebenen (Artenvielfalt, genetische und funktionelle Diversität, Vielfalt der Lebensräume) weisen tendenziell also eine hohe Resilienz und damit eine geringere Vulnerabilität gegenüber Veränderungen wie z.B. dem Klimawandel auf als Systeme des gleichen Typs mit einer geringeren Vielfalt. Ebenso bedeutend ist diesbezüglich die Vielfalt an Wechselwirkungen zwischen den Organismen. Insbesondere wenn dominante Arten betroffen sind, können sich Veränderungen der Interaktionen auch auf Ökosystemfunktionen auswirken. Interaktionen erfolgen nicht nur paarweise, sondern in komplexen Netzwerken. In diesen reagieren Teilkomponenten unterschiedlich auf Veränderungen der Umweltbedingungen. Bei gewissen Änderungen kann es deshalb zu kaskadenartigen Effekten kommen, bei anderen kann das natürliche Beziehungsnetz Veränderungen in den Ökosystemfunktionen abpuffern (Essl & Rabitsch 2013).

Die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme für die Erbringung der verschiedenen Ökosystemleistungen ist nicht nur auf globaler Ebene, sondern insbesondere lokal sehr wichtig. Denn Beeinträchtigungen von Ökosystemfunktionen und -leistungen in Folge des Verlustes von Biodiversität werden weniger durch das globale Aussterben von Arten, sondern vor allem durch das lokale Verschwinden von Arten (Rückgang der lokalen Vielfalt), der Reduktion ihrer Populationen (Abnahme der Anzahl Individuen) oder dem Verlust genetischer Ausprägungen beeinträchtigt (Millennium Ecosystem Assessment 2005a). Um die Erbringung der vielen verschiedenen Ökosystemleistungen sicher zu stellen, müssen also die lokale Vielfalt und die Abundanzen der Arten erhalten werden. Dazu ist auch eine hohe Lebensraumqualität notwendig.

Die Bedeutung einzelner Arten für spezifische Ökosystemfunktionen ist dabei insbesondere abhängig von ihrer Abundanz und ihren funktionellen Eigenschaften. Schlüsselarten übernehmen z.B. spezifische Leistungen wie z.B. eine Grasart (*Festuca valesiaca*), die wegen ihrer Trockenheitsresistenz gehäuft an Erosionskanten auftritt und weitere Erosion vermindert (Caprez et al. 2011; Huck et al. 2013). Es spielt aber eben nicht nur die Abundanz von Arten eine Rolle. Je nach den funktionellen Eigenschaften der Arten übernehmen auch seltene Arten (geringe lokale Abundanz und/oder regionales Vorkommen) wichtige Funktionen in den Ökosystemen. Dabei sind Arten mit geringer funktioneller Redundanz (nur wenige andere Arten mit ähnlichen funktionellen Eigenschaften) besonders wesentlich für Ökosystemfunktionen, die empfindlich auf Umweltveränderungen reagieren (Mouillot et al. 2013). Eine weitere Studie bekräftigt, dass seltene Arten besonders wichtig für die Multifunktionalität sind (Soliveres et al. 2016), d.h. je mehr verschiedene Leistungen an einem Standort von Bedeutung sind, desto wichtiger werden auch die selteneren Arten.

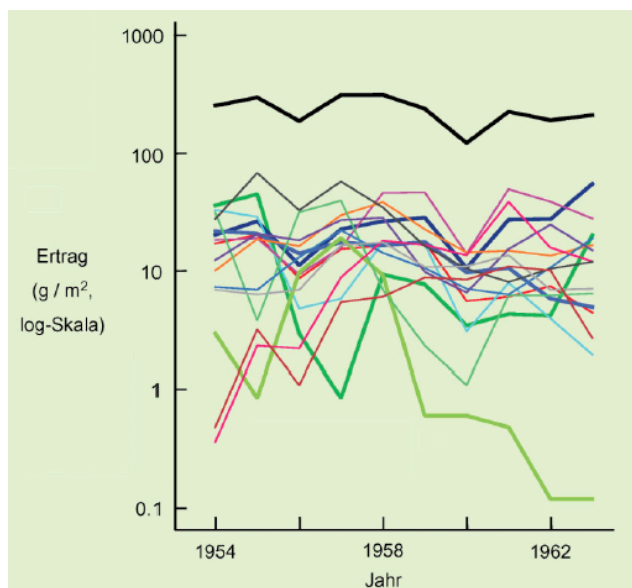


Abbildung 19: Stabiler Ertrag des Gesamtbestandes einer Wiese (fette schwarze Linie) und der 15 wichtigsten Pflanzenarten mit teilweise stark schwankenden Erträgen (Schmid 2003)

Die Biodiversität ist zudem besonders wichtig für unterstützende und kulturelle Ökosystemleistungen (Allan et al. 2015). So werden artenreichere Wiesen (tatsächliche und wahrgenommene Artenzahl der Pflanzen) von der Schweizer Bevölkerung als schöner wahrgenommen als artenärmere Wiesen und

bestimmte attraktive Arten führen zu einer höheren ästhetischen Gesamtbewertung (Lindemann-Matthies et al. 2010). Auch artenreiche Landschaftselemente wie z.B. Biodiversitätsförderflächen mit vertikalen Strukturen (Hochstammobstbäume oder Hecken) scheinen der Bevölkerung gut zu gefallen (Junge et al. 2015). So gefallen der Schweizer Bevölkerung und darunter auch einem Drittel der Landwirte Agrarlandschaften mit einem hohen Anteil an Biodiversitätsförderflächen (30% im Vergleich zu Landschaften mit 0% oder 10% BFF) am besten. Gleichzeitig gefielen 16% der Landwirte dieselben Agrarlandschaften jedoch am wenigsten. Die Einstellung der Landwirte war abhängig von ihrer ökologischen Einstellung (Junge et al. 2011).

Ein Verlust von Biodiversität kann auch ein Gefährdung des Kulturerbes darstellen und zu einem Wissensverlust für die Gesellschaft führen. So sind sowohl mit Wild- als auch Nutzpflanzen sowie Nutztier(rassen) spezifische Nutzungsformen, Kulturtechniken und Brauchtümer verbunden (Fitze 2016).

4 Limitierung der vorgegebenen Methode

4.1 Systemgrenze

Im vorliegenden Projekt wurden Einflussfaktoren des Schweizer Landwirtschaftssystem auf die Biodiversität der Schweiz untersucht. Dabei wurde auf die Biodiversität von einzelnen Landwirtschaftsbetrieben fokussiert, da die Agrarpolitik insbesondere bei diesen ansetzt.

Wir betonen aber, dass das Schweizer Landwirtschafts- und Ernährungssystem durch Importe von Produktionsmitteln und Nahrungsmitteln auch ausserhalb der Schweiz starke Auswirkungen auf verschiedene Umweltaspekte (Frischknecht et al. 2014) und damit auch auf die Biodiversität und den globalen Wandel hat (Dao et al. 2015). Will die Schweiz ihre internationale Verantwortung wahrnehmen, muss dies in der Agrarpolitik berücksichtigt werden. Beispiele sind unter anderem der Flächenbedarf für die Produktion von importierten Nahrungs- und Futtermitteln (Koellner et al. 2006), der Wasserverbrauch und die Eutrophierung (Scherer et al. 2016) und die daraus entstehenden Verluste der Biodiversität in den Herkunftsländern (Lenzen et al. 2012; Chaudhary et al. 2016).

Aus klimatischen und/oder Kapazitätsgründen können nicht alle der importierten Güter mit starken negativen Umweltauswirkungen in der Schweiz produziert werden. Diesbezüglich bietet der globale Handel die Chancen, dass Güter aus denjenigen Regionen bezogen werden können, wo sie mit möglichst geringen Umweltauswirkungen oder Schäden an der Biodiversität hergestellt werden können (Chaudhary et al. 2016). Zum Beispiel sollten Importe von Produkten wasserintensiver Kulturen tendenziell nicht aus Regionen mit knappem Wasserangebot importiert werden (Scherer et al. 2016).

Für Güter, die sowohl importiert als auch in der Schweiz produziert werden können, wäre vor einer Entscheidung für eine höhere oder geringere Inlandproduktion auch sorgfältig abzuklären, was aus Sicht der Umwelt- und Biodiversitätsauswirkungen sinnvoll ist, z.B. mittels Ökobilanzierungen. Denn auch wenn viele Produktionspraktiken in der Schweiz einen relativ hohen Nachhaltigkeitsstandard aufweisen, ist die Produktionsintensität in Schweiz im Vergleich zu anderen Ländern bereits sehr hoch (Rudbeck et al. 2015; BLW 2016), was zu entsprechenden Umweltauswirkungen führt. Es ist deshalb fraglich, ob und für welche Güter die Herausforderung, die Umweltauswirkungen der Produktion im globalen Kontext möglichst zu minimieren, mit einer weiteren Intensivierung der Produktion in der Schweiz mit den bisherigen Ansätzen gemeistert werden kann. Es ist zu vermeiden, dass die bereits auftretenden unerwünschten Umweltauswirkungen und Beeinträchtigungen der Biodiversität in der Schweiz und global weiter verschärft werden.

4.2 Limitierung der Methode Einflussmatrix

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben ist die Methode der Einflussmatrix Teil eines umfassenden Sensitivitätsmodelles (Abbildung 2). Gemeinsam mit anderen Arbeitsschritten hilft die Einflussmatrix ein besseres Verständnis komplexer Systeme zu erlangen. In solchen komplexen Systemen wie z.B. dem Landwirtschafts- und Ernährungssystem spielen jeweils diverse Akteure mit unterschiedlichen Kenntnissen, Erfahrungen und Zielen wichtige Rollen. Damit im Rahmen des Sensitivitätsmodelles respektive der Einflussmatrix-Methode komplexe Systeme besser verstanden werden können, ist es grundsätzlich notwendig, in partizipativen Prozessen mit den betroffenen Akteuren einerseits die Auswahl der SE zu treffen und andererseits die Einstufung der Wechselwirkungen der SE in der

Einflussmatrix vorzunehmen. Dies war im Rahmen des bestehenden Auftrages aufgrund der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel nicht oder bestenfalls ansatzweise möglich. Schon die Diskussionen mit und unter den ExpertInnen mit unterschiedlichen Schwerpunktbereichen bezüglich der Biodiversität in der Landwirtschaft hat gezeigt, dass das Systemverständnis, die Rolle von einzelnen SE sowie die Einstufung der Interaktionen je nach Sichtweise anders definiert und eingeschätzt wird. Dies zeigt, dass die Diskussion unter den verschiedenen Akteuren in einem partizipativen und iterativen Prozess in diesem Zusammenhang zentral ist, um schlussendlich zu einem besseren Verständnis komplexer Systeme zu gelangen.

Generell stellt die Einflussmatrix ein stark vereinfachtes Abbild der realen Welt dar. So hinterfragt z.B. Ulrich (2005), ob solche vereinfachten Ansätze geeignet sind, Entscheidungen zu treffen, wie in komplexe soziale System interveniert werden soll. Auch gemäss dem Entwickler Vester (2010) ist die Methodik „Denkhilfe und nicht Denkmaschine oder Denkersatz“. Bevor tatsächlich Entscheidungen getroffen werden, müssen weitere Arbeitsschritte durchgeführt werden (Vester 2010): Verständnis des Wirkungsgefüges, Erarbeitung von Teilszenarien und Regelkreisen sowie Simulationen und Policy-Tests. Die für dieses Projekt vorgegebene Einflussmatrix-Methode kann somit nur einen Startpunkt für weitere sorgfältige Überlegungen bilden und die Ergebnisse in diesem Bericht sind als ein Zwischenresultat in einem grösseren Prozess zu verstehen.

Mit der Methode der Einflussmatrix wird der Einfluss und das Verhalten einzelner SE auf das gesamte System, d.h. auf alle anderen SE als Bestandteile des Systems untersucht, nicht aber auf SE für sich alleine wie z.B. die Biodiversität oder einzelne Aspekte davon. Dies bringt mit sich, dass z.B. SE im Sektor „aktiv/Hebel“ vielleicht geeignet sind, im Gesamtsystem Veränderungen zu bewirken, aber nicht unbedingt zielführende „Hebel“ für einzelne SE wie z.B. Aspekte der Biodiversität darstellen. Dasselbe ist der Fall für SE, die anders (puffernd, reaktiv/Zeiger, kritisch) eingeordnet werden. Ihre Wirkung auf das Gesamtsystem ist vielleicht minim (bzw. sehr stark), für einen bestimmten Aspekt der Biodiversität aber sehr relevant (bzw. unwichtig).

Zudem muss auch hinsichtlich der Wirkung auf das Gesamtsystem jedes SE vertieft untersucht werden. So können nicht nur SE im Sektor „aktiv/Hebel“ geeignet sein Veränderungen im System zu bewirken, auch SE im Sektor „kritisch“ können sehr wichtige Ansatzpunkte für Veränderungen in Systemen darstellen (z.B. Lissner et al. 2014). Nur muss bei diesen aufgrund zu erwartender weitreichender Veränderungen vorsichtig vorgegangen werden. Andererseits können SE im puffernden oder reaktiven Sektor durchaus auch Systemwirkung entfalten, wenn sie einen starken Einfluss auf SE im Sektor „kritisch“ oder „aktiv“ ausüben.

Die Ergebnisse der Einflussmatrix variieren je nach beurteilender Person und gewählter SE (Abhängigkeit von den gewählten Systemgrenzen) stark (Kapitel 3.1.6) und reagieren teilweise empfindlich auf einzelne Werte. Damit bleiben die Ergebnisse schwierig interpretierbar. Für Schlussfolgerungen im Hinblick auf die zukünftige Agrarpolitik sind deshalb sowohl die Ergebnisse der anderen im Bericht verwendeten Ansätze (ExpertInnen-Befragung und Literatur) als auch weitere Grundlagearbeiten zu berücksichtigen. Wir empfehlen zudem, potenzielle konkrete Systemanpassungen von entsprechenden ExpertInnen begutachten zu lassen. Die Methode der Einflussmatrix ist unserer Ansicht nach eine Möglichkeit, den Einfluss von einzelnen Elementen hinsichtlich ihrer Wirkung auf andere SE zu diskutieren. Sie kann aber nicht als alleinige Grundlage dienen, um gezielt die geeignetsten oder die nicht geeigneten Ansatzpunkte für Verbesserungen im Landwirtschaftssystem beziehungsweise für die Biodiversität im Landwirtschaftsgebiet zu identifizieren.

5 Fazit

In der Analyse des Systems „Landwirtschaft-Biodiversität-Ökosystemleistungen“ mittels der vorgegebenen Methode der Einflussmatrix zeigen sich die gewählten Systemelemente (SE) *Akteure und nationale Verhältnisse, Bodenbedeckung, Betriebsverhältnisse und verschiedene Aspekte der Landnutzungsintensität* als besonders aktiv im betrachteten System. Veränderungen bei diesen Systemelementen würden gemäss Einflussgrafik voraussichtlich auch im Gesamtsystem einiges auslösen.

Die Aspekte der *Landnutzungsintensität, die Bodenbedeckung* und zusätzlich *Ökosystemleistungen* sind zudem besonders stark im System vernetzt. Bei Veränderungen dieser SE ist mit vielen weiteren Veränderungen im System und mit allfälligen verstärkend oder abschwächend Rückkoppelungen zu rechnen. Grundsätzlich sind aber auch die meisten anderen SE relativ stark vernetzt. Daraus folgt, dass es keine einzelnen SE gibt, die das Gesamtsystem auf einfache Art regulieren. Veränderungen von SE, die als reaktiv-kritisch eingestuft werden, wie z.B. die *Ökosystemleistungen*, gelten zudem als besonders heikel.

Emissionen und *Biodiversität* sind gemäss der Analyse mit der Einflussmatrix tendenziell reaktive Elemente im System (Indikatoren). Direkte Systemeingriffe über diese Elemente verändern das System nicht nachhaltig und gleichen Symptombehandlungen. Sollen im System längerfristige und nachhaltige Veränderungen erfolgen, muss an den Ursachen für festgestellte Mängel angesetzt werden (z.B. bei der *Landnutzungsintensität*, um Emissionen zu minimieren und den Zustand der *Biodiversität* zu verbessern). Solange dies nicht in ausreichendem Mass getan wird, bleiben Symptombehandlungen für SE wie die *Biodiversität* oder *Umweltqualität* im System äusserst wichtig.

Mit der Methodik der Einflussmatrix wird die Rolle einzelner SE im Gesamtsystem betrachtet, sie sagt aber nicht direkt und nur sehr begrenzt aus was die geeignetsten Ansatzpunkte sind, um Veränderungen bei einem bestimmten SE wie z.B. der *Biodiversität* oder von *Ökosystemleistungen* zu erreichen. Zudem hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse der Einflussmatrix auf Änderungen der Eingangsparameter (insbesondere auf die Auswahl der Systemelemente und die Einstufung der Interaktionsstärken und damit auch auf die Bearbeiter) sehr sensibel reagieren kann. Folglich sind die Unsicherheiten der Ergebnisse einer Einflussmatrix gross. Es ist deshalb grundsätzlich notwendig, die Auswahl der SE und die Einstufung der Interaktionsstärken der SE in der Einflussmatrix in einem partizipativen Prozessen mit den Akteuren im System und ExpertInnen für verschiedene Teilbereiche zu erarbeiten und damit breit abzustützen. Dies war im vorliegenden Projekt aufgrund des finanziellen Rahmens nicht oder höchstens ansatzweise möglich. Die Auswahl der SE und die Methode der Einflussmatrix stellen nur Teilschritte im Rahmen eines grösseren Sensitivitätsmodells dar, das helfen soll, komplexe Systeme wie das Landwirtschaftssystem besser verstehen zu lernen. Bevor fundierte Entscheidungen getroffen werden können, müssen also weitere Arbeitsschritte, z.B. gemäss dem Sensitivitätsmodells, durchgeführt werden.

Im vorliegenden Bericht zeigen die ergänzend durchgeführte ExpertInnen-Umfrage zu den Einflussfaktoren auf die *Biodiversität* auf Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz sowie die Auswertung der wissenschaftlichen Literatur bezüglich der verschiedenen Einflussfaktoren, dass die *Landnutzungsintensität, Bodenbedeckung, Betriebsverhältnisse sowie Akteure und nationale Verhältnisse* starken Einfluss auf die *Biodiversität* und *Ökosystemleistungen* haben. Entsprechend können sie als die „starken Hebel“ für Veränderungen bei der *Biodiversität* und *Ökosystemleistungen* betrachtet werden. Die wissenschaftlichen Belege für diese Zusammenhänge sind gut etabliert, auch wenn für gewisse Teilbereiche noch Wissenslücken bestehen. Die Ergebnisse der Einflussmatrix weisen jedoch darauf hin, dass Systemeingriffe über diese SE vorsichtig erfolgen müssen, da sie viele Interaktionen mit anderen SE aufweisen.

Viele wissenschaftliche Studien zeigen, dass die *Biodiversität* die zentrale Grundlage für *Ökosystemleistungen* und damit für eine langfristig produktive und stabile Landwirtschaft darstellt. Je höher die *Biodiversität*, desto leistungsfähiger, stabiler und resilienter ist normalerweise die Vielzahl an verschiedenen *Ökosystemleistungen*. Die *Biodiversität* zu erhalten und zu fördern, ist deshalb eine Notwendigkeit; ihre Leistungen gezielt für die Landwirtschaft zu nutzen, bietet in vielen Bereichen noch grosse und ungenutzte Chancen.

Um konkrete Massnahmen zur Verbesserung des *Biodiversitätszustandes* in der Landwirtschaft und entsprechend zur Förderung der *Ökosystemleistungen* zu identifizieren, erachten wir basierend auf

diesen Zwischenergebnissen folgende Arbeitsschritte als wichtig. Diese sollten unter Einbezug von ExpertInnen verschiedener Teilbereiche, die ein hohes Systemverständnis aufweisen, erfolgen:

- Optimierung des bestehenden Instrumentariums zur Förderung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Landwirtschaft mit Fokus auf bekannte Schwachstellen.
- Falls der Ansatz der Einflussmatrix für Entscheidungen in der Agrarpolitik verwendet werden soll, Durchführung aller Arbeitsschritte im Sensitivitätsmodell gemäss Vester (2010) für das gesamte Landwirtschafts- und Ernährungssystem sowie seiner Teilbereiche unter breitem Einbezug der verschiedenen Akteure und ExpertInnen.
- Identifikation von geeigneten Ansatzpunkten in der Agrarpolitik und konkreten Massnahmen für Veränderungen der grundlegenden Ursachen des Rückgangs der Biodiversität und der Beeinträchtigung der Ökosystemleistungen basierend auf der vorliegenden Arbeit und weiteren Grundlagen, um möglichst auf aufwendige, kostspielige und nicht nachhaltige Symptombehandlungen verzichten zu können.
- Entwicklung von effizienten und nachhaltigen Produktionssystemen, welche auf der Biodiversität und regulierenden Ökosystemleistungen basieren. Damit können Ökosystemleistungen gezielt für die Produktion genutzt, die Umwelt geschont und die Produktionskapazität erhalten und stabilisiert werden.

6 Literatur

- Aguilar, R., L. Ashworth, L. Galetto, and M. A. Aizen. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters* **9**:968–980.
- Allan, E. et al. 2013. A comparison of the strength of biodiversity effects across multiple functions. *Oecologia* **173**:223–237.
- Allan, E. et al. 2015. Land use intensification alters ecosystem multifunctionality via loss of biodiversity and changes to functional composition. *Ecology Letters* **18**:834–843.
- Allan, E., O. Bossdorf, C. F. Dormann, D. Prati, M. M. Gossner, and T. Tscharntke. 2014. Interannual variation in land-use intensity enhances grassland multidiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **111**:308–313.
- Arlettaz, R., M. L. Maurer, P. Mosimann-Kampe, S. Nusslé, F. Abadi, V. Braunisch, and M. Schaub. 2011. New vineyard cultivation practices create patchy ground vegetation, favouring Woodlarks. *Journal of Ornithology* **153**:229–238.
- Aviron, S. et al. 2005. Evaluation der Ökomassnahmen - Bereich Biodiversität. Schriftenreihe der FAL **56**:6–10.
- Aviron, S., P. Jeanneret, B. Schubach, and F. Herzog. 2007. Effects of agri-environmental measures, site and landscape conditions on butterfly diversity of Swiss grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **122**:295–304.
- BAFU, and BLW. 2008. Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen 0820. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern.
- BAFU, and BLW. 2016. Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Umwelt-Wissen Nr. 1633. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Batáry, P., A. Baldi, D. Kleijn, and T. Tscharntke. 2011. Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **278**:1894–1902.
- Belfrage, K., J. Björklund, and L. Salomonsson. 2005. The Effects of Farm Size and Organic Farming on Diversity of Birds, Pollinators, and Plants in a Swedish Landscape. *Ambio* **34**:582–588.
- Bengtsson, J., J. Ahnström, and A. Weibull. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **42**:261–269.
- Berry, P. M., M. D. a. Rounsevell, P. a. Harrison, and E. Audsley. 2006. Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy* **9**:189–204.
- Billeter, R. C. et al. 2007. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* **45**:141–150.
- Binder, C. R., L. de Baan, and D. Wittmer. 2009. Phosphorflüsse der Schweiz. Stand Risiken und Handlungsoptionen. Abschlussbericht. Umwelt Wissen Nr. 0928. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Birrer, S., J.-L. Zollinger, M. Jenny, F. Korner-Nievergelt, and N. Zbinden. 2012. Gibt es ein optimales Alter von Buntbrachen? *N+L Inside* **3**:14–18.
- BLW. 2013. Agrarbericht 2013.
- BLW. 2016. Faktenblatt zur Ernährungssicherheit. Nr. 3: Produktionsintensität und -potenzial.
- BLW, BAFU, and BAG. 2013. Grundlagensammlung Projekte nach Artikel 62a GSchG Nitratprojekte. Bern.
- Bobbink, R., and J.-P. Hettelingh. 2011. Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships. Page 23–25. *Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010. UNECE Coordination Centre for Effects.*
- Bühler, C., and T. Roth. 2011. Spread of common species results in local-scale floristic

- homogenization in grassland of Switzerland. *Diversity and Distributions* **17**:1089–1098.
- Butaye, J., D. Adriaens, and O. Honnay. 2007. Conservation and restoration of calcareous grasslands: a concise review of the effects of fragmentation and management on plant species. *Revue de Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* **9**:111–118.
- Caprez, R., E. Spehn, G. Nakhutsrishvili, and C. Körner. 2011. Drought at erosion edges selects for a “hidden” keystone species. *Plant Ecology & Diversity* **4**:303–311.
- Cardinale, B. J. et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* **486**:59–67.
- Cardinale, B. J., D. S. Srivastava, J. E. Duffy, J. P. Wright, A. L. Downing, M. Sankaran, and C. Jouseau. 2006. Effects of biodiversity on the functioning of trophic groups and ecosystems. *Nature* **443**:989–92.
- Chagnon, M., D. Kreuzweiser, E. a. D. Mitchell, C. a. Morrissey, D. a. Noome, and J. P. van der Sluijs. 2014. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environmental Science and Pollution Research* **22**:119–134.
- Chaudhary, A., and T. Kastner. 2016. Land use biodiversity impacts embodied in international food trade. *Global Environmental Change* **38**:195–204.
- Chaudhary, A., S. Pfister, and S. Hellweg. 2016. Spatially Explicit Analysis of Biodiversity Loss due to Global Agriculture, Pasture and Forest Land Use from a Producer and Consumer Perspective. *Environmental science & Technology* **50**:3928–3936.
- Chevillat, V., O. Balmer, S. Birrer, V. Doppler, R. Graf, M. Jenny, L. Pfiffner, C. Rudmann, and J. Zellweger-Fischer. 2012. Gesamtbetriebliche Beratung steigert Qualität und Quantität von Ökoausgleichsflächen. *Agrarforschung Schweiz* **3**:104–111.
- Chevillat, V., S. Stöckli, S. Birrer, M. Jenny, R. Graf, L. Pfiffner, and J. Zellweger-Fischer. 2017. Mehr und qualitativ wertvollere Biodiversitätsförderflächen dank Beratung -. *Agrarforschung Schweiz* **8**:232–239.
- Chisté, M. N., K. Mody, M. M. Gossner, N. K. Simons, G. Köhler, W. W. Weisser, and N. Blüthgen. 2016. Losers, winners, and opportunists: How grassland land-use intensity affects orthopteran communities. *Ecosphere* **7**:1–15.
- Coudrain, V., R. Arlettaz, and M. Schaub. 2010. Food or nesting place? Identifying factors limiting Wryneck populations. *Journal of Ornithology* **151**:867–880.
- Cousins, S. A. O., and D. Vanhoenacker. 2011. Detection of extinction debt depends on scale and specialisation. *Biological Conservation* **144**:782–787.
- Dao, H., P. Peduzzi, B. Chatenoux, A. De Bono, S. Schwarzer, and D. Friot. 2015. Environmental Limits and Swiss Footprints Based on Planetary Boundaries. A study commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN). UNEP/GRID-Geneva & University of Geneva, Geneva, Switzerland.
- Dauber, J., M. Hirsch, D. Simmering, R. Waldhardt, A. Otte, and V. Wolters. 2003. Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **98**:321–329.
- de Snoo, G. R. et al. 2013. Toward effective nature conservation on farmland: Making farmers matter. *Conservation Letters* **6**:66–72.
- Delarze, R., Y. Gonseth, S. Eggenberg, and M. Vust. 2015. Lebensräume der Schweiz - Ökologie - Gefährdung - Kennarten. 3. Aufla. ott, Bern.
- Diacon-Bolli, J., M. Bürgi, and T. Dalang. 2011. Systematisches Review zu Bewirtschaftungseinflüssen auf Trockenwiesen und -weiden Schlussbericht. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf.
- Dicks, L. V. et al. 2013. Farmland Conservation. Evidence for the effects of interventions in northern and western Europe. Pelagic Publishing, Exeter.
- Duprè, C., C. J. Stevens, T. Ranke, A. Bleeker, C. Pepller-Lisbach, D. J. G. Gowing, N. B. Dise, E.

- Dorland, R. Bobbink, and M. Diekmann. 2010. Changes in species richness and composition in European acidic grasslands over the past 70 years: The contribution of cumulative atmospheric nitrogen deposition. *Global Change Biology* **16**:344–357.
- easac. 2015. Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids. EASAC policy report.
- Elmqvist, T., C. Folke, M. Nyström, G. D. Peterson, J. Bengtsson, B. H. Walker, and J. Norberg. 2003. Response diversity, ecosystem change and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* **1**:488–494.
- Essl, F., and W. Rabitsch. 2013. Biodiversität und Klimawandel - Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Page (F. Essl and W. Rabitsch, editors). Springer Spektrum.
- Ewald, J. A., N. J. Aebischer, S. M. Richardson, P. V. Grice, and A. I. Cooke. 2010. The effect of agri-environment schemes on grey partridges at the farm level in England. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **138**:55–63.
- Filippi-Codaccioni, O., V. Devictor, Y. Bas, J. Clobert, and R. Julliard. 2010. Specialist response to proportion of arable land and pesticide input in agricultural landscapes. *Biological Conservation* **143**:883–890. Elsevier Ltd.
- Fischer, M., and J. Stöcklin. 1997. Local Extinctions of Plants Remnants of Extensively Used Calcareous Grasslands 1950-1985. *Conservation Biology* **11**:727–737.
- Fitze, U. 2016. Fundus Agri-Cultura Alpina – von Gurtvieh, Pertenläufen & Co. Hotspot **34**.
- Frischknecht, R., C. Nathani, S. Büsser Knöpfel, R. Itten, F. Wyss, and P. Hellmüller. 2014. Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz. Umweltbelastung von Konsum und Produktion von 1996 bis 2011. Umwelt-Wissen Nr. 1413. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Gámez-Virués, S. et al. 2015. Landscape simplification filters species traits and drives biotic homogenization. *Nature Communications* **6**.
- Gaujour, E., B. Amiaud, C. Mignolet, and S. Plantureux. 2012. Factors and processes affecting plant biodiversity in permanent grasslands. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **32**:133–160.
- Geiger, F. et al. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* **11**:97–105.
- Gerstner, K., C. F. Dormann, A. Stein, A. M. Manceur, and R. Seppelt. 2014. Effects of land use on plant diversity – A global meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **51**:1690–1700.
- Gossner, M. M. et al. 2016. Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature* **540**:266–269.
- Graf, R., and P. Korner. 2011. Veränderungen in der Kulturlandschaft und deren Brutvogelbestand im Engadin zwischen 1987/88 und 2009/2010. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Grübler, M. U., H. Schuler, P. Horch, and R. Spaar. 2012. The effectiveness of conservation measures to enhance nest survival in a meadow bird suffering from anthropogenic nest loss. *Biological Conservation* **146**:197–203.
- Hautier, Y., P. Niklaus, and A. Hector. 2009. Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication. *Science* **324**:636–638.
- Hector, A., and R. Bagchi. 2007. Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature* **448**:188–190.
- Heldstab, J., F. Leppert, R. Biedermann, and O. Schwank. 2013. Stickstoffflüsse in der Schweiz 2020. Stoffflussanalyse und Entwicklungen. Umwelt-Wissen Nr. 1309. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Heldstab, J., J. Reutimann, R. Biedermann, and D. Leu. 2010. Stickstoffflüsse in der Schweiz Stoffflussanalyse für das Jahr 2005. Umwelt-Wissen Nr. 1008. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Henderson, I. G., J. M. Holland, J. Storkey, P. Lutman, J. Orson, and J. Simper. 2012. Effects of the proportion and spatial arrangement of un-cropped land on breeding bird abundance in arable rotations. *Journal of Applied Ecology* **49**:883–891.

- Herzog, F., and W. Richner. 2005. Evaluation der Ökomassnahmen - Bereich Stickstoff und Phosphor. Schriftenreihe der FAL 57. Agroscope FAL Reckenholz.
- Herzog, F., W. Richner, and T. Walter. 2005. Moderat positive Wirkung der Ökomassnahmen. *Agrarforschung Schweiz* **12**:454–459.
- Hoffmann, J., G. Berger, I. Wiegand, U. Wittchen, H. Pfeffer, J. Kiesel, F. Ehlert, and J. Kühn-institut. 2012. Bewertung und Verbesserung der Biodiversität leistungsfähiger Nutzungssysteme in Ackerbaugebieten unter Nutzung von Indikatorvogelarten. Page Berichte aus dem Julius Kühn-Institut.
- Home, R., O. Balmer, I. Jahrl, M. Stolze, P. Lukas, and L. Pfiffner. 2014. Motivations for implementation of ecological compensation areas on swiss lowland farms. *Journal of Rural Studies* **34**:26–36.
- Huck, C., C. Körner, and E. Hiltbrunner. 2013. Plant species dominance shifts across erosion edge – meadow transects in the Swiss Alps. *Oecologia* **171**:693–703.
- Humbert, J.-Y., J. M. Dwyer, A. Andrey, and R. Arlettaz. 2015. Impacts of nitrogen addition on plant biodiversity in mountain grasslands depend on dose, application duration and climate: a systematic review. *Global Change Biology* **22**:110–120.
- Humbert, J.-Y., J. Ghazoul, N. Richner, and T. Walter. 2012a. Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biological Conservation* **152**:96–101.
- Humbert, J.-Y., J. Pellet, P. Buri, and R. Arlettaz. 2012b. Does delaying the first mowing date benefit biodiversity in meadowland? *Environmental Evidence* **1**:9.
- Humbert, J.-Y., N. Richner, J. Sauter, T. Walter, and J. Ghazoul. 2010. Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna. ART-Bericht **724**:1–12. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.
- IPBES. 2016. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Page (S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo, editors). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn.
- IPCC. 2014a. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC. 2014b. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Isbell, F. et al. 2011. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature* **477**:199–202.
- Isbell, F. et al. 2015. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes. *Nature* **526**:574–577.
- Jacot, K., L. Eggenschwiler, X. Junge, and A. Bosshard. 2007. Improved field margins for a higher biodiversity in agricultural landscapes. *Aspects of Applied Biology* **81**:277–281.
- Jahn, T., H. Hötcker, R. Oppermann, R. Bleil, and L. Vele. 2014. Protection of biodiversity of free living birds and mammals in respect of the effects of pesticides. Report No. (UBA-FB) 001830.
- Jahrl, I., C. Rudmann, L. Pfiffner, and O. Balmer. 2012. Motivationen für die Umsetzung von Ökoausgleichsmassnahmen. *Agrarforschung Schweiz* **3**:208–215.
- Jeanneret, P., D. U. Baumgartner, R. F. Knuchel, and B. Koch. 2014. An expert system for integrating biodiversity into agricultural life-cycle assessment. *Ecological Indicators* **46**:224–231.
- Jeanneret, P., B. Schüpbach, and H. Luka. 2003. Quantifying the impact of landscape and habitat features on biodiversity in cultivated landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*

98:311–320.

- Jeanneret, P., T. Walter, and S. Birrer. 2010. Evaluating the performance of the Swiss agri-environmental measures for biodiversity: methods, results and questions. *Aspects of Applied Biology* **100**:35–42.
- Jenny, M., B. Lugin, U. Weibel, J.-L. Regamey, and N. Zbinden. 1997. Der ökologische Ausgleich in intensiv genutzten Ackerbaugebieten der Champagne genevoise GE und des Klettgaus SH und seine Bedeutung für Vögel, Pflanzen und ausgewählte Wirbellose. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Jenny, M., U. Weibel, B. Lugin, B. Josephy, J.-L. Regamey, and N. Zbinden. 2002. Rebhuhn. Schlussbericht 1991-2000. Schriftenreihe Umwelt **335**. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Vogelwarte Sempach.
- Junge, X., P. Lindemann-Matthies, M. Hunziker, and B. Schüpbach. 2011. Aesthetic preferences of non-farmers and farmers for different land-use types and proportions of ecological compensation areas in the Swiss lowlands. *Biological Conservation* **144**:1430–1440.
- Junge, X., B. Schüpbach, T. Walter, B. Schmid, and P. Lindemann-matthies. 2015. Landscape and Urban Planning Aesthetic quality of agricultural landscape elements in different seasonal stages in Switzerland. *Landscape and Urban Planning* **133**:67–77.
- Kampmann, D., A. Lüscher, W. Konold, and F. Herzog. 2012. Agri-environment scheme protects diversity of mountain grassland species. *Land Use Policy* **29**:569–576.
- Knop, E., F. Herzog, and B. Schmid. 2011. Effect of Connectivity Between Restoration Meadows on Invertebrates with Contrasting Dispersal Abilities. *Restoration Ecology* **19**:151–159.
- Knop, E., D. Kleijn, F. Herzog, and B. Schmid. 2006. Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *Journal of Applied Ecology* **43**:120–127.
- Koellner, T., C. Binder, L. Wu, T. Koellner, and C. R. Binder. 2006. Virtual land use and agricultural trade: Estimating environmental and socio-economic impacts. *Ecological Economics* **57**:679–697.
- Krupke, C. H., G. J. Hunt, B. D. Eitzer, G. Andino, and K. Given. 2012. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS one* **7**:e29268.
- Kupper, T., C. Bonjour, B. Achermann, B. Rihm, F. Zaucker, and H. Menzi. 2013. Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU).
- Lachat, T., D. Pauli, Y. Gonseth, G. Klaus, C. Scheidegger, P. Vittoz, and T. Walter. 2010. Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, Zürich.
- Lastra-Bravo, X. B., C. Hubbard, G. Garrod, and A. Tolo. 2015. What drives farmers' participation in EU agri-environmental schemes?: Results from a qualitative meta-analysis. *Environmental Science & Policy* **54**:1–9.
- Lawrence, N. et al. 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* **520**:45–50.
- Lefcheck, J. S., J. E. K. Byrnes, F. Isbell, L. Gamfeldt, J. N. Griffin, N. Eisenhauer, M. J. S. Hensel, A. Hector, B. J. Cardinale, and J. E. Duffy. 2015. Biodiversity enhances ecosystem multifunctionality across trophic levels and habitats. *Nature Communications* **6**:1–7.
- Lenhardt, P. P., C. A. Brühl, and G. Berger. 2015. Temporal coincidence of amphibian migration and pesticide applications on arable fields in spring. *Basic and Applied Ecology* **16**:54–63.
- Lenzen, M., D. Moran, K. Kanemoto, B. Foran, L. Lobefaro, and A. Geschke. 2012. International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* **486**:109–12.
- Lichtenberg, E. M. et al. 2017. A global synthesis of the effects of diversified farming systems on arthropod diversity within fields and across agricultural landscapes. *Global Change Biology*.
- Lindemann-Matthies, P., X. Junge, and D. Matthies. 2010. The influence of plant diversity on people's

- perception and aesthetic appreciation of grassland vegetation. *Biological Conservation* **143**:195–202.
- Lissner, T. K., D. E. Reusser, T. Lakes, and O. Access. 2014. A systematic approach to assess human well-being demonstrated for impacts of climate change. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems* **1**:98–110.
- Lüscher, G. et al. 2014. Responses of plants, earthworms, spiders and bees to geographic location, agricultural management and surrounding landscape in European arable fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **186**:124–134.
- Luzardo, O. P., N. Ruiz-sua, and L. D. Boada. 2014. Methodology for the Identification of 117 Pesticides Commonly Involved in the Poisoning of Wildlife Using GC – MS-MS and LC – MS-MS. *Journal of Analytical Toxicology* **38**:155–163.
- Maestre, F. T. et al. 2012. Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. *Science* **335**:214–218.
- Mann, S. 2005. Farm Size Growth and Participation in Agri-environmental Schemes: A Configurational Frequency Analysis of the Swiss Case. *Journal of Agricultural Economics* **56**:373–384.
- Manning, P. E. T. E., M. A. M. G. Ossner, O. L. B. Ossdorf, E. R. I. C. A. Llan, Y. U. A. N. E. Z. Hang, and D. A. P. Rati. 2015. Grassland management intensification weakens the associations among the diversities of multiple plant and animal taxa **96**:1492–1501.
- Marini, L., P. Fontana, F. Edmund, M. Istituto, A. Battisti, and K. J. Gaston. 2017. Impact of farm size and topography on plant and insect diversity of managed grasslands in the Alps. *Biological Conservation* **142**:394–403.
- Martinson, H. M., and W. F. Fagan. 2014. Trophic disruption: a meta-analysis of how habitat fragmentation affects resource consumption in terrestrial arthropod systems. *Ecology Letters* **17**:1178–1189.
- Meichtry-Stier, K. S., M. Jenny, J. Zellweger-Fischer, and S. Birrer. 2014. Impact of landscape improvement by agri-environment scheme options on densities of characteristic farmland bird species and brown hare (*Lepus europaeus*). *Agriculture, Ecosystems and Environment* **189**:101–109.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005a. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005b. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Montero-Castano, A., and M. Vilà. 2012. Impact of landscape alteration and invasions on pollinators : a meta-analysis. *Journal of Ecology* **100**:884–893.
- Mouillot, D., D. R. Bellwood, C. Baraloto, J. Chave, and R. Galzin. 2013. Rare Species Support Vulnerable Functions in High- Diversity Ecosystems. *PLoS Biology* **11**.
- Murphy, G. E. P., and T. N. Romanuk. 2014. A meta-analysis of declines in local species richness from human disturbances. *Ecology and Evolution* **4**:91–103.
- Nascimbene, J., V. Fontana, and D. Spitale. 2014. A multi-taxon approach reveals the effect of management intensity on biodiversity in Alpine larch grasslands. *Science of the Total Environment* **487**:110–116. Elsevier B.V.
- Nemecek, T., F. Herzog, G. Lüscher, T. Nemecek, M. Arndorfer, and K. Balázs. 2017. Biodiversity assessment in LCA : a validation at field and farm scale in eight European regions. *The International Journal of Life Cycle Assessment*:1–10.
- Peter, M., P. J. Edwards, P. Jeanneret, D. Kampmann, and A. Lüscher. 2008. Changes over three decades in the floristic composition of fertile permanent grasslands in the Swiss Alps. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **125**:204–212.
- Plieninger, T., N. Fagerholm, and T. Kuemmerle. 2016. The driving forces of landscape change in Europe: A systematic review of the evidence. *Land Use Policy* **57**:204–214.

- Prevedello, J. A., and M. V. Vieira. 2009. Does the type of matrix matter? A quantitative review of the evidence. *Biodiversity and Conservation* **19**:1205–1223.
- Reis, S. et al. 2015. Impacts of European livestock production: nitrogen , sulphur , phosphorus and greenhouse gas emissions , land-use , water eutrophication and biodiversity. *Environmental Research Letters* **10**.
- Roth, T., V. Amrhein, B. Peter, and D. Weber. 2008. A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **125**:167–172.
- Rudbeck, M. et al. 2015. Transitions in European land-management regimes between 1800 and 2010. *Land Use Policy* **49**:53–64.
- Rudel, T. K. et al. 2016. Do Smallholder, Mixed Crop-Livestock Livelihoods Encourage Sustainable Agricultural Practices? A Meta-Analysis. *Land* **5**.
- Rusch, A., V. Hawro, and J. M. Holland. 2016. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control : A quantitative synthesis. "Agriculture, Ecosystems and Environment" **221**:198–204.
- Sala, O. E. et al. 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* **287**:1770–1774.
- Sang, A., T. Teder, A. Helm, and M. Pärtel. 2010. Indirect evidence for an extinction debt of grassland butterflies half century after habitat loss. *Biological Conservation* **143**:1405–1413.
- Schaub, M., N. Martinez, A. Tagmann-Ioset, N. Weisshaupt, M. L. Maurer, T. S. Reichlin, F. Abadi, N. Zbinden, L. Jenni, and R. Arlettaz. 2010. Patches of bare ground as a staple commodity for declining ground-foraging insectivorous farmland birds. *PLoS One* **5**:e13115.
- Scheper, J., A. Holzschuh, M. Kuussaari, S. G. Potts, M. Rundlöf, H. G. Smith, and D. Kleijn. 2013. Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss - a meta-analysis. *Ecology Letters* **16**:912–920.
- Scherer, L., S. Pfister, L. Scherer, and S. Pfister. 2016. Global biodiversity loss by freshwater consumption and eutrophication from Swiss food consumption. *Environmental science & Technology* **50**:7019–7028.
- Schlup, B. M. 2009. Assessing the connectivity of calcareous grassland plant communities. Dissertation ETH Nr. 18511. Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich.
- Schmid, B. 2003. Die funktionelle Bedeutung der Artenvielfalt. *Biologie Unserer Zeit* **2003**.
- Schüpbach, B., G. Hofer, and T. Walter. 2012. Schlussbericht aus dem AlpFUTUR-Teilprojekt 5 "Qualität", Teil Landschaft. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.
- Soliveres, S. et al. 2016. Locally rare species influence grassland ecosystem multifunctionality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **371**.
- SRU. 2015. Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem. Sondergutachten.
- Stevens, C. J. et al. 2010. Nitrogen deposition threatens species richness of grasslands across Europe. *Environmental Pollution* **158**:2940–2945.
- Stevens, D. K., and R. B. Bradbury. 2006. Effects of the Arable Stewardship Pilot Scheme on breeding birds at field and farm-scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **112**:283–290.
- Stöckli, S., S. Birrer, J. Zellweger-Fischer, O. Balmer, M. Jenny, and L. Pfiffner. 2017. Quantifying the extent to which farmers can influence biodiversity on their farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **237**:224–233.
- Sutherland, L.-A., J. Mills, J. Ingram, R. J. F. Burton, J. Dwyer, and K. Blackstock. 2013. Considering the source: Commercialisation and trust in agri-environmental information and advisory services in England. *Journal of Environmental Management* **118**:96–105.
- Sutton, M. A., C. M. Howard, J. W. Eirsman, G. Billen, A. Bleeker, P. Grennfelt, H. van Grinsven, and B. Grizzetti. 2011. The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives.

Cambridge University Press.

- Tscharntke, T., A.-M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter, and C. Thies. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters* **8**:857–874.
- Tuck, S. L., C. Winqvist, F. Mota, J. Ahnström, L. a. Turnbull, and J. Bengtsson. 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **51**:746–755.
- Ulrich, W. 2005. Can Nature Teach us Good Research Practice? A Critical Look at Frederic Vester 's Bio-cybernetic Systems Approach. *Journal of Research Practice* **1**:1–10.
- van Lexmond, M. B., J.-M. J.-M. Bonmatin, D. Goulson, and D. a D. A. Noome. 2015. Worldwide integrated assessment on systemic pesticides. Global collapse of the entomofauna: exploring the role of systemic insecticides. *Environmental Science and Pollution Research* **22**:1–4.
- Vester, F. 2010. Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität10. Auflag. dtv.
- Vittoz, P., D. Cherix, Y. Gonseth, V. Lubini, R. Maggini, N. Zbinden, and S. Zumbach. 2010. Klimawandel. Pages 350–377in T. Lachat, D. Pauli, Y. Gonseth, G. Klaus, C. Scheidegger, P. Vittoz, and T. Walter, editors. *Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?* Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien.
- Walter, T. et al. 2013. Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft - Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL). ART-Schriftenreihe. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Tänikon, Ettenhausen.
- Walter, T., A. Grünig, and W. Schmid. 2006. Qualitätskriterien für extensiv genutzte Weiden und Waldweiden auf der Basis von Flora, Fauna und Strukturen als Grundlage für die Revision der Ökoqualitätsverordnung vom 1 . Mai 2001. Schlussbericht. Agroscoop, Reckenholz-Tänikon; PÖL, Schinznach-Dorf.
- Werner, A., R. Roth, P. Zander, A. Meyer-Aurich, and A. Jarfe. 2006. Scientific background for a nature conserving agriculture. Pages 529–572in M. Flade, H. Plachter, R. Schmidt, and A. Werner, editors. *Nature Conservation in Agricultural Ecosystems. Results of the Schorfheide-Chorin Research Project.* Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- Winqvist, C. et al. 2011. Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *Journal of Applied Ecology* **48**:570–579.
- Zellweger-Fischer, J., and S. Stöckli. 2017. Biodiversität messen: Entwicklung und Evaluation des MVP-Punktesystems. Page Abschlussstagung "Mit Vielfalt punkten" 30. Juni 2017.

7 Anhang

7.1 Methodik der Einflussmatrix

7.1.1 Auswahl der Systemelemente

Für die Einflussmatrix wurden SE ausgewählt, die das System Schweizer Landwirtschaft-Biodiversität-Ökosystemleistungen mit seinen Interaktionen möglichst gut charakterisieren. Dabei lag der Fokus auf der Biodiversität und Ökosystemleistungen von einzelnen Landwirtschaftsbetrieben, da die Agrarpolitik und insbesondere die Biodiversitätsförderung schwerpunktmässig auf Betriebsniveau ansetzen.

Die Erstauswahl der SE wurde basierend auf folgenden Grundlagen gemacht:

- Umweltziele Landwirtschaft (UZL) (BAFU & BLW 2008) und Anpassungen im Statusbericht (BAFU & BLW 2016)
- Schweizer Monitoringsysteme im Bereich Landwirtschaft und Biodiversität (Agrarumweltmonitoring, Biodiversitätsmonitoring, ALL-EMA)
- wissenschaftliche Literatur (z.B. Jeanneret et al. 2014) und Assessments (z.B. Millennium Ecosystem Assessment 2005b)

Dabei wurden SE verteilt über das sogenannte DPSIR-Modell (Driver-Pressure-State-Impact-Response) gewählt, d.h. SE, die als Treibende Kräfte, Belastungen, Zustand, Auswirkungen oder Reaktion bezeichnet werden können.

Die Erstauswahl der SE wurde an der Diskussionsrunde vom 13. Juni 2017 den ExpertInnen präsentiert, um Änderungs- und Ergänzungsvorschläge einzuholen.

Um ein besseres Systemverständnis zu erlangen, die Auswahl der SE zu verbessern und Überschneidungen der SE zu vermeiden, wurden nach der Diskussionsrunde und basierend auf den Bemerkungen der ExpertInnen folgende Schritte durchgeführt:

- Aufbau einer Hierarchie der SE angelehnt an Jeanneret et al. (2014) (Anhang 7.3)
- Zuordnung der SE zu verschiedenen Wirkungsebenen (global-Schweiz-regional-lokal) (Anhang 7.3)
- Vergleich und Anpassung der Auswahl der SE im Bereich Bewirtschaftung mit den Bewirtschaftungsaktivitäten und -praktiken gemäss Jeanneret et al. (2014)
- Einarbeitung der Hinweise der ExpertInnen
- Bildung einer neuen Einflussmatrix mit 12 SE der Hierarchiestufe 1 gemäss der Hierarchisierung der SE (Anhang 7.3). Eine detailliertere Einflussmatrix mit SE der Hierarchiestufe 2 wurde nicht gebildet. Aufgrund des finanziellen Rahmens des Projektes war ein weiterer Einbezug von ExpertInnen sowie weiteren Akteuren nicht möglich. Ohne einen solchen Einbezug sind aber die Unsicherheiten einer detaillierten Einflussmatrix zu gross (Kapitel 3.1.6), um einigermaßen zuverlässige Ergebnisse erreichen zu können.
- Ausfüllen der Kriterienmatrix gemäss Vester (2010) für die SE der Ebene 1. Die sogenannte Kriterienmatrix von Vester (2010) hilft zu überprüfen, ob die Auswahl der SE ausgeglichen ist und nicht eine einseitige Betrachtung eines Systems erfolgt. Dafür wird für jedes SE kontrolliert, welche von 18 Kriterien aus verschiedenen sogenannten Lebensbereichen, physikalischen und dynamischen Kategorien sowie Systemeinflüssen das SE erfüllt.

SE, die spezifisch den Kategorien Massnahmen (Reaktionsvariablen gemäss dem DPSIR-Modell) zugeordnet werden können, wurden im Weiteren weggelassen. Gemäss BLW ist geplant, Massnahmen basierend auf den unter anderem in diesem Bericht dargestellten Resultaten in einem weiteren nicht zum vorliegenden Projekt gehörenden Arbeitsschritt zu identifizieren. Die im Rahmen dieses Projektes identifizierten SE können dabei als Ansatzpunkte dienen.

7.1.2 Einstufung der Wechselwirkungen in der Einflussmatrix

Vorbereitend und als Ausgangsbasis für die Diskussionsrunde mit den ExpertInnen wurden die Interaktionen zwischen den SE durch den Autor eingestuft. Basierend darauf konnten die Zwischenergebnisse in der Diskussionsrunde besprochen und ein erstes Mal auf ihre Plausibilität geprüft werden.

Für die Beurteilung der Wechselwirkungen wurde in Folge einer ersten Sensibilitätsanalyse (Kapitel 7.1.4) folgender Bewertungsschlüssel verwendet:

Wert	Einflussstärke
0.1	nicht vorhanden oder sehr gering
0.5	schwach
1	mittel
2	stark

Die Einstufung der Interaktionsstärken der SE in der finalen Einflussmatrix erfolgte folgendermassen:

1. Einstufung der Einflussstärken der SE durch vier Personen (zwei Personen von der Geschäftsstelle des Forum Biodiversität; zwei ExpertInnen).
2. Vergleich der vier Einstufungen
3. Diskussion und Abgleich der Einflussstärken von SE, die durch die Beteiligten unterschiedlich eingestuft wurden.

Nach der Einstufung der gegenseitigen direkten Einflüsse der SE werden im vorprogrammierten Excel-Dokument automatisch folgende Werte berechnet:

- a. Aktivsumme (AS) = Addition der Zeilenwerte je SE
- b. Passivsumme (PS) = Addition der Spaltenwerte je SE
- c. Interaktionsindex (II) = Multiplikation AS mal PS. Indikator für die indirekte Wirkung; SE mit hohem II sind sehr stark vernetzt, d.h. werden von vielen SE beeinflusst und beeinflussen selber viele SE
- d. Aktivitätsindex (AI) = Division AS durch PS. Indikator für die direkte Wirkung; SE mit einem AI < 1.0 besitzen eine geringe Aktivität, d.h. sie werden mehr beeinflusst, als dass sie beeinflussen, SE mit einem AI > 1.0 besitzen eine hohe Aktivität, d.h. sie beeinflussen mehr, als dass sie beeinflusst werden.

7.1.3 Interpretation der Ergebnisse

Aktiv-Passiv-Balkendiagramm

- a. *hohe Aktiv-Summe*: SE ist ein Treiber, d.h. hat einen hohen Einfluss auf andere SE und somit auf das gesamte System
- b. *tiefe Aktiv-Summe*: SE hat wenig Einfluss auf andere SE
- c. *hohe Passiv-Summe*: SE mit hoher PS werden stark von anderen SE und somit vom System beeinflusst.
- d. *tiefe Passiv-Summe*: Das SE wird nur wenig von anderen SE beeinflusst. Bei SE mit tiefer PS muss viel im System geschehen, damit sie sich verändern.

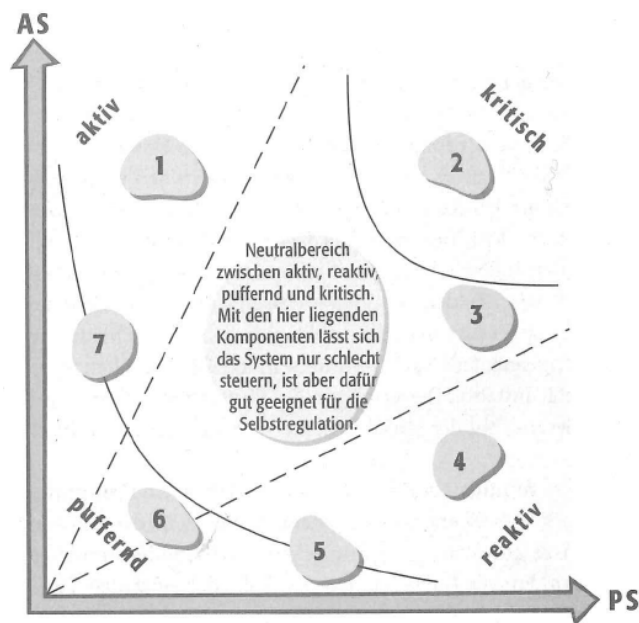
Einflussgrafik

- a. *Reaktive SE / Zeiger, Frühwarner (hoher II, tiefer AI)*: werden sehr stark von anderen Elementen beeinflusst und zeigen somit rasch eine Veränderung an (Indikatoren). Der Versuch der Einflussnahme auf das System über Zeiger ist sehr aufwändig, da diese Elemente selber wenige andere Elemente beeinflussen.
- b. *Puffernde SE (tiefer II, tiefer AI)*: werden wenig beeinflusst und beeinflussen wenig, sind eher systemabstinent und wirken stabilisierend, verzögernd. Verlaufen Wirkungswege über diese SE, kommt es tendenziell zu einer Verlangsamung der Dynamik.
- c. *Kritische SE (hoher II, hoher AI)*: sind Beschleuniger, denn sie beeinflussen viele SE, da sie aber gleichzeitig von vielen beeinflusst werden, sind Systeminterventionen über diese mit einer Unsicherheiten und einer geringen Vorhersehbarkeit der Wirkung verbunden. Je nach Rückkoppelung (positiv bzw. negativ) nimmt die Vulnerabilität eines Systems zu bzw. ab.
- d. *Aktive SE / Hebel (tiefer II, hoher AI)*: Sie sind wichtige SE, denn sie beeinflussen viele SE und werden gleichzeitig von wenigen SE bzw. vom System beeinflusst. Somit sind die indirekten Rückkopplungen gering. Die Steuerung ist damit voraussichtlich relativ kontrolliert möglich.

Die SE aus den Sektoren „reaktiv“ und „puffernd“ wie auch solche im Neutralbereich aller Sektoren können teilweise aber auch einen grossen Einfluss haben, wenn sie SE aus den Sektoren „kritisch“ oder „aktiv“ beeinflussen (siehe Erläuterung zu Abbildung 9).

Gegenüberstellung der Aktiv- und Passivsummen

Vester (2010) präsentiert in seinem Buch eine Darstellung zur Interpretation der Rollenverteilungen der SE, in der Aktiv- und Passivsummen einander gegenüber gestellt werden (Abbildung 20). Im Vergleich zur Einflussgrafik mit 4 Sektoren (+Neutralbereich), werden die Positionen der SE für die Interpretation feiner unterteilt.



1. Hier finden sich wirksame Schalthebel, die das System nach erfolgter Änderung erneut stabilisieren (plastische Stabilität).
2. Hier finden sich Beschleuniger und Katalysatoren, geeignet als Initialzündung, um Dinge überhaupt in Gang zu bringen. Unkontrolliertes Aufschaukeln und Umkippen ist dabei möglich, daher höchste Vorsicht (mit Samthandschuhen anfassen).
3. Besonders gefährlich ist es, wenn zusammenhängende Bündel von Variablen im kritisch-reaktiven Bereich liegen.
4. Hier steuern einzugreifen, bringt nur Korrekturen kosmetischer Art (Symptombehandlung). Dafür eignen sich diese Komponenten sehr gut als Indikatoren.
5. Etwas träge Indikatoren, die sich aber auch zum Experimentieren eignen.
6. Bereich unnützer Eingriffe und Kontrollen. Aber auch »Wolf-im-Schafspelz«-Verhalten ist möglich, wenn man nicht aufpasst oder plötzlich Schwellen- und Grenzwerte überschreitet.
7. Hier liegen schwache Schalthebel mit wenig Nebenwirkungen.

Abbildung 20: Interpretation der Rollenverteilung gemäss Vester (2010).

7.1.4 Überprüfung der Sensibilität der Ergebnisse

Die Sensibilität bzw. Robustheit der Ergebnisse der Einflussmatrix wurde bezüglich des Einflusses folgender Faktoren geprüft:

- Wahl des Beurteilungsschlüssels: Es wurden verschiedene Beurteilungsschlüssel verwendet (0-1-2; 0-1-2-3; 0.1-0.5-1-2)
- Auswahl der SE: Die Auswahl der SE wurde variiert. Insbesondere wurden einerseits SE mit einem tiefen Interaktionsindex und andererseits solche mit einem hohen Interaktionsindex testhalber weggelassen. Zudem wurden SE zusammengefasst.
- Einstufung der Interaktionsstärken zwischen den SE bzw. dem Einfluss unterschiedlicher Bewerter.

7.2 Definition der Systemelemente

Siehe auch Anhang 7.3 für die einander über- oder untergeordneten Systemelemente

Definitionen der Systemelemente der Hierarchiestufe 1

Nr	Systemelement	Definition
SE1	Globaler Wandel	global wirkende Veränderungsprozesse, die sich zu einem grossen Teil gegenseitig beeinflussen. Für die Beeinflussung von Prozessen des Globalen Wandels wurde der Einfluss von Betrieben in der Schweiz im Vergleich zu anderen Betrieben weltweit betrachtet.
SE2	Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse	Einfluss von KonsumentInnen, Medien und Werbung, Agrarkonzernen, Branchen, Markt, der politischen Lage und des Staates, der landwirtschaftlichen Bildung und Beratung, Zusammenarbeit mit anderen Sektoren, Forschung, Natur- und Umweltschutzverbänden sowie der Vielfalt der Agrarstrukturen auf die Landwirtschaftsbetriebe

Nr	Systemelement	Definition
SE3	Betriebsverhältnisse	Motivation der Landwirte, Arbeitskräfte auf dem Betrieb, Tierbestand (Stall und/oder Freiland) und die Erschliessung der Betriebsflächen
SE4	Bewirtschaftungspraktiken auf einem Feld	Kategorien von Bewirtschaftungsarten: Mahd, Beweidung, Ernte in Kulturen, Pflanzenschutz, Düngung, Bodenbearbeitung, Weitere Bewirtschaftungsmassnahmen
SE5	Ausgestaltung der Bewirtschaftung	Zeitpunkte, Häufigkeit, räumliche und zeitliche Heterogenität der Bewirtschaftung sowie dafür eingesetzte Technologie
SE6	Einsatz Produktionsmittel (Menge)	Art und Menge der eingesetzten Produktionsmittel
SE7	Emissionen	Emissionen in Folge des Einsatzes von Produktionsmitteln und/oder durch den Tierbestand
SE8	Landschaft	Räumliche Verteilung und Verbindung von Flächen sowie Strukturvielfalt
SE9	Bodenbedeckung (Landbedeckung, land cover)	Vegetations- und Strukturtypen sowie versiegelte Flächen oder Gebäude auf der Betriebsfläche
SE10	Landnutzungsintensität (Zustand)	Unterschiedliche Niveaus der Landnutzungsintensität resultierend aus den Bewirtschaftungspraktiken, der Ausgestaltung der Bewirtschaftung und des Einsatzes von Produktionsmitteln. Das Niveau der Landnutzungsintensität zeigt auch die Eignung von Flächen als Lebensraum für Organismen und zur Erbringung und langfristigen Erhaltung von Ökosystemleistungen an.
SE11	Biodiversität	Vielfalt des Lebens. Diese umfasst die Vielfalt der Gene, Arten, funktioneller Eigenschaften, Lebensräume und ihrer Wechselwirkungen unter einander und mit ihrer Umwelt.
SE12	Ökosystemleistungen	Bereitstellende, regulierende und kulturelle Leistungen von Ökosystemen sowie Güter der Ökosysteme, die der Mensch nutzt, wobei per Definition des Begriffs nicht nur die Leistungserbringung sondern auch ihre Nutzung mitberücksichtigt wird.

Definitionen der Systemelemente der Hierarchiestufe 2

Nr	Systemelement	Definition
SE1-1	Bevölkerungsentwicklung (Demographie)	siehe Millennium Ecosystem Assessment (2005)
SE1-2	Internationale Wirtschaft und Handel	
SE1-3	Sozialpolitischer Kontext	
SE1-4	Kultur und Religion	
SE1-5	Wissenschaft und Technologie	
SE1-6	Landnutzungsänderungen	
SE1-7	Klimawandel	
SE1-8	Ressourcennutzung	
SE1-9	Einführung und Aussterben von Arten	
SE1-10	Externe Inputs	
SE2-1	KonsumentInnen in der Schweiz	Nachfrage nach Leistungen der Landwirtschaft bezüglich Quantität und Qualität, was unter anderem durch den Wissensstand in der Bevölkerung beeinflusst wird
SE2-2	Medien und Werbung in der	Einfluss von landwirtschaftlichen und nicht-

Nr	Systemelement	Definition
	Schweiz	landwirtschaftlichen Medien und der Werbung auf dVerhalten der LandwirtInnen
SE2-3	Agrarkonzerne in der Schweiz	Einfluss auf das Verhalten der LandwirtInnen
SE2-4	Branchen in der Schweiz	Einfluss auf das Verhalten der LandwirtInnen
SE2-5	Wirtschaft und Handel/ Markt (z.B. Preise, Marktzugang, Labelling) in der Schweiz	Einfluss auf das Verhalten der LandwirtInnen, z.B. mittels Anforderungen und Preisgestaltung
SE2-6	Politische Lage und Einfluss vom Staat in der Schweiz	Einfluss auf das Verhalten und Einkommen der LandwirtInnen
SE2-7	Zusammenarbeit der Landwirtschaft mit anderen Sektoren in der Schweiz	Stärke sowie Art und Weise der Zusammenarbeit mit Forstwirtschaft, Umwelt- und Naturschutz, Raumplanung etc.
SE2-8	Vielfalt der Agrarstrukturen in der Schweiz	Vielfalt der strukturellen Grundlagen der landwirtschaftlichen Produktion und der Lebensbedingungen im Agrarsektor (gemäss Wikipedia)
SE2-9	Landwirtschaftliche Bildung und Beratung	Einfluss auf das Verhalten der LandwirtInnen durch die landwirtschaftlichen Aus- und Weiterbildungen sowie die Beratung
SE2-10	Forschung in der Schweiz	Einfluss auf das Verhalten der LandwirtInnen durch die Forschung
SE2-11	Natur- und Umweltschutzverbände	Einfluss auf das Verhalten der LandwirtInnen durch Natur- und Umweltschutzverbände
SE3-1	Motivation der LandwirtInnen	Motivation der LandwirtInnen für bestimmte Entscheidungen
SE3-2	Arbeitskräfte auf Betrieb	Anzahl Arbeitskräfte auf dem Betrieb
SE3-3	Einkommen des Betriebes	Einkommen der Betriebe über Markt, Direktzahlungen oder nicht landwirtschaftliche Erwerbstätigkeiten
SE3-4	Tierbestand auf Betrieb	Tierbestand gemessen in GVE
SE3-5	Erschliessung der Flächen des Betriebes	Erschliessung der Teilflächen des Betriebes: Möglichkeit der Erreichbarkeit und Dauer der Anfahrt
SE4-1	Art und Weise der Mahd	Diverse Bewirtschaftungsoptionen bei der Mahd, z.B. Schnitthöhe, Weiterverarbeitung des Schnittguts
SE4-2	Art und Weise der Beweidung	Diverse Bewirtschaftungsoption bei der Beweidung
SE4-3	Art und Weise der Ernte in Kulturen	Diverse Bewirtschaftungsoption bei der Ernte auf Ackerland und in Dauerkulturen
SE4-4	Art und Weise des Pflanzenschutzes	Diverse Massnahmen zum Pflanzenschutz (Insektizide, Herbizide, Fungizide, Biologischer und/oder Mechanischer Pflanzenschutz)
SE4-5	Art und Weise der Düngung	Diverse Düngungsmassnahmen: Hofdünger, Kunstdünger, Biologische Stickstofffixierung
SE4-6	Art und Weise der Bodenbearbeitung, Saat und Pflanzung	Diverse Bodenbearbeitungsmassnahmen sowie Aussaat und Pflanzung
SE4-7	Art und Weise der Bewässerung	Zufuhr von Wasser mit verschiedenen Technologien
SE4-8	Weitere Bewirtschaftungsmassnahmen	Diverse weitere Bewirtschaftungsmassnahmen, die nicht in die anderen Kategorien fallen
SE5-1	Häufigkeit der Bewirtschaftung einer Fläche	Häufigkeit der verschiedener Bewirtschaftungspraktiken
SE5-2	Bewirtschaftungszeitpunkte einer Fläche	Zeitpunkte der verschiedener Bewirtschaftungspraktiken
SE5-3	räumliche und zeitliche Heterogenität der Bewirtschaftung auf einem Betrieb	beinhaltet Fruchtfolge, Mischkulturen oder Untersaaten, Anzahl Nutzungstypen pro Betrieb, Schlag-/Feldgrösse

Nr	Systemelement	Definition
SE5-4	Angewendete Technologie bei der Bewirtschaftung eines Feld	Angewendete Technologien bei den verschiedenen Nutzungstypen
SE6-1	Einsatz Dünger auf einem Feld	Menge
SE6-2	Einsatz Pflanzenschutzmittel auf einem Feld	Menge
SE6-3	Einsatz Tierarzneimittel für Tierbestand	Menge
SE6-4	Einsatz Futtermittel für Tierbestand	Menge
SE6-5	Einsatz Saatgut- und Tiertypen (Art, Rasse, Lebensphase) auf Betrieb	Typen und Vielfalt der verwendeten Kulturpflanzen (Arten, Sorten) und Nutztiere (Arten, Rassen) auf Betriebsebene
SE6-6	Einsatz Wasser auf Betrieb	Wasserverbrauch
SE7-1	N- und P Verluste des Betriebes	Stickstoff- und Phosphorverluste in Böden und Gewässer (ohne Ammoniak) bzw. Nährstoffe, die nicht von den Kulturen und der Zielfläche im Grünland aufgenommen werden.
SE7-2	Ammoniakemissionen des Betriebes	Stickstoffemissionen in Form von Ammoniak von dem gesamten Betrieb in die Luft
SE7-3	PSM- und Arzneimittelverluste des Betriebes	PSM-Verluste in Luft, Böden und Gewässer (alles ausser auf und in Kulturpflanzen und Zielorganismen)
SE8-1	Räumliche Verteilung und Lage von Flächentypen auf Betrieb	Lage, Distanz und Verteilung der verschiedenen Flächen im Verhältnis zueinander
SE8-2	Fragmentierung/Vernetzung der Landschaft	Fragmentierung und Vernetzung der Landschaft und von verschiedenen Lebensräumen in der Landschaft
SE9-1	Dauergrünland auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebes	Fläche der Wiesen und Weiden ohne Kunstwiesen
SE9-2	Ackerland des Betriebes (ohne Gemüsekulturen)	Fläche der Ackerfläche ohne Gemüsebau
SE9-3	Freilandgemüse	Ackerfläche mit Gemüsebau ohne Gewächshäuser
SE9-4	Dauerkulturen des Betriebes	Fläche des Obst-, Reben-, Kräuteranbaus sowie anderer Spezialkulturen
SE9-5	Betriebsgebäude (Gewächshäuser, Ställe) und weitere versiegelte Flächen auf Betrieb	Fläche der regendicht bedeckten bodengebundenen oder hors-sol Produktionsflächen sowie versiegelte Bodenfläche
SE9-6	Feuchtflächen	Vernässte Stellen wie Moore oder auch Pfützen, Tümpel
SE9-7	Gewässer	Steh- oder Fliessgewässer
SE9-8	Wald	Wald gemäss forstrechtlicher Walddefinition
SE9-9	Gebüsche und Säume	z.B. Hecken, Feldgebüsche und Säume entlang von Parzellengrenzen
SE10-1	Niveau der Nutzungsintensität der Flächen	Niveau der Nutzungsintensität von sehr intensiv genutzt bis keine Nutzung
SE10-2	Anteil Flächen des Betriebes mit einer bestimmten Nutzungsintensität	Anteil der Flächen mit einem bestimmten Niveau der Nutzungsintensität gemäss SE10-1
SE11-1	genetische Vielfalt der Wildarten in der Schweiz	genetische Vielfalt von wildlebenden, d.h. nicht domestizierten Arten
SE11-2	Agrobiodiversität der Schweiz	genetische Vielfalt und Artenvielfalt der Kulturpflanzen und Nutztiere in der ganzen Schweiz. Diese wird nicht für die Betriebsebene definiert, da ein Betrieb für sich alleine kaum die Agrobiodiversität schaffen und erhalten

Nr	Systemelement	Definition
		kann
SE11-3	Vielfalt und Abundanz von Arten auf Betrieb	Vielfalt und Abundanz von wildlebenden, d.h. nicht domestizierten Arten
SE11-4	Vielfalt der Lebensräume auf Betrieb	Vielfalt natürlicher, naturnaher und künstlicher Lebensräume
SE11-5	funktionelle Vielfalt auf Betrieb	Vielfalt von Organismengruppen mit unterschiedlichen Eigenschaften (z.B. Gräser, Leguminosen,...)
SE11-6	β- und γ-Diversität	β-Diversität: Unterschiede in der Biodiversität zwischen verschiedenen Standorten. γ-Diversität: Gesamtheit der Biodiversität verschiedener Standorte
SE12-1	Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln	Bereitstellende Ökosystemleistung: Güter und Leistungen, die im Landwirtschaftsgebiet produziert werden, wobei die Leistungen des Ökosystems mit anthropogenen Inputs verstärkt werden können.
SE12-2	Bestäubung und Samenverbreitung	Regulierende Ökosystemleistung
SE12-3	natürliche Schädlings- und Krankheitsregulierung	Regulierende Ökosystemleistung
SE12-4	Regulierung von Extremereignissen	Regulierende Ökosystemleistung
SE12-5	Regulierung von Wassermenge, -fluss sowie zeitliche Regulierung	Regulierende Ökosystemleistung
SE12-6	Regulierung Wasserqualität	Regulierende Ökosystemleistung
SE12-7	Klimaregulierung	Regulierende Ökosystemleistung
SE12-8	Bodenfruchtbarkeit (inklusive Schutz und Dekontaminierung)	Regulierende Ökosystemleistung
SE12-9	Lernen und Inspiration, Erfahrungsmöglichkeiten und Identifikation	Immaterielle / Kulturelle Ökosystemleistung
SE12-10	Erhaltung von Options- und Versicherungswerten	Immaterielle / Kulturelle Ökosystemleistung

7.3 Hierarchisierung der Systemelemente, Zuordnung zum DPSIR-Modell und Wirkungsskalen

Nr. SE	Systemelemente Ebene 1	DPSIR	Hierarchiestufen				Wirkungskala*					
			Nr. SE	Systemelemente Ebene 2	Nr. SE	Systemelemente Ebene 3	global	CH	Landschaft	Betrieb	Feld	
SE1	Globaler Wandel	D	SE1-1	Bevölkerungsentwicklung (Demographie)				1	1	1		
			SE1-2	Internationale Wirtschaft und Handel				1	1	1	1	1
			SE1-3	Sozialpolitischer Kontext				1	1	1	1	1
			SE1-4	Kultur und Religion				1	1	1	1	1
			SE1-5	Wissenschaft und Technologie				1	1	1	1	1
			SE1-6	Landnutzungsänderungen				1	1	1	1	1
			SE1-7	Klimawandel				1	1	1	1	1
			SE1-8	Ressourcennutzung				1	1	1	1	1
			SE1-9	Einführung und Aussterben von Arten				1	1	1	1	1
			SE1-10	Externe Inputs				1	1	1	1	1
SE2	Unterschiedliche Akteure und nationale Verhältnisse	D, P, S	SE2-1	KonsumentInnen in der Schweiz	SE2-1-1	Nachfrage und Konsum der Gesellschaft			1	1	1	1
					SE2-1-2	Wissensstand der Bevölkerung			1	1		
			SE2-2	Medien und Werbung in der Schweiz	SE2-2-1	Landwirtschaftliche Medien			1	1	1	1
					SE2-2-2	Andere Medien			1	1	1	1
			SE2-3	Agrarkonzerne in der Schweiz					1	1	1	1
			SE2-4	Branchen in der Schweiz					1	1	1	1
			SE2-5	Wirtschaft und Handel/ Markt (z.B. Preise, Marktzugang, Labeling) in der Schweiz					1	1	1	1
			SE2-6	Politische Lage und Einfluss vom Staat in der Schweiz					1	1	1	1
			SE2-7	Zusammenarbeit der Landwirtschaft mit anderen Sektoren in der Schweiz					1	1	1	1
			SE2-8	Vielfalt der Agrarstrukturen in der Schweiz					1	1	1	1
			SE2-9	Landwirtschaftliche Bildung und Beratung								
SE2-10	Forschung											
SE2-11	Natur- und Umweltschutzverbände											
SE3	Betriebsverhältnisse	D, P, S	SE3-1	Motivation der BewirtschafterInnen					1	1	1	1
			SE3-2	Arbeitskräfte auf Betrieb						1	1	1
			SE3-3	Einkommen des Betriebes	SE3-3-1	Einkommen über Markt					1	1
					SE3-3-2	Einkommen über DZV					1	1
					SE3-3-3	Nicht landwirtschaftliches Einkommen						1
SE3-4	Tierbestand auf Betrieb							1	1			
SE3-5	Erschliessung der Flächen des Betriebes							1	1			
SE4	Bewirtschaftungspraktiken auf einem Feld	P	SE4-1	Art und Weise der Mahd	SE4-1-1	Schnitthöhe				1	1	1
					SE4-1-2	Schnittgutverwendung (frisch, Heu, Silage)					1	1
			SE4-2	Art und Weise der Beweidung							1	1
			SE4-3	Art und Weise der Ernte in Kulturen							1	1
			SE4-4	Art und Weise des Pflanzenschutzes	SE4-4-1	Insektizide					1	1
					SE4-4-2	Herbizide					1	1
					SE4-4-3	Fungizide					1	1
					SE4-4-4	Kontrolle Nagetiere					1	1
					SE4-4-5	PSM gegen Schnecken					1	1
					SE4-4-6	Biologischer Pflanzenschutz					1	1
					SE4-4-7	Mechanisch / Physikalischer Pflanzenschutz					1	1
			SE4-5	Art und Weise der Düngung	SE4-5-1	organische Dünger (Hofdünger)				1	1	1
					SE4-5-2	Kunstdünger			1	1	1	1
		SE4-5-3	Biologische Stickstofffixierung					1	1			
SE4-6	Art und Weise der Bodenbearbeitung, Saat und Pflanzung							1	1			
SE4-7	Art und Weise der Bewässerung							1	1			
SE4-8	Weitere Bewirtschaftungsmassnahmen							1	1			
SE5	Ausgestaltung der Bewirtschaftung	P	SE5-1	Häufigkeit der Bewirtschaftung einer Fläche						1	1	
			SE5-2	Bewirtschaftungszeitpunkte einer Fläche							1	
			SE5-3	räumliche und zeitliche Heterogenität der Bewirtschaftung auf einem Betrieb	SE5-3-1	Fruchtfolge					1	1
					SE5-3-2	Mischkulturen oder Untersaaten					1	1
					SE5-3-3	Anzahl Nutzungstypen pro Betrieb					1	1
		SE5-3-4	Schlag-/Feldgrösse					1	1			
		SE5-3-5	Staffelung der Ernte, Mahd oder Beweidung					1	1			
SE5-4	Angewendete Technologie bei der Bewirtschaftung eines Feldes							1	1			
SE6	Einsatz Produktionsmittel (Menge)	P	SE6-1	Einsatz Dünger auf einem Feld				1	1	1	1	
			SE6-2	Einsatz Pflanzenschutzmittel auf einem Feld						1	1	
			SE6-3	Einsatz Tierarzneimittel für Tierbestand						1	1	
			SE6-4	Einsatz Futtermittel für Tierbestand						1	1	
			SE6-5	Einsatz Saatgut- und Tiertypen (Art, Rasse, Lebensphase) auf Betrieb				1	1	1	1	
			SE6-6	Einsatz Wasser auf Betrieb							1	1
SE7	Emissionen	P	SE7-1	N- und P Verluste des Betriebes					1	1	1	
			SE7-2	Ammoniakemissionen des Betriebes						1	1	
			SE7-3	PSM- und Arzneimittelverluste des Betriebes						1	1	
SE8	Landschaft	P, S, I, R	SE8-1	Räumliche Verteilung und Lage von Flächentypen auf Betrieb					1	1		
			SE8-2	Fragmentierung/Vernetzung der Landschaft						1	1	
			SE8-3	Strukturmengen-, -länge und -vielfalt in der Landschaft						1	1	
SE9	Bodenbedeckung (Landbedeckung, land cover)	P, S, R	SE9-1	Dauergrünland auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebes					1	1		
			SE9-2	Ackerland des Betriebes (ohne Gemüsekulturen)						1	1	
			SE9-3	Freilandgemüse						1	1	
			SE9-4	Dauerkulturen des Betriebes						1	1	
			SE9-5	Betriebsgebäude (Gewächshäuser, Ställe) und weitere versiegelte Flächen auf Betrieb						1	1	
			SE9-6	Feuchtfächen						1	1	
			SE9-7	Gewässer						1	1	
SE9-8	Wald						1	1				
SE9-9	Gebüsche und Säume						1	1				
SE10	Landnutzungsintensität (Zustand)	S, R	SE10-1	Niveau der Nutzungsintensität einer Fläche					1	1		
			SE10-2	Anteil Flächen des Betriebes mit einer bestimmten Nutzungsintensität						1		
SE11	Biodiversität	S, I	SE11-1	genetische Vielfalt Wildarten in der Schweiz				1	1	1		
			SE11-2	Agrobiodiversität in der Schweiz				1	1	1		
			SE11-3	Vielfalt und Abundanz von Arten auf Betrieb	SE12-3-1	Vielfalt				1	1	
					SE11-3-2	Abundanz				1	1	
			SE11-4	Vielfalt der Lebensräume auf Betrieb						1	1	
			SE11-5	funktionelle Vielfalt auf Betrieb						1	1	
SE12	Ökosystemleistungen	P, S, I	SE11-6	Beta- und gamma Diversität in der Schweiz	SE11-6-1	Beta-Diversität			1	1		
					SE11-6-2	gamma-Diversität			1	1		
			SE12-1	Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln						1	1	
			SE12-2	Bestäubung und Samenverbreitung						1	1	
			SE12-3	natürliche Schädlings- und Krankheitsregulierung						1	1	
			SE12-4	Regulierung von Extremereignissen						1	1	
			SE12-5	Regulierung von Wassermenge, -fluss sowie zeitliche Regulierung						1	1	
			SE12-6	Regulierung Wasserqualität						1	1	
			SE12-7	Klimaregulierung					1	1	1	
			SE12-8	Bodenfruchtbarkeit (inklusive Schutz und Dekontaminierung)						1	1	
SE12-9	Lernen und Inspiration, Erfahrungsmöglichkeiten und Identifikation						1	1				
SE12-10	Erhaltung von Options- und Versicherungswerten						1	1				

* Unter Wirkungskala wird die Skala von direkten und indirekten Auswirkungen der Systemelemente auf die Biodiversität und nicht die Skala der Anwendungen, z.B. einer Bewirtschaftungspraktik auf Ebene Feld, verstanden. Für Ökosystemleistungen wird diejenige Skala angegeben auf der die Nutzung der Leistungen Auswirkungen zeigen kann.

7.4 Sensibilität der Ergebnisse der Einflussmatrix

Einfluss des Bewertungsschlüssels auf die Ergebnisse der Einflussmatrix

(Abbildung 21 und Abbildung 22a)

Die Wahl eines Bewertungsschlüssels (z.B. 0-1-2; 0-1-2-3; 0.1-0.5-1-2) hat bei der vorliegenden Einflussmatrix (12 SE der Hierarchiestufe 1) einen relativ geringen Einfluss auf die Position der SE in der Einflussgrafik, solange die Anzahl Werte (drei- oder vierstufig) im Bewertungsschlüssel nicht verändert wird.

Höhere Werte im Bewertungsschlüssel führen zu höheren Interaktionsindices und damit zu einer Veränderung der Skalen in der Einflussgrafik. Eine Veränderung der Werte in den vierstufigen Bewertungsschlüsseln führt zu leichten Verschiebungen der Positionen der SE im Verhältnis zueinander. Beim Vergleich des dreistufigen (0-1-2) und der zwei vierstufigen (0-1-2-3 oder 0.1-0.5-1-2) Bewertungsschlüssel stellt man zudem Verschiebungen der Positionen der SE zwischen den vier Sektoren der Einflussgrafik fest. Dies ist insbesondere in den Übergangsbereichen der Fall. Ebenso wechseln bestimmte Elemente zwischen dem neutralen Bereich der Sektoren in die äusseren Bereiche der Sektoren.

Einfluss von Zusammenfassung oder Aufteilung von SE auf die Ergebnisse der Einflussmatrix

(Abbildung 22)

Das Beispiel eines SE „Landnutzungsintensität“ (Abbildung 22b) und seiner Aufteilung in die verschiedenen Teilelemente „Bewirtschaftungspraktiken“, „Ausgestaltung der Bewirtschaftung“, „Einsatz Produktionsmittel“ und „Niveau der Nutzungsintensität“ (Abbildung 22a) zeigen, dass das Zusammenfassen oder Aufteilen von SE zu unterschiedlichen Interpretationen bezüglich der zusammengefassten oder des aufgeteilten SE führen kann. Des Weiteren verschieben sich die Positionen der SE im Verhältnis zueinander und es kommt zu Verschiebung der Positionen in den Sektoren, was u.a. zu Verschiebungen aus oder in den Neutralbereich führen kann. Dies heisst auch, dass die Definition eines SE bzw. was genau alles unter einem SE verstanden wird einen grossen Einfluss auf das Ergebnis hat.

Einfluss der Auswahl der SE auf die Ergebnisse der Einflussmatrix

(Abbildung 23, Abbildung 24)

Zumindest in der Einflussmatrix bestehend aus 12 SE der Hierarchiestufe 1 ändert sowohl das Weglassen von SE mit einem geringen Interaktionsindex wie z.B. dem „Globalen Wandel“ als auch solchen mit einem hohem Interaktionsindex wie z.B. der „Landnutzungsintensität (Zustand)“ nur wenig an den Positionen der anderen SE zueinander. In beiden Fällen verschieben sich aber einige SE in den bzw. aus dem neutralen Bereich (z.B. Emissionen, Globaler Wandel, Bodenbedeckung).

Das Weglassen von SE mit hohem Interaktionsindex (viele Wechselwirkungen) kann aber bei anders aufgebauten Einflussmatrizen die Position der SE zueinander auch sehr stark beeinflussen und zu völlig anderen Schlussfolgerungen führen wie Tests zeigten (Abbildung 24). Die Auswahl der SE bestimmt zudem, ob ein Einfluss unter den SE als direkt (Einfluss wird in Einflussmatrix eingetragen) oder indirekt (Einfluss wird gleich 0 bzw. 0.1 gesetzt) gelten, was die Ergebnisse ebenfalls beeinflussen kann.

Folglich ist es sehr relevant, welche und wie viele SE insgesamt und für einen bestimmten Bereich (z.B. Akteure) ausgewählt werden. Damit hat auch die Definition der Systemgrenzen, die mit der Auswahl der SE gemacht wird, einen starken Einfluss auf die Position der einzelnen SE. Je nach Wahl der Systemgrenzen können gewisse potentiell geeignete Ansatzpunkte, um das System zu beeinflussen, gar nicht erst identifiziert werden. Z.B. wurde in der vorliegenden Arbeit das Ernährungssystem nicht bzw. nur ansatzweise mit dem SE „Akteure“ miteinbezogen. Einflussfaktoren aus dem Bereich des Ernährungssystems können aber einen enormen Einfluss auf die Biodiversität haben. So könnte z.B. eine starke Verminderung von Lebensmittelabfällen vermutlich einen grossen Einfluss auf die für die Versorgung der Bevölkerung notwendige Produktion, den dafür notwendigen Flächenbedarf und den Produktionsmitteleinsatz haben. All diese Faktoren können einen starken Einfluss auf die Biodiversität haben.

Einfluss verschiedener Beurteiler und/oder der Einstufung der Interaktionsstärken auf die Ergebnisse der Einflussmatrix (Abbildung 25, Abbildung 26)

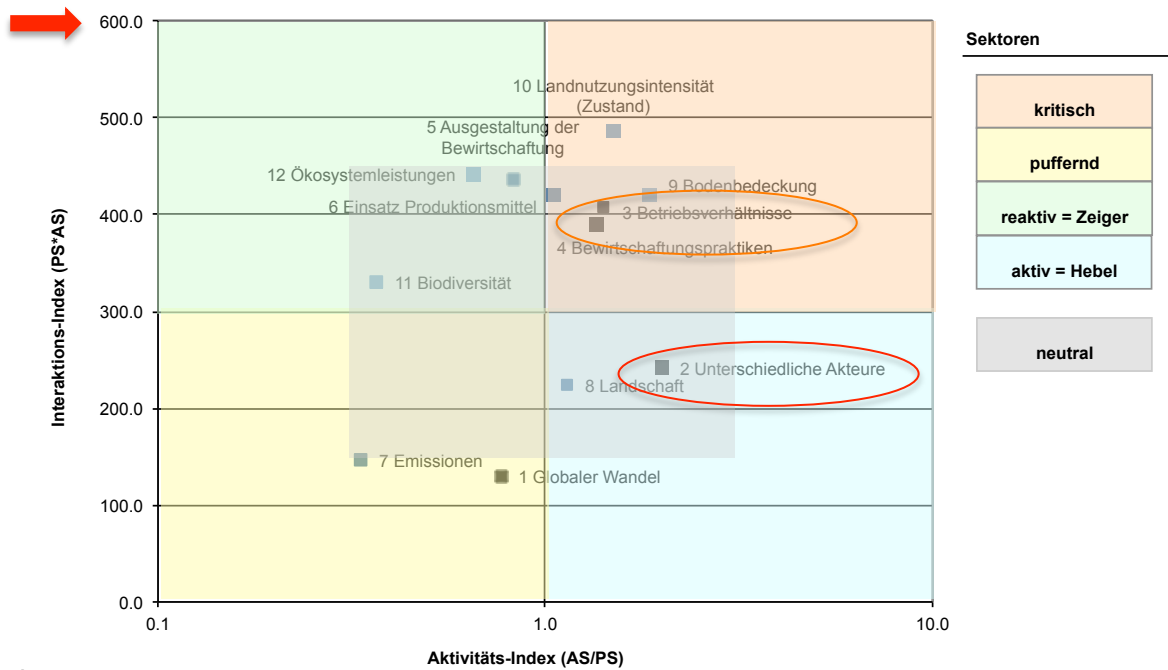
Bereits die Diskussionsrunde zeigte, dass je nach ExpertIn unterschiedliche SE gewählt werden würden. Einzelpersonen würden ein System also mit unterschiedlichen SE charakterisieren, was wie oben erläutert einen sehr starken Einfluss auf das Ergebnis haben kann.

Die Einstufung der Interaktionen in der Einflussmatrix mit 12 SE der Hierarchiestufe 1 durch verschiedene Personen hat zudem gezeigt, dass die Bearbeiter (bzw. die Interaktionsstärken) einen sehr starken unbeabsichtigten Einfluss auf die Ergebnisse haben. Nicht nur wurden von drei Experten 39% der Interaktionen unterschiedlich stark eingestuft, sondern es bestand nach einer ersten Runde auch bei 39% der Interaktionen keine Übereinstimmung, ob überhaupt eine Interaktion der SE stattfindet (Abbildung 25). Diese starken Unterschiede waren einerseits auf ein unterschiedliches Verständnis der SE zurückzuführen, andererseits dachten die verschiedenen Beurteiler für sich alleine nicht an alle Interaktionsmöglichkeiten oder stuften die Interaktionsstärken basierend auf ihren Erfahrungen und ihrer Literaturkenntnis unterschiedlich ein.

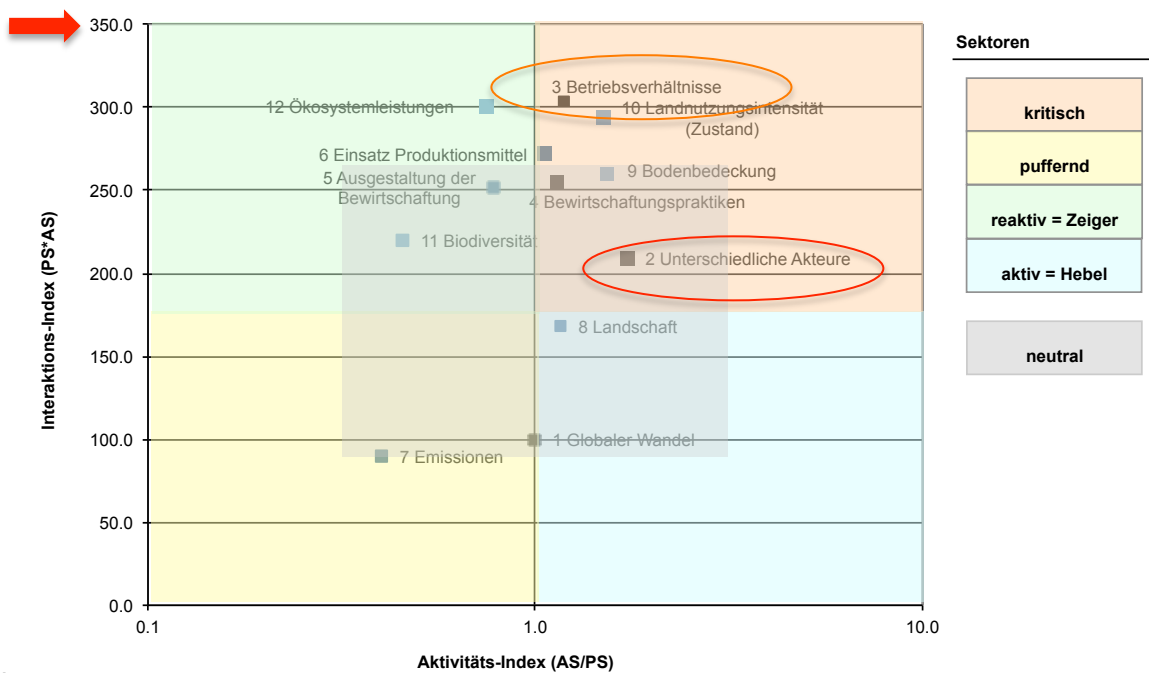
Dies führte in den verschiedenen Einflussgrafiken der Bearbeiter zu völlig unterschiedlichen Zuordnungen bestimmter SE in die verschiedenen Sektoren, obwohl die entsprechenden SE von allen Bearbeitern als sehr relevant betrachtet werden. Allen Bearbeitern schienen zudem die Positionen von SE in ihren Versionen der Einflussgrafik als teilweise nicht realitätsnahe.

Trotz der anfänglich stark unterschiedlichen Einstufung der Interaktionen gelang es in einer gemeinsamen Diskussion, die Unterschiede relativ einfach zu klären, sodass eine Einflussmatrix basierend auf konsolidierten Interaktionsstärken gebildet werden konnte (Abbildung 6). Erst in dieser konsolidierten Fassung schienen die Positionen der SE in der finalen Einflussgrafik allen Beteiligten als einigermaßen realitätsnah (Abbildung 8).

Folglich ist für jede Matrix eine Überprüfung der Auswahl der SE und eine Einstufung der Einflussstärken durch mehrere Personen sowie eine folgende Diskussion und Abgleich der Einstufungen in der Gruppe der Beurteilenden sehr wichtig.

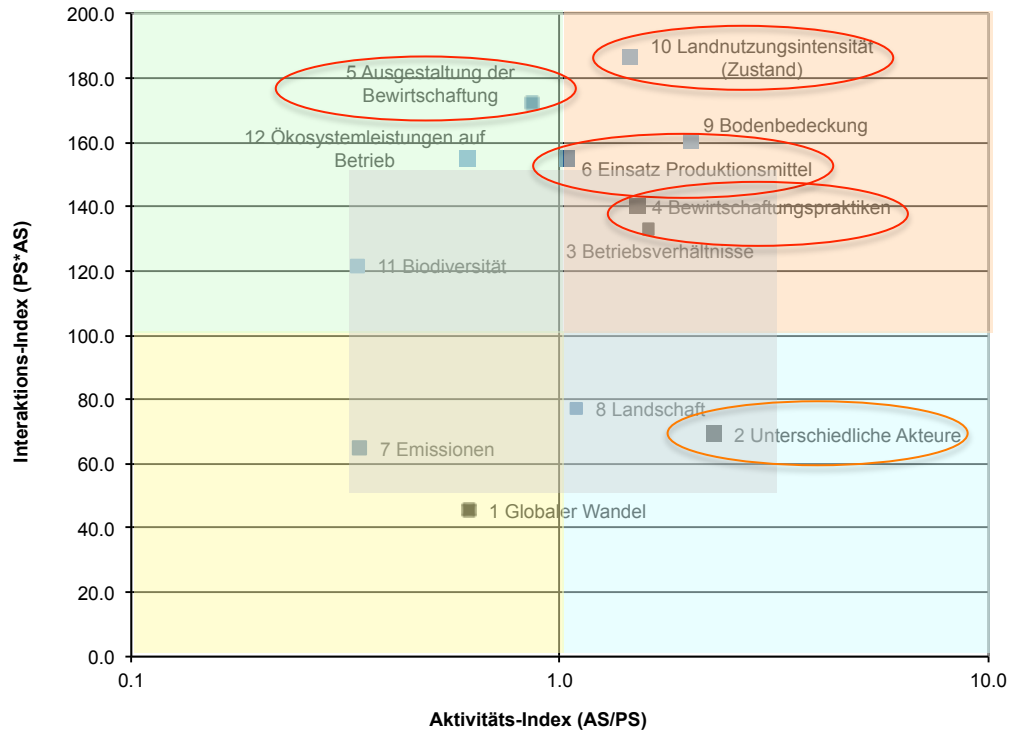


a)

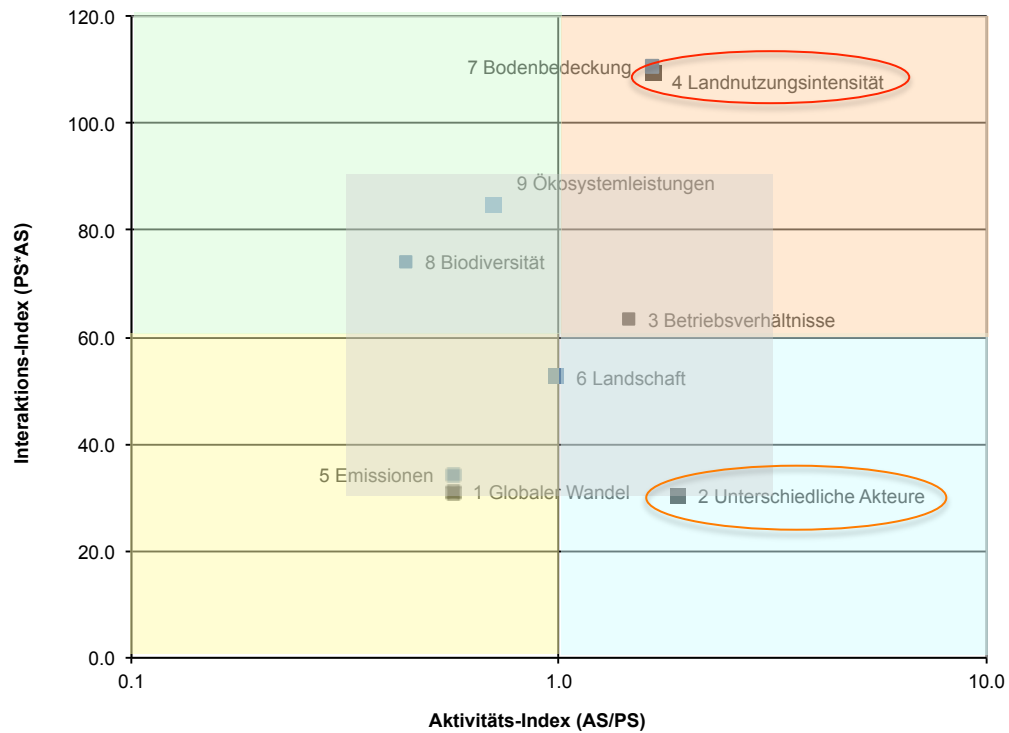


b)

Abbildung 21: Einfluss des gewählten Bewertungsschlüssels auf die Position der Systemelemente: a) 0-1-2-3 und b) 0-1-2 (Einflussstärke 2 und 3 der anderen Bewertungsschlüssel zusammengefasst). Siehe Abbildung 22a für die Einflussmatrix mit dem schlussendlich verwendeten Bewertungsschlüssel 0.1-0.5-1-2. Roter Pfeil: Veränderung der Skala des Interaktionsindex. Rote Ovale: Wechsel eines Systemelementes zwischen zwei Sektoren. Orange Ovale: Wechsel eines Systemelementes innerhalb eines Sektors in bzw. aus dem Neutralbereich.

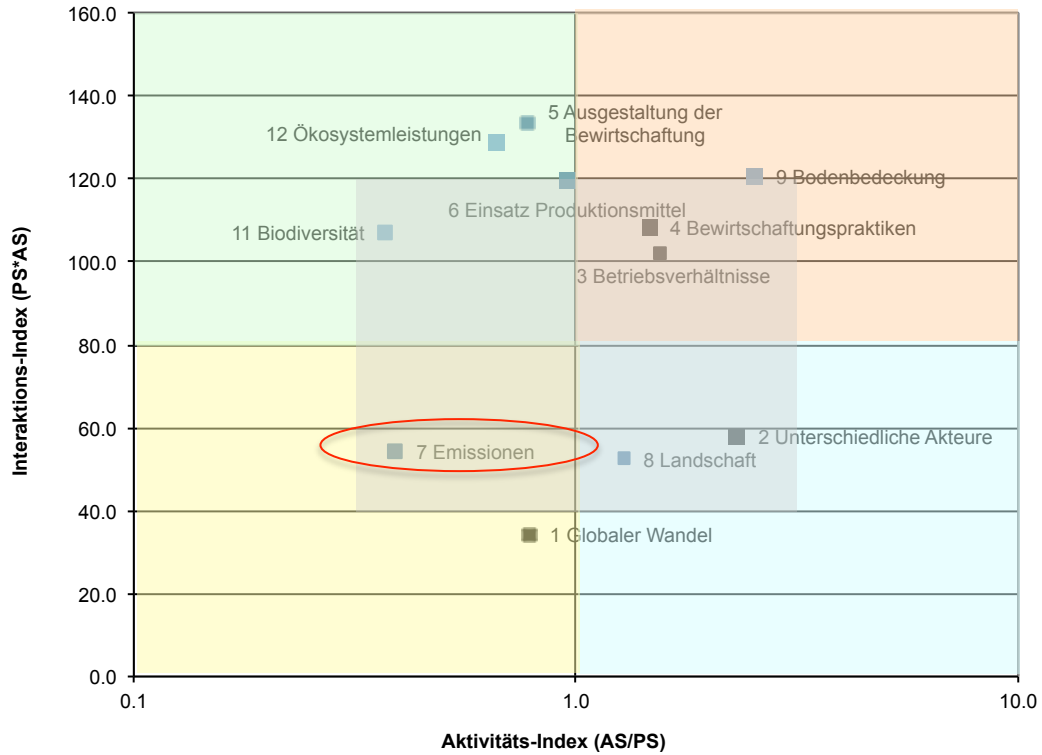


a)

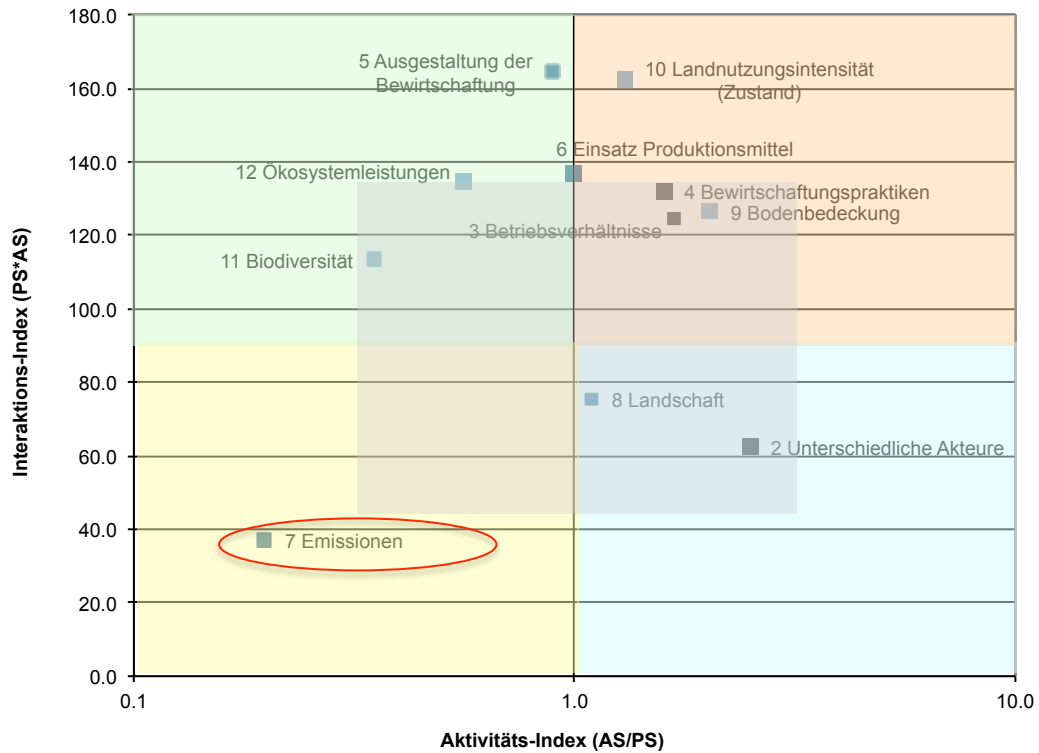


b)

Abbildung 22: Einfluss der Zusammenfassung von Systemelementen (SE) auf ihre Position: a) Einflussgrafik mit 12 SE der Hierarchiestufe 1 sowie b) Einflussgrafik, für die verschiedene Aspekte der Landnutzungsintensität (Bewirtschaftungspraktiken, Ausgestaltung der Bewirtschaftung, Einsatz Produktionsmittel) zusammengefasst wurden. Rote Ovale: Zusammengefasste SE. Orange Ovale



a)



b)

Abbildung 23: Einfluss der Auswahl der Systemelemente (SE) bei der finalen Einflussmatrix: Einflussgrafik in der im Vergleich zu Abbildung 22a) ein SE mit einem a) hohen Interaktionsindex und hoher Aktivsumme "Landnutzungsintensität (Zustand) und b) einem tiefen Interaktionsindex und tiefer Aktivsumme "Globaler Wandel" weggelassen wurde. Rotes Oval: Verschiebung eines SE aus bzw. in den Neutralbereich.

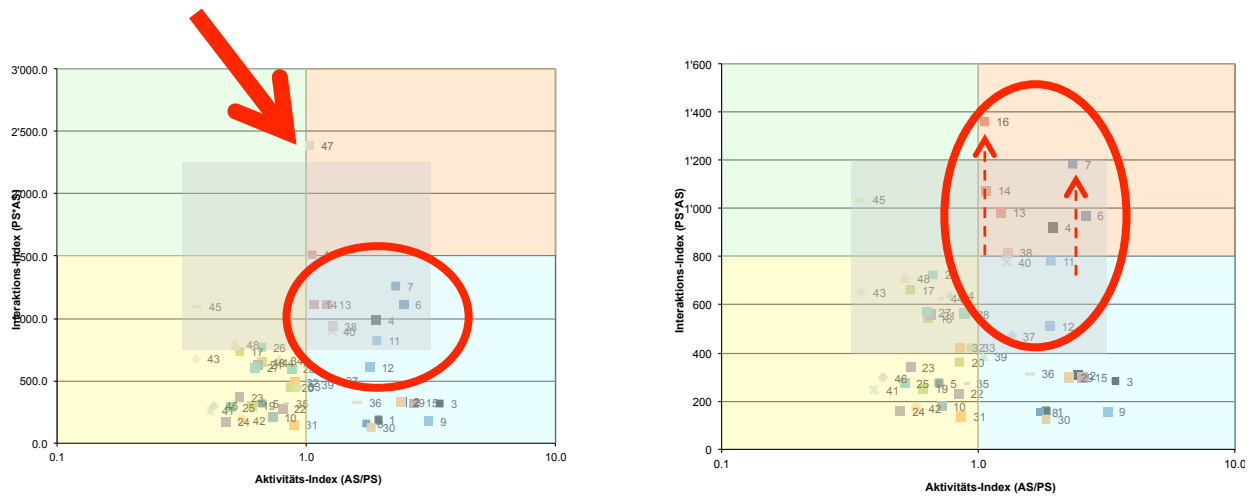


Abbildung 24: Einfluss der Auswahl der Systemelemente (SE) anhand einer Testmatrix mit vielen SE: Weglassen des SE Nummer 47 mit vielen Wechselwirkungen bzw. hohem Interaktionsindex und mittelhohem Aktivitätsindex führt zu starken Verschiebungen anderer Systemelemente vom Sektor „aktiv“ in den Sektor „kritisch“.

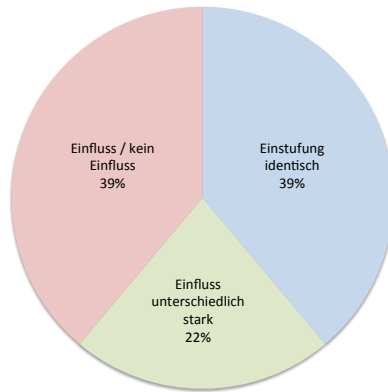


Abbildung 25: Ausmass der Übereinstimmung in der Einstufung von 132 Interaktionen in der Einflussmatrix mit den 12 Systemelementen der Hierarchiestufe 1. Anzahl Beurteiler = 3 (Die Beurteilung der zwei Mitarbeiter der Geschäftsstelle des Forum Biodiversität wurde schon im Voraus zusammengefasst).

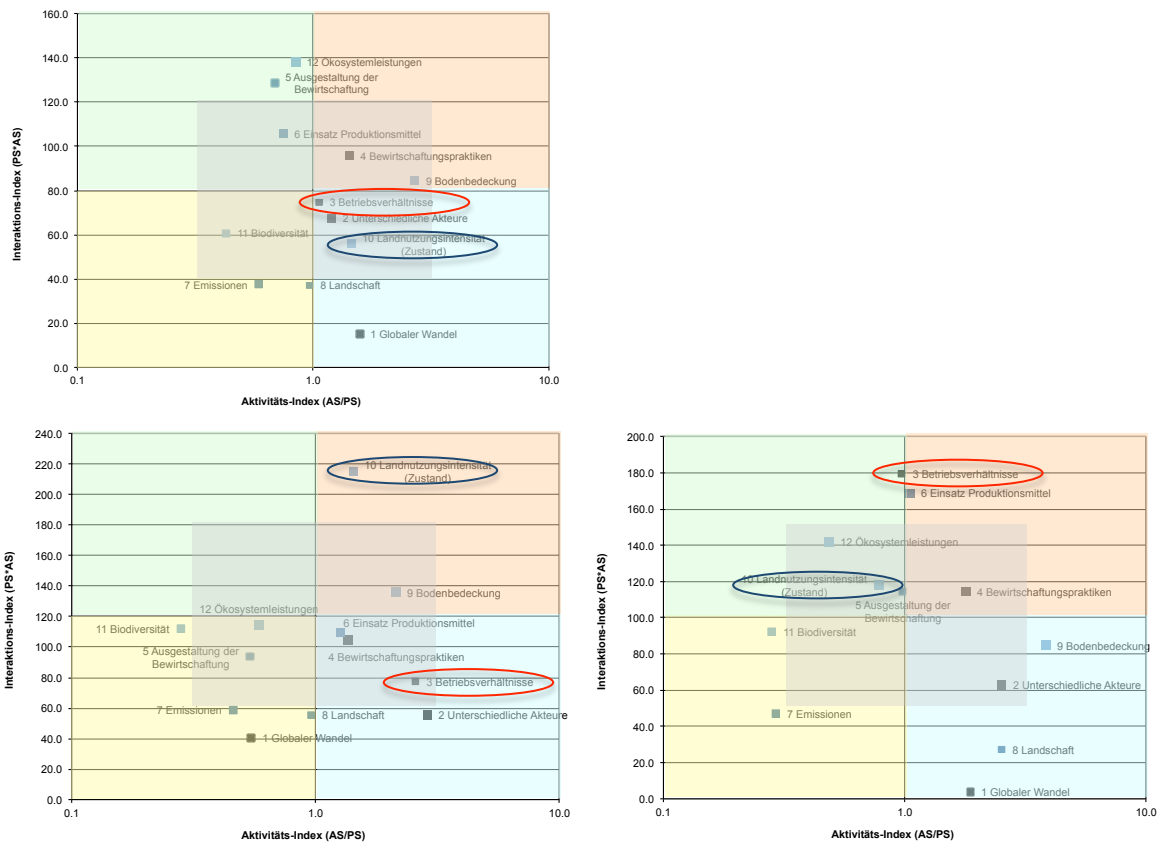


Abbildung 26: Einfluss verschiedener Bearbeiter (unterschiedliche Einstufung der Interaktionsstärken) auf die Position der Systemelemente, wobei eine Darstellung bereits das Resultat eines Abgleichs unter zwei Personen zeigt. Siehe Abbildung 22a für die schlussendliche Einflussgrafik, die in Folge der gemeinsamen Diskussion der einzelnen Einflusswerte unter den Personen entstand. Farbige Ovale: zwei Beispiele für die Veränderungen der Positionen von Systemelementen (blau: Beispiel 1; rot: Beispiel 2)