



Indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich

Schlussbericht ans Bundesamt für Landwirtschaft

Autorinnen und Autoren

Anina Gilgen, Thomas Drobnik, Andreas Roesch, Gabriele Mack,
Christian Ritzel, Laura Iten, Christian Flury, Stefan Mann, Gérard
Gaillard



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF
Agroscope

Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Auskünfte	Anina Gilgen, anina.gilgen@agroscope.admin.ch
Gestaltung	Petra Asare
Titelbild	Gabriela Brändle
Copyright	© Agroscope 2022
ISSN	2296-7206 (print), 2296-7214 (online)
DOI	https://doi.org/10.34776/as136g

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser

In den politischen Diskussionen rund um die umweltbezogenen Direktzahlungsprogramme wurde in den vergangenen Jahren immer wieder die Idee geäußert, die Direktzahlungen stärker an die von den Betrieben erzielten Ergebnisse zu knüpfen. Verbunden mit einer stärkeren Ergebnisorientierung der Direktzahlungen ist die Erwartung, dass sich mit einem solchen Ansatz die Umweltwirkung verbessern lässt. Zudem soll damit die Komplexität des Systems reduziert und die Flexibilität der Betriebe bei der Wahl geeigneter Umweltmassnahmen erhöht werden.

Zur Umsetzung eines ergebnisorientierten Ansatzes braucht es Indikatoren, welche die Umweltleistungen der Betriebe messen und an die die ausgerichteten Umweltdirektzahlungen geknüpft werden können. Weil viele Umweltziele in der Landwirtschaft nach wie vor nicht erreicht sind und es diesbezüglich weitere Fortschritte braucht, hat das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) eine Konzeptstudie zu dieser Thematik lanciert und das Konsortium Agroscope und Flury&Giuliani GmbH mit deren Durchführung beauftragt.

Ziel der vorliegenden Studie war es zu klären, wie ein indikatorbasiertes Direktzahlungssystem (IDZ-System) mit ergebnisorientierter Ausrichtung konkret aussehen könnte und ob sich mit einem solchen System substantielle Fortschritte im Umweltbereich sowie eine Reduktion der Systemkomplexität und des administrativen Aufwands realisieren liessen. Dabei sollte die Studie alle relevanten Umweltbereiche abdecken: namentlich die Themen Biodiversität, Ammoniak- und Treibhausgas-Emissionen sowie Nitrat-/Phosphorauswaschung, Pflanzenschutzrisiko und Bodenfruchtbarkeit.

Eine umfassende, finale Beurteilung der möglichen Umweltwirkung eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems war aus methodischen und zeitlichen Gründen im Rahmen des Projekts nicht möglich. Der vorliegende Abschlussbericht ist deshalb hauptsächlich konzeptioneller Natur und die darin enthaltenen Indikatoren sind als Vorschläge zu verstehen. Das heisst, dass vor einer allfälligen Umsetzung der gemachten Vorschläge in der Praxis weitergehende Konkretisierungen und Praxistests auf Pilotbetrieben notwendig wären. Denn nur so könnte man ein genaueres Bild über die effektiven Auswirkungen eines entsprechenden Systemwechsels erhalten.

Dennoch hat die Arbeit aufgezeigt, dass die Ergebnisorientierung nur in wenigen Bereichen Eingang in das indikatorbasierte Direktzahlungssystem gefunden hat (z.B. Messung des Humusgehalts oder Messung der Artenvielfalt auf Biodiversitätsförderflächen). Das heisst, dass die einzelnen Umweltindikatoren im IDZ-System zur Hauptsache durch die Umsetzung von strukturellen (z.B. Reduktion Tierbestand) oder technischen Massnahmen beeinflusst werden (z.B. Einsatz Ammoniakwäscher). Folglich scheint das Potential der Ergebnisorientierung punkto Reduktion der Umweltwirkung, der Systemkomplexität und des administrativen Aufwands limitiert zu sein. Dies zumindest beim heutigen Stand der Technik.

Unser Dank geht an die Auftragnehmerinnen des vorliegenden Projekts, welche die Arbeiten in den vergangenen zwei Jahren mit viel Engagement vorangetrieben haben. Die Ergebnisse des Berichts leisten einen wichtigen Beitrag für die weiteren Diskussionen rund um die künftige Ausgestaltung des Direktzahlungssystems im Agrarumweltbereich.

Bernard Belk, Vizedirektor BLW und Leiter Direktionsbereich Direktzahlungen und ländliche Entwicklung

Inhalt

Vorwort	3
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Zielsetzung	14
1.3 Struktur des Berichts	14
2 Konzept des IDZ-Systems	15
2.1 Grundsätze des IDZ-Systems und Einbettung in das heutige Direktzahlungssystem	15
2.2 Berücksichtigung des Standorts und Wahl der Bezugsgrösse	17
2.3 IDZ-Varianten	17
3 Methodik	19
3.1 Bestehende Indikatorsysteme	19
3.2 Wahl der Umweltthemen	20
3.3 Herleitung der Indikatoren	21
3.3.1 DPSIR-Konzept und resultat- versus massnahmenbasiert	21
3.3.2 Kriterien für Agrarumweltindikatoren eines Direktzahlungssystems	23
3.4 Schadenskosten, Minimal- und Maximalschwellen	24
3.5 SWISSland-Berechnungen	25
3.6 Berechnungen der IDZ-Indikatoren anhand ausgewählter Beispielbetriebe	28
3.7 Methodik Workshop	28
4 Resultate	30
4.1 Entwickelte Indikatoren	30
4.1.1 Beispiel Treibhausgasemissionen detaillierte Variante	31
4.1.2 Beispiel Treibhausgasemissionen mittlere Variante	34
4.1.3 Beispiel Treibhausgasemissionen einfache Variante	35
4.2 Schadenskosten	35
4.2.1 Biodiversität	35
4.2.2 Treibhausgasemissionen, Ammoniak, Nitrat und Phosphor	36
4.2.3 Pflanzenschutzmittel	36
4.2.4 Boden	36
4.3 SWISSland-Ergebnisse	38
4.3.1 Überblick	38
4.3.2 Ackerbau	39
4.3.3 Tierhaltung	40
4.3.4 Produktion und Selbstversorgung	43
4.3.5 Einkommen	44
4.3.6 Direktzahlungen	45
4.3.7 Umweltrelevante Entwicklungen	46
4.3.8 Beteiligung an neu eingeführten Direktzahlungen	47

4.4	Sensitivitätsanalysen	48
4.4.1	Reduktion der IDZ-Direktzahlungsansätze um 20%	48
4.4.2	Verschärfung der Minimalschwellen.....	49
4.4.3	Fazit.....	51
4.5	Berechnungen der IDZ-Indikatorwerte für ausgewählte Betriebe	51
4.6	Ergebnisse Workshop	55
4.6.1	Allgemeine Einschätzung eines IDZ-Systems	55
4.6.2	Beurteilung der Vor- und Nachteile der IDZ-Varianten	56
4.6.3	Beurteilung eines Systemwechsels.....	56
4.6.4	Anwendungsbereiche und regionalisierte Ausgestaltung eines IDZ-Systems.....	57
5	Diskussion	58
5.1	Schadenskosten und Schwellen	58
5.2	Vergleich mit heutigem Direktzahlungssystem	59
5.3	Entwickelte Indikatoren der drei IDZ-Varianten.....	60
5.3.1	Qualität der Indikatoren	60
5.3.2	Synergien und Zielkonflikte	61
5.4	Unsicherheiten in den Berechnungen	62
5.4.1	Unsicherheiten in den SWISSland-Simulationen	62
5.4.2	Unsicherheiten in den Berechnungen der sechs existierenden Betriebe	63
5.5	Zielkonflikte zwischen dem IDZ-System und anderen agrarpolitischen Zielen.....	63
5.6	Mitnahmeeffekte und IDZ-Szenarien.....	64
5.7	Erreichung agrarumweltpolitischer Ziele	65
5.7.1	Darstellung der Zielerreichung mithilfe eines IDZ-Systems	65
5.7.2	Weitere Möglichkeiten zur Zielerreichung	66
6	Schlussfolgerung	67
6.1	Umweltdimension	67
6.2	Potentiale und Herausforderungen einer Umsetzung.....	68
6.3	Systemaufbau.....	69
6.4	Fazit.....	69
	Danksagung	71
	Literaturverzeichnis.....	72
	Anhang.....	76
7	Bewertung verschiedener existierender Indikatoren hinsichtlich ihrer Eignung im IDZ-System.....	76
7.1	Biodiversität	78
7.2	Treibhausgasemissionen	78
7.3	Ammoniakemissionen	79
7.4	Nitrat und Phosphor.....	79
7.5	Pflanzenschutzmittel.....	80
7.6	Erosion	80
7.7	Humus	81
8	SWISSland-Berechnungen: Umsetzung der einfachen IDZ-Variante	82
8.1	Biodiversität	82
8.2	Emissionen	82

8.3	Pflanzenschutzmittel.....	82
8.4	Boden	84
9	Getroffene Annahmen für nicht verfügbare Daten der Beispielbetriebe.....	84
10	Herleitung der Indikatoren der drei IDZ-Varianten.....	85
10.1	Biodiversität	85
10.1.1	Detaillierte Variante	85
10.1.2	Mittlere Variante	86
10.1.3	Einfache Variante	86
10.2	Ammoniakemissionen	87
10.2.1	Detaillierte Variante	87
10.2.2	Mittlere Variante	90
10.2.3	Einfache Variante	90
10.3	Nitrat und Phosphor.....	90
10.3.1	Detaillierte Variante	90
10.3.2	Mittlere Variante	92
10.3.3	Einfache Variante	92
10.4	Pflanzenschutzmittel.....	92
10.4.1	Detaillierte Variante	92
10.4.2	Mittlere Variante	94
10.4.3	Einfache Variante	94
10.5	Erosion	95
10.5.1	Detaillierte Variante	95
10.5.2	Mittlere Variante	96
10.5.3	Einfache Variante	96
10.6	Humus	97
10.6.1	Detaillierte Variante	97
10.6.2	Mittlere Variante	98
10.6.3	Einfache Variante	99
	Literaturverzeichnis zum Anhang.....	100

Zusammenfassung

Indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich

Laut Artikel 104 der Bundesverfassung soll der Bund unter anderem dafür sorgen, dass die Landwirtschaft einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen leistet. Auf der Grundlage des geltenden Rechts haben die Bundesämter für Landwirtschaft und Umwelt zur Operationalisierung des Verfassungsauftrags die Umweltziele Landwirtschaft (UZL) hergeleitet und veröffentlicht. Direktzahlungen stellen eines der Mittel dar, um diese Ziele zu erreichen. Obwohl die Auszahlung von Direktzahlungen an einen ökologischen Leistungsnachweis gekoppelt ist und ein Teil der Direktzahlungsbeiträge bereits einen direkten Umweltbezug hat (z.B. Biodiversitätsbeiträge), sind die agrarpolitischen Umweltziele des Bundes grösstenteils nicht erreicht. Im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft haben Agroscope und Flury & Giuliani GmbH in der vorliegenden konzeptionellen Studie geprüft, ob indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich (IDZ) eine Alternative zu den bestehenden umweltbezogenen Direktzahlungen darstellen und ob mit einem solchen System die Ziellücken im Agrarumweltbereich verringert werden können. Dabei ist die Höhe der umweltrelevanten Direktzahlungsbeiträge von Indikatorwerten abhängig, wie wir im Folgenden näher erläutern.

Das indikatorbasierte Direktzahlungssystem (IDZ-System) wurde so konzipiert, dass die Indikatoren für einzelne Umweltthemen die Umweltwirkungen eines Betriebs approximieren. Die Zahlungen sind an die Indikatorwerte geknüpft und somit mit der Umweltwirkung gekoppelt. Sie unterscheiden nicht zwischen verschiedenen Betriebs- und Produktionsstrukturen, was ein Paradigmenwechsel zum heutigen Direktzahlungssystem darstellt: Beispielsweise erhält ein Landwirt/eine Landwirtin im IDZ-System Direktzahlungen für den Verzicht auf risikoreiche Pflanzenschutzmittel, unabhängig davon, welche Kulturen er/sie anbaut. Damit werden auch Betriebe belohnt, die pflanzenschutzmittelarme Kulturen bewirtschaften. Die Prüfung verschiedener Indikatorsysteme (aus Monitoring, Forschung, Beratung) hat ergeben, dass die meisten existierenden Indikatoren für die Anwendung in einem Direktzahlungssystem ungeeignet sind. Aus diesem Grund wurden in diesem Forschungsprojekt Prototypen von Agrarumweltindikatoren auf Betriebsebene für die Verwendung in einem Direktzahlungssystem entwickelt. Je nach Umweltthema sind die Indikatoren unterschiedlich gestaltet: Während einzelne Indikatoren resultatbasiert sind oder zumindest resultatbasierte Komponenten beinhalten (z.B. Messung des Humusgehalts), setzt die Mehrheit bei landwirtschaftlichen Strukturen und Massnahmen an (z.B. Grösse des Tierbestands, Verzicht auf risikoreiche Pflanzenschutzmittel). Die indikatorbasierten Zahlungen werden jährlich pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (oder für einen Teil dieser Fläche) ausbezahlt. Dabei sind die Zahlungen umso höher, je besser die Indikatorwerte sind. Die Beitragsansätze basieren vorwiegend auf existierenden Schadenskostenschätzungen und hängen in mehreren Fällen von Schwellenwerten ab. Die Schwellenwerte legen fest, ab welcher Umweltwirkung bzw. ab welchem Indikatorwert ein Betrieb keine Zahlung («Minimalschwelle») respektive die maximale Zahlung («Maximalschwelle») pro Hektar erhält. Durch diese Schwellenwerte ist das System flexibel und justierbar, ohne dass die Indikatoren selbst verändert werden müssen. Eine weitere Möglichkeit, das IDZ-System anzupassen, bietet der Freiwilligkeitsgrad der Beteiligung an den indikatorbasierten Direktzahlungen.

Drei Varianten eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems wurden ausgearbeitet, die sich in der Anzahl und Komplexität der Indikatoren unterscheiden. In der detaillierten Variante werden die Umweltthemen Biodiversität, Treibhausgasemissionen, Ammoniakemissionen, Nitrat, Phosphor, Pflanzenschutzmittel, Erosion und Humus explizit durch eigene Indikatoren abgebildet. In der einfachen Variante bleiben die Themen Biodiversität und Pflanzenschutzmittel bestehen, wohingegen die Themen Treibhausgasemissionen, Ammoniakemissionen, Nitrat und Phosphor zum Thema «Emissionsschutz» und die Themen Erosion und Humus zum Thema «Bodenschutz» zusammengefasst werden. Während die einfache Variante insbesondere durch ihre Verständlichkeit und den geringen Aufwand bei der Administration und Datenerhebung besticht, ermöglicht die detaillierte Variante den Betriebsleitenden eine höhere Flexibilität bei der Wahl der Massnahmen und beschreibt die Umweltwirkung beziehungsweise die zugrundeliegenden Prozesse genauer. Die mittlere Variante liegt zwischen diesen beiden Extremen.

Zur Beurteilung der Wirkung eines IDZ-Systems und zur Abschätzung der damit verbundenen Kosten wurden verschiedene SWISSland-Simulationen durchgeführt, die sich in ihren Annahmen bezüglich Freiwilligkeit, der Möglichkeit zu negativen Direktzahlungen (bei Indikatorwerten unter den Minimalschwellen), den Auszahlungen pro Hektar und den Schwellenwerten unterscheiden. Die Simulationen erfolgten jedoch nur für die einfache IDZ-Variante, weil die anderen IDZ-Varianten für eine Modellierung in SWISSland zu komplex sind. Die Simulationen zeigen, dass mit

den IDZ-Zahlungen ein Grossteil der Betriebe auf die risikoreichsten Pflanzenschutzmittel verzichtet. Ausserdem nehmen in allen SWISSland-Simulationen die Biodiversitätsförderflächen auf Ackerland prozentual deutlich zu, deren Gesamtfläche bleibt allerdings weiterhin klein. In den Bereichen Nährstoffüberschüsse, Treibhausgas- und Ammoniakemissionen sind in den meisten Simulationen Reduktionen zu verzeichnen, die allerdings mit Rückgängen von maximal 6.6% (N-Überschüsse) und 8.2% (Tierbestand in GVE) moderat ausfallen. Die erzielten Verbesserungen in den Umweltwirkungen gehen mit einem Rückgang in der landwirtschaftlichen Produktion einher. Die SWISSland-Ergebnisse deuten darauf hin, dass die agrarumweltpolitischen Ziele allein mithilfe eines Direktzahlungssystems, das stärker als heute auf diese Ziele ausgerichtet ist, kaum erreicht werden können. Die Opportunitätskosten für eine Beteiligung (z.B. infolge eines hohen Grenzschatzes) sind bei vielen Betrieben zu hoch, so dass eine Umstellung der Betriebs- und Produktionsstruktur aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll ist.

Für sechs ausgewählte Betriebe wurden die Indikatoren und IDZ-Zahlungen der einfachen und der mittleren IDZ-Variante mit Daten des Jahres 2018 berechnet und mit den tatsächlichen Direktzahlungen dieses Jahres verglichen. Insgesamt ergab die Analyse eine hohe Korrelation der Zahlungen der beiden IDZ-Varianten. Der Emissionsschutzbeitrag (Kombination der Treibhausgaszahlungen, Ammoniakzahlungen und Nitrat-/Phosphorzahlungen) ist mit Abstand die dominierende Zahlung, während die Zahlungen für Biodiversität, Pflanzenschutzmittel und Boden (Kombination von Erosionszahlung und Humuszahlung) vergleichsweise klein sind. Es zeigt sich, dass viele der sechs untersuchten Betriebe bereits heute IDZ-Zahlungen in beträchtlicher Höhe erhalten würden, ohne dafür zusätzliche Massnahmen umsetzen zu müssen (Risiko von Mitnahmeeffekten), was auf das Konzept des IDZ-Systems zurückzuführen ist: Dadurch, dass die Umweltwirkungen verschiedener Umweltthemen approximiert werden, erhalten die meisten Betriebe indikatorbasierte Zahlungen, weil sie strukturbedingt in mindestens einem Umweltbereich gut abschneiden. Durch die Einführung des IDZ-Systems würde es zu einer signifikanten Umverteilung der umweltbezogenen Direktzahlungen kommen, weil das IDZ-System die Umweltleistungen der Betriebe anders beurteilt als das heutige Direktzahlungssystem.

Die drei konzeptionellen Varianten des IDZ-Systems wurden an einem Workshop mit Vertreterinnen und Vertretern des Bundesamts für Landwirtschaft, kantonaler Landwirtschaftsämter, landwirtschaftlicher Beratungsdienste sowie weiteren Fachpersonen aus dem Agrar-Umweltbereich diskutiert. Die Ergebnisse der SWISSland-Simulationen und die Berechnungen der ausgewählten Betriebe waren nicht Bestandteil des Workshops. Die Idee eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems an sich wurde für gut befunden, allerdings wurde das Ausmass der erwarteten Wirkung eines solchen Systems aufgrund weiterer Faktoren relativiert, die die Umweltwirkungen der Landwirtschaft ebenfalls massgebend beeinflussen. Des Weiteren wurden mögliche Anpassungen am System vorgeschlagen, beispielsweise eine Regionalisierung oder eine Kombination der drei IDZ-Varianten; letzteres könnte zum Beispiel in einer obligatorischen Teilnahme an der einfachen Variante und einer (zumindest anfangs) fakultativen Teilnahme an der detaillierten Variante münden.

Das IDZ-System bildet die inländischen Umweltwirkungen und die damit zusammenhängenden Schadenskosten von Landwirtschaftsbetrieben realistischer und umfassender ab als das heutige Direktzahlungssystem. Vor einer Verwendung der Indikatoren in einem Direktzahlungssystem wäre allerdings eine Testphase auf Pilotbetrieben sowie der Einbezug verschiedener Stakeholder mit dem Ziel einer Weiterentwicklung der Indikatoren unerlässlich. Hierbei gilt es insbesondere, die Vollzugstauglichkeit der Indikatoren zu prüfen sowie deren Einbettung in die Agrarpolitik zu vorzunehmen. Auch im Hinblick auf den Zielkonflikt mit der rückläufigen Produktion könnte das System weiter verbessert werden, z.B. durch den expliziten Einbezug der produzierten verdaulichen Energie eines Betriebs. Damit das IDZ-System sein Potential zur Reduktion von Umweltwirkungen entfalten kann, sind unterstützende Massnahmen ausserhalb des Direktzahlungssystems erforderlich, die beispielsweise bei anderen agrarpolitischen Massnahmen oder beim Konsum ansetzen.

Résumé

Paiements directs basés sur des indicateurs dans le domaine agro-environnemental

Selon l'article 104 de la Constitution fédérale, la Confédération doit notamment veiller à ce que l'agriculture contribue substantiellement à la conservation des ressources naturelles. Sur la base de la législation en vigueur, les offices fédéraux de l'agriculture et de l'environnement ont défini et publié les objectifs environnementaux pour l'agriculture (OEA) afin de remplir le mandat constitutionnel. Les paiements directs constituent l'un des moyens d'atteindre ces objectifs. Bien que le versement des paiements directs soit lié à la fourniture de prestations écologiques et qu'une partie des contributions ait déjà un lien direct avec l'environnement (p. ex. contributions à la biodiversité), une grande partie des objectifs environnementaux de la politique agricole n'ont pas été atteints. Sur mandat de l'Office fédéral de l'agriculture, Agroscope et la société Flury & Giuliani GmbH ont examiné dans la présente étude conceptuelle si les paiements directs basés sur des indicateurs dans le domaine agro-environnemental (PDI) pourraient constituer une alternative aux paiements directs existants liés à l'environnement et si un tel système permettrait de réduire les lacunes en matière d'objectifs agro-environnementaux. Dans ce contexte, le montant des contributions au titre des paiements directs liées à l'environnement dépend de valeurs indicatives, comme nous l'expliquerons plus en détail ci-après.

Le système de paiements directs basé sur des indicateurs (système PDI) a été conçu de manière à ce que les indicateurs des différents thèmes environnementaux s'apparentent aux impacts environnementaux d'une exploitation. Les paiements sont liés aux valeurs des indicateurs et donc à l'impact environnemental. Ils ne font pas de distinction entre les différentes structures d'exploitation et de production, ce qui représente un changement de paradigme par rapport au système actuel des paiements directs: dans le système PDI, une agricultrice ou un agriculteur reçoit par exemple des paiements directs pour avoir renoncé aux produits phytosanitaires à haut risque, indépendamment des cultures qu'il/elle pratique. Les exploitations qui pratiquent des cultures nécessitant peu de produits phytosanitaires sont ainsi également récompensées. L'examen de différents systèmes d'indicateurs (issus du monitoring, de la recherche, du conseil) a montré que la plupart des indicateurs existants ne sont pas adaptés à une utilisation dans un système de paiements directs. C'est pourquoi, dans le cadre de ce projet de recherche, des prototypes d'indicateurs agroenvironnementaux ont été développés au niveau de l'exploitation dans le but d'être utilisés dans un système de paiements directs. Les indicateurs sont conçus différemment en fonction du thème environnemental: alors que certains indicateurs sont basés sur les résultats ou contiennent au moins des composantes basées sur les résultats (p. ex. mesure de la teneur en humus), la majorité se base sur les structures et les mesures agricoles (p. ex. taille du cheptel, renoncement aux produits phytosanitaires à haut risque). Les paiements basés sur des indicateurs sont versés chaque année par hectare de surface agricole utile (ou pour une partie de cette surface). Les paiements sont d'autant plus élevés que les valeurs des indicateurs sont bonnes. Les taux de contribution sont principalement basés sur les estimations existantes des coûts des dommages et dépendent dans plusieurs cas de valeurs seuils. Les valeurs seuils déterminent l'impact environnemental ou la valeur de l'indicateur à partir duquel une exploitation ne reçoit aucun paiement («seuil minimal») ou le paiement maximal («seuil maximal») par hectare. Grâce à ces seuils, le système est flexible et peut être adapté, sans qu'il soit nécessaire de modifier les indicateurs eux-mêmes. Le caractère volontaire d'une participation au système des paiements directs basés sur des indicateurs est une variable qui offre une autre possibilité de moduler le système PDI.

Trois variantes d'un système PDI ont été élaborées. Elles se distinguent par le nombre et la complexité des indicateurs. Dans la variante détaillée, les thèmes environnementaux biodiversité, émissions de gaz à effet de serre, émissions d'ammoniac, nitrates, phosphore, produits phytosanitaires, érosion et humus sont explicitement représentés par des indicateurs spécifiques. Dans la variante simple, les thèmes biodiversité et produits phytosanitaires sont conservés, tandis que les thèmes émissions de gaz à effet de serre, émissions d'ammoniac, nitrates et phosphore sont regroupés sous le thème «protection contre les émissions» et les thèmes érosion et humus sous le thème «protection des sols». Alors que la variante simple séduit notamment par sa lisibilité et le peu de travail qu'elle nécessite en termes d'administration et de collecte de données, la variante détaillée donne aux responsables d'exploitation une plus grande flexibilité dans le choix des mesures et décrit plus précisément l'impact environnemental ou les processus sous-jacents. La variante moyenne se situe entre ces deux extrêmes.

Afin d'évaluer l'effet d'un système PDI et d'estimer les coûts qui y sont liés, différentes simulations SWISSland ont été réalisées. Elles se distinguent par leurs hypothèses concernant le caractère volontaire, la possibilité de paiements

directs négatifs (lorsque les valeurs des indicateurs sont inférieures aux seuils minimaux), les paiements par hectare et les valeurs seuils. Les simulations n'ont toutefois été effectuées que pour la variante simple de PDI, car les autres variantes PDI sont trop complexes pour être modélisées dans SWISSland. Les simulations montrent qu'avec les paiements PDI, une grande partie des exploitations renoncent aux produits phytosanitaires les plus risqués. En outre, dans toutes les simulations SWISSland, les surfaces de promotion de la biodiversité sur les terres arables augmentent nettement en pourcentage, mais leur surface totale reste faible. Dans les domaines des excédents d'éléments nutritifs, des émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac, des réductions sont enregistrées dans la plupart des simulations, mais elles restent modérées avec des baisses maximales de 6,6 % (excédents d'azote) et de 8,2 % (cheptel en UGB). Les améliorations obtenues en matière d'impact environnemental s'accompagnent d'un recul de la production agricole. Les résultats de SWISSland indiquent que les objectifs de la politique agro-environnementale ne peuvent guère être atteints à l'aide d'un système de paiements directs qui serait plus axé qu'aujourd'hui sur lesdits objectifs. Les coûts d'opportunité d'une participation (p. ex. en raison d'une protection douanière élevée) sont trop importants pour de nombreuses exploitations, de sorte qu'une modification de la structure de l'exploitation et de la production ne s'avère pas rentable d'un point de vue économique.

Pour six exploitations sélectionnées, les indicateurs et les paiements PDI de la variante PDI simple et de la variante PDI moyenne ont été calculés avec des données de l'année 2018 et comparés aux paiements directs réels de cette année. Dans l'ensemble, l'analyse a montré une forte corrélation entre les paiements des deux variantes PDI. La contribution à la protection des émissions (combinaison des paiements pour les gaz à effet de serre, des paiements pour l'ammoniac et des paiements pour les nitrates/phosphore) est de loin le paiement dominant, tandis que les paiements pour la biodiversité, les produits phytosanitaires et les sols (combinaison du paiement pour l'érosion et du paiement pour l'humus) sont relativement faibles. Il s'avère que bon nombre des six exploitations étudiées recevaient déjà aujourd'hui des paiements PDI d'un montant considérable sans devoir mettre en œuvre des mesures supplémentaires (risque d'effets d'aubaine), ce qui est dû au concept du système PDI: étant donné que les impacts environnementaux s'apparentent à différents thèmes environnementaux, la plupart des exploitations reçoivent des paiements basés sur des indicateurs, car elles obtiennent de bons résultats dans au moins un domaine environnemental en raison de leur structure. L'introduction du système PDI entraînerait une redistribution significative des paiements directs liés à l'environnement, car le système PDI évalue les prestations environnementales des exploitations différemment du système actuel de paiements directs.

Les trois variantes conceptuelles du système PDI ont été discutées lors d'un atelier réunissant des représentants de l'Office fédéral de l'agriculture, des offices cantonaux de l'agriculture, des services de vulgarisation agricole ainsi que d'autres spécialistes du domaine agro-environnemental. Les résultats des simulations SWISSland et les calculs des exploitations sélectionnées ne faisaient pas partie de l'atelier. L'idée d'un système de paiements directs basé sur des indicateurs a été jugée bonne en soi, mais l'ampleur de l'effet escompté d'un tel système a été relativisée en raison d'autres facteurs qui ont également une influence déterminante sur l'impact environnemental de l'agriculture. Par ailleurs, des adaptations possibles du système ont été proposées, telles qu'une régionalisation ou une combinaison des trois variantes PDI; cette dernière solution pourrait par exemple déboucher sur une participation obligatoire à la variante simple et une participation facultative (au moins au début) à la variante détaillée.

Le système PDI reproduit de manière plus réaliste et plus complète que le système actuel des paiements directs les impacts environnementaux indigènes et les coûts des dommages qui y sont liés pour les exploitations agricoles. Avant d'utiliser les indicateurs dans un système de paiements directs, il serait toutefois indispensable de procéder à une phase de test dans des exploitations pilotes et d'impliquer différentes parties prenantes dans le but de perfectionner les indicateurs. Il s'agit notamment de vérifier si les indicateurs peuvent être mis en œuvre et de les intégrer dans la politique agricole. Le système pourrait également être amélioré en ce qui concerne le conflit d'objectifs suscité par la baisse de la production, par exemple en intégrant explicitement l'énergie digestible produite par une exploitation. Pour que le système PDI puisse déployer son potentiel de réduction des impacts environnementaux, des mesures de soutien seraient nécessaires en dehors du système des paiements directs, qui interviendraient par exemple au niveau d'autres mesures de politique agricole ou de la consommation.

Summary

Indicator-based Direct Payments in the Agri-environmental Sector

According to Article 104 of the Swiss Constitution, the Swiss Confederation shall ensure *inter alia* that the agricultural sector makes a substantial contribution to the conservation of natural resources. Based on current legislation, the Federal Offices for Agriculture and the Environment have derived and published the Agri-Environmental Objectives (AEOs) for the operationalisation of this constitutional obligation. Direct payments constitute one means of achieving these objectives. Although the disbursement of direct payments is contingent on cross-compliance standards and part of the direct payment contributions are already directly related to the environment (e.g. biodiversity payments), the environmental objectives of agricultural policy have for the most part not been achieved. The present conceptual study – conducted on behalf of the Federal Office for Agriculture by Agroscope and Flury & Giuliani Ltd. – attempts to determine whether indicator-based direct payments (IDP) in the agri-environmental sector represent an alternative to the existing environment-related direct payments, and whether such a system could help bridge the gaps in the agri-environmental sector. In the proposed indicator-based direct payment system (IDPS), the environment-related direct payments are dependent upon indicator values, as explained in greater detail below.

The IDPS was designed so that the indicators for individual environmental issues would approximate the environmental impacts of a farm. The payments are linked to the indicator values, and thus to the approximated environmental impact. They do not distinguish between different farm and production structures, which represents a paradigm shift away from the current direct-payment system: for example, in the IDPS a farmer receives direct payments for forgoing the use of high-risk plant-protection products (PPPs), regardless of what crops he or she grows. Hence, farms that cultivate crops requiring low PPP use are also rewarded. The examination of different indicator systems (in the monitoring, research and extension sectors) has shown that the majority of existing indicators are unsuitable for use in a direct-payment system. Consequently, this research project developed prototypes of agri-environmental indicators at farm level tailored for use in a direct-payment system. The indicators differ depending on the environmental issue: whereas individual indicators are result-based, or at least contain result-based components (e.g. measurement of humus content), the majority focus on agricultural structures and measures (e.g. size of animal population, forgoing of high-risk PPPs). The IDP are disbursed annually per hectare of utilised agricultural area (or for a portion of this area), and the better the indicator values, the higher the payments. The payment rates are mainly based on existing damage cost estimates, and in several cases depend on threshold values. The threshold values determine the level of environmental impact or indicator value below which a farm will receive no payment ('minimum threshold') or above which it will receive the maximum payment ('maximum threshold') per hectare. These threshold values render the system flexible and adjustable, with no need to alter the indicators themselves. The degree to which participation is voluntary represents a further option for adapting the IDPS.

Three variants of an IDPS were developed, which differ in terms of the number and complexity of their indicators. In the detailed variant, the environmental issues 'biodiversity', 'greenhouse gas emissions', 'ammonia emissions', 'nitrate', 'phosphorus', 'PPPs', 'erosion' and 'humus' are explicitly illustrated via their own individual indicators. In the simple variant, 'biodiversity' and 'PPPs' remain as separate topics, whilst 'greenhouse gas emissions', 'ammonia emissions', 'nitrate' and 'phosphorus' are subsumed under the topic 'emissions protection', and 'erosion' and 'humus' under the topic 'soil protection'. Whereas the simple variant appeals mainly by virtue of its comprehensibility and the low administrative and data-collection effort it requires, the detailed variant allows farm managers greater flexibility in the choice of measures and describes both the environmental impact and the underlying processes more precisely. The middle variant lies between these two extremes.

To assess the impact of an IDPS and estimate the associated costs, SWISSland simulations were conducted differing in terms of their assumptions regarding voluntariness, the possibility of negative direct payments (for indicator values below the minimum thresholds), disbursements per hectare and threshold values. Simulations were only conducted for the simple IDP variant, however, as the other IDP variants are too complex to be modelled in SWISSland. The simulations show that where IDP payments are disbursed, a majority of the farms forgo the use of the highest-risk PPPs. Furthermore, in all SWISSland simulations the biodiversity priority areas on arable land increase significantly in terms of percentage, whilst their overall area remains small. The categories 'nutrient surpluses', 'greenhouse gas emissions' and 'ammonia emissions' recorded reductions in most simulations, which were rather modest at a maxi-

imum of 6.6% ('N surpluses') and 8.2% ('livestock numbers in LUs'). The improvements achieved in terms of environmental impacts cause a decrease in agricultural production. The SWISSland findings suggest that it would be difficult to achieve the agri-environmental policy objectives solely with the help of a direct-payment system geared more strongly to these objectives than the current system. The opportunity costs for participation (e.g. as a result of high border protection) are too high for many farms, implying that a change in the farm and production structure would not make sense from an economic perspective.

The indicators and IDP payments of the simple and middle IDP variants were calculated for six selected farms with data from 2018 and compared with the actual direct payments of that year. Overall, the analysis showed a high correlation between the payments of both IDP variants. The 'emission protection' payment (a combination of the 'greenhouse gas', 'ammonia' and 'nitrate/phosphorus' payments) is by far the highest payment, whilst the payments for 'biodiversity', 'PPPs' and 'soil' (the combined 'erosion' and 'humus' payments) are relatively low. It appears that many of the six farms studied would already qualify for significant IDP payments without having to implement additional measures (risk of bandwagon effects). This is due to the concept of the IDP system, which approximates the environmental impacts of various environmental issues. Since most farms perform well in at least one environmental sector due to their structure, they receive indicator-based payments. The introduction of the IDPS would entail a significant redistribution of the environmentally related direct payments, since the IDPS assesses the farms' environmental performances differently from the current direct-payment system.

The three conceptual variants of the IDPS were discussed at a workshop with representatives from the Federal Office for Agriculture, cantonal agricultural offices, agricultural extension services and further experts from the agri-environmental sector. The results of the SWISSland simulations and the calculations of the selected farms did not form part of the workshop. The notion of an IDPS *per se* was thought to be positive, but the extent of the expected effect of such a system was put into perspective by further factors likewise having a significant influence on the environmental impacts of agriculture. In addition, possible adaptations to the system were proposed, for example, a regionalisation or a combination of the three IDPS variants. The latter, for instance, could lead to obligatory participation in the simple variant, and (at least initially) optional participation in the detailed variant.

The IDPS illustrates the domestic environmental impacts and the associated damage costs of farms more realistically and comprehensively than the current direct-payment system. Before the indicators could be used in a direct-payment system, however, a test phase on pilot farms as well as the participation of various stakeholders with the aim of refining the indicators would be essential. The main concerns would be to test the enforceability of the indicators as well as to enshrine them in agricultural policy. The system could also be further improved in terms of the trade-off with declining production, e.g. through the explicit inclusion of the produced digestible energy of a farm. Support measures outside of the direct-payment system, focusing for example on other agricultural policy measures or consumption, are essential in order to allow the IDP system to develop its potential to reduce environmental impacts.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Mit den «Umweltzielen Landwirtschaft» haben die Bundesämter für Umwelt und Landwirtschaft auf der Grundlage des geltenden Rechts Ziele mit teils konkreten inhaltlichen und zeitlichen Zielvorgaben für verschiedene Umweltthemen veröffentlicht (BAFU & BLW 2008, BAFU & BLW 2016). In der Zwischenzeit wurden durch weitere Beschlüsse Umweltziele konkretisiert oder Etappenziele gesetzt; ein Beispiel hierfür sind die im Aktionsplan Pflanzenschutzmittel vorgesehenen Reduktionen der Anwendungen und Emissionen von Pflanzenschutzmitteln. Bisher konnte keines der Umweltziele Landwirtschaft vollständig erreicht werden (BAFU & BLW 2016) und es gibt keine Hinweise, dass sich dies mit dem aktuellen agrarpolitischen Setting in naher Zukunft ändern wird. So überschreitet z.B. Nitrat im Grundwasser an 15% der NAQUA-Messstellen den Grenzwert, in den vorwiegend ackerbaulich geprägten Gebieten sind es sogar 40% (BAFU 2019); in kleinen Gewässern mit landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten werden akute und chronische Qualitätskriterien für Pflanzenschutzmittel überschritten (Doppler et al. 2017); die Treibhausgasemissionen sinken nicht wie vorgesehen (BAFU 2021), um eine Reduktion um mindestens einen Drittel zwischen 1990 und 2050 zu erreichen.

Bezüglich Defiziten in der Erreichung agrarumweltpolitischer Ziele steht die Schweiz nicht alleine, sondern folgt einem internationalen Muster. In der westlichen Welt – von den USA (Claassen, 2012) über Norwegen (Hemmings, 2016) bis hin zur EU (Garrod, 2009) – wurden verschiedene Massnahmen eingeführt, um die negativen Umweltauswirkungen landwirtschaftlicher Aktivitäten zu verringern, z.B. Vorschriften, Zahlungen für Agrarumweltmassnahmen, Steuern oder Emissions-/Verbrauchsquoten (Vojtech, 2010). Gleichzeitig kommen Analysen über den Erfolg solcher Massnahmen meist zu der Schlussfolgerung, dass der ökologische Erfolg der Politikmassnahmen eher bescheiden ausfällt (Gocht et al. 2017; Louhichi et al. 2018).

Neben umweltrechtlichen Vorschriften werden in der Schweiz auch Direktzahlungen dazu eingesetzt, um die Umweltauswirkungen der Landwirtschaft zu beeinflussen. Zunächst gibt es den Ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN), der für jeden Betrieb Voraussetzung für den Erhalt von Direktzahlungen ist und einen Minimalstandard bezüglich Umwelt gewährleisten soll. Der ÖLN umfasst u.a. eine ausgeglichene Düngerbilanz (SUISSE-Bilanz), einen Minimalanteil an Biodiversitätsförderflächen (BFF), regelmässige Bodenuntersuchungen, Anforderungen an die Bodenbedeckung und den Erosionsschutz, eine geregelte Fruchtfolge sowie eine Einschränkung bei Voraufbau-Herbiziden, Granulaten und Insektiziden. Im Kontext der Umweltziele sind insbesondere die Biodiversitätsbeiträge, die Ressourceneffizienzbeiträge und ein Teil der Produktionssystembeiträge relevant. Die Ressourceneffizienzbeiträge umfassen Beiträge für schonende Bodenbearbeitung, ammoniakemissionsmindernde Ausbringungsverfahren, stickstoffreduzierte Phasenfütterung von Schweinen, den Einsatz von präzisen Applikationstechniken und Spritzeninnenreinigung bei Pflanzenschutzmitteln sowie die Reduktion von Pflanzenschutzmitteln. Von den Produktionssystembeiträgen sind insbesondere der Biobeitrag, die Extensobeiträge (Teilverzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln) und der Beitrag für graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion für die Dimension Umwelt relevant. Die Beiträge BTS und RAUS hingegen sind als Tierwohlbeiträge deklariert.

Im Projekt «Indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich» (kurz IDZ) wurde untersucht, ob Direktzahlungen an betriebsspezifische Agrarumweltindikatoren gebunden werden können, um eine Reduktion der negativen Umweltwirkungen der Schweizer Landwirtschaft im Vergleich zum heutigen Direktzahlungssystem zu erreichen. Pro Umweltthema gibt es eine grosse Vielfalt existierender Indikatoren, was insbesondere auf die verschiedenen Verwendungszwecke sowie Datengrundlagen für die Berechnungen zurückzuführen ist. Im vorliegenden Projekt bezeichnen wir Zusammenstellungen von Indikatoren, die dasselbe Ziel verfolgen und alle Aspekte eines übergreifenden Themas (z.B. Umwelt) gemäss ähnlichen Prinzipien berücksichtigen und behandeln, als Indikatorsysteme. Indikatorsysteme können ganz unterschiedliche Zwecke verfolgen; Beispiele sind die Ökobilanzmethode SALCA (Gaillard & Nemecek 2009), die für Forschungszwecke verwendet wird, die Zentrale Auswertung von Agrarumweltindikatoren (www.za-ai.ch), deren Indikatoren Monitoringzwecken dienen, oder die betriebliche Nachhaltigkeitsanalyse RISE (Häni et al. 2003, Grenz et al. 2009, Grenz 2013, Thalmann & Grenz 2017), die für die landwirtschaftliche Beratung und die Aus- und Weiterbildung eingesetzt wird (mehr dazu in Kapitel 3.1).

1.2 Zielsetzung

Das übergeordnete Ziel des IDZ-Projekts ist die Entwicklung von indikatorbasierten Direktzahlungen im Agrarumweltbereich, die eine Alternative zu den umweltbezogenen Komponenten des heutigen Direktzahlungssystems (siehe Kapitel 2.1) darstellen. Mithilfe der indikatorbasierten Direktzahlungen sollen die negativen Umweltwirkungen der Schweizer Landwirtschaft reduziert werden. Im Folgenden bezeichnen wir ein Direktzahlungssystem, das solche indikatorbasierten Komponenten enthält, als «IDZ-System». Für das Projekt wurden drei Varianten eines IDZ-Systems ausgearbeitet, die sich durch die Komplexität und die Anzahl der verwendeten Indikatoren unterscheiden. Als weiteres Ziel soll die Wirkung eines IDZ-Systems auf den Sektor Landwirtschaft (Struktur, Produktion, landwirtschaftliches Einkommen etc.) und auf die Umwelt abgeschätzt werden.

Die in diesem Projekt entwickelten indikatorbasierten (Umwelt-)Direktzahlungen beziehen sich ausschliesslich auf den Schutz der Natur beziehungsweise der Umwelt. Andere Ziele wie z.B. Tierwohl, menschliche Gesundheit oder soziale sowie ökonomische Nachhaltigkeit sind nicht Bestandteil des IDZ-Systems und müssen mit anderen Direktzahlungen und/oder Mitteln verfolgt werden.

Bei der Erarbeitung des IDZ-Systems stellt die Sicherstellung der Versorgungssicherheit eine wichtige Beurteilungsgrösse dar. Dies ist insofern relevant, als zwischen der Produktion und den Umweltwirkungen direkte Verbindungen und auch Zielkonflikte bestehen. Die Ziellücken im Bereich Umwelt sollen deswegen nach Möglichkeit geschlossen oder zumindest verkleinert werden, ohne dass die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) zurückgeht, da für die Versorgungssicherheit primär die Erhaltung der Produktionskapazitäten und des Know-Hows bedeutend sind. Wie die übrigen Direktzahlungen müssen auch die indikatorbasierten Direktzahlungen jährlich ausbezahlt werden.

1.3 Struktur des Berichts

Im folgenden Kapitel 2 stellen wir der Verständlichkeit halber das Konzept des IDZ-Systems vor, bevor wir uns in den Kapiteln 3 bis 6 der Methodik, den Resultaten, der Diskussion und der Schlussfolgerung zuwenden.

2 Konzept des IDZ-Systems

2.1 Grundsätze des IDZ-Systems und Einbettung in das heutige Direktzahlungssystem

Das IDZ-System stellt eine Alternative für einen Teil des heutigen Direktzahlungssystems dar. Wie in Abbildung 1 dargestellt, bleiben die Kulturlandschafts- und Landschaftsqualitätsbeiträge im IDZ-System bestehen, die Biodiversitäts- und Ressourceneffizienzbeiträge werden vollständig und die Versorgungs- und Produktionssystembeiträge teilweise¹ in das IDZ-Budget übergeführt. Von den Versorgungssicherheitsbeiträgen werden sowohl die Basisbeiträge als auch die Beiträge für offene Ackerflächen und Dauerkulturen gestrichen, obwohl es sich hierbei um keine Umweltbeiträge handelt. Der Grund dafür ist, dass die Wirkung des IDZ-Systems vom zur Verfügung stehenden Budget abhängt und wir in diesem Projekt testen wollten, wie hoch die maximale Wirkung des Systems ist. Durch die Streichung eines Teils der Versorgungssicherheitsbeiträge steht ein höheres Budget für umweltgerichtete Direktzahlungen zur Verfügung. Der ÖLN bleibt als Voraussetzung für alle Direktzahlungen weiterhin bestehen. Somit wird für alle Betriebe, die Direktzahlungen erhalten, ein minimaler Umweltstandard unabhängig von den IDZ-Zahlungen garantiert.

Für die Entwicklung der Indikatoren haben wir uns auf den heutigen ÖLN (Stand 01.01.2021) gestützt. Ändert sich der ÖLN, müssen gewisse IDZ-Indikatoren angepasst werden, da sich das IDZ-System (und seine Indikatoren) auf Aspekte fokussiert, die nicht bereits durch den ÖLN oder für den Betrieb relevante Umweltvorschriften abgedeckt sind. Es ist vorstellbar, dass bei einer allfälligen Einführung von IDZ der ÖLN zumindest teilweise durch IDZ-Indikatoren ersetzt wird. Beispielsweise könnte in Zukunft der Nährstoffindikator aus IDZ, verbunden mit einem zu erreichenden Mindestwert, die heutige Suisse-Bilanz ersetzen.

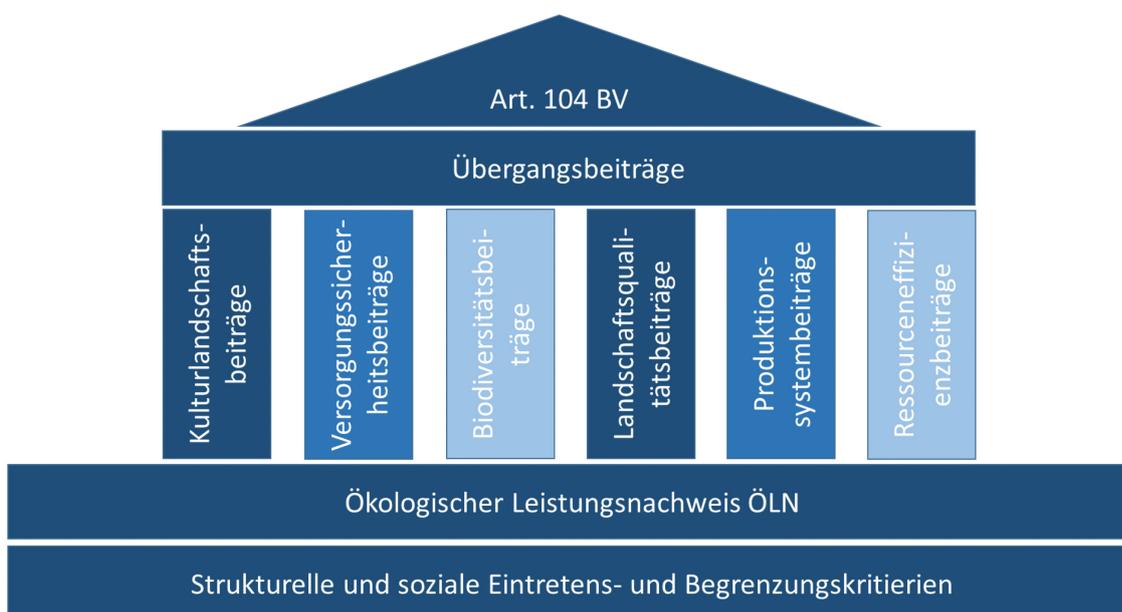


Abbildung 1: Darstellung des heutigen Direktzahlungssystems¹. Dunkelblaue Komponenten bleiben im IDZ-System unverändert. In hellblau die Beiträge, die vollständig durch indikatorbasierte Direktzahlungen ersetzt werden und in mittelblau jene, die teilweise ersetzt werden.

Im IDZ-System werden diejenigen Umweltthemen betrachtet, die als besonders relevant angesehen werden (siehe Kapitel 3.2). Für jedes Umweltthema wird ein eigener Indikator definiert. Dabei soll es möglichst keine Vermischung

¹ Die Erschwerniskomponente bei den Versorgungssicherheitsbeiträgen und die Tierwohlbeiträge bei den Produktionssystembeiträgen bleiben bestehen bzw. werden nach dem aktuellen System ausbezahlt.

verschiedener Umweltthemen geben, insbesondere, um möglicherweise bestehende Zielkonflikte abbilden zu können. Ist beispielsweise eine Massnahme förderlich für die Bodenqualität, aber nachteilig für die Ökotoxizität, sollen die verschiedenen und nicht der einzelne Indikator diesen Zielkonflikt widerspiegeln.

Jeder Indikator ist mit einer Zahlung verknüpft, die sich an den entstandenen Schadenskosten orientiert; für die Schadenskosten wurden Werte aus der Literatur herangezogen (siehe Kapitel 3.4; 4.2). Des Weiteren hängen die Zahlungen bei einigen dieser Umweltthemen von Schwellenwerten ab: Die Minimalschwelle definiert den Indikatorwert, ab welchem ein Betrieb Zahlungen erhalten kann (z.B. für Treibhausgasemissionen 6 t CO_{2eq}/ha, illustriert in Abbildung 2), während die Maximalschwelle den Indikatorwert festlegt, bei welchem der Betrieb maximale Zahlungen erhält (z.B. 0 t CO_{2eq}/ha). Um wie oben beschrieben eine Vermischung von Umweltthemen zu verhindern, werden die indikatorbasierten Zahlungen für die verschiedenen Umweltthemen voneinander unabhängig und additiv berechnet.

Die IDZ-Indikatoren beschränken sich nicht auf umsetzbare betriebliche Massnahmen in der Bewirtschaftung (z.B. Verwendung von Schlepplach), sondern approximieren die gesamte Umweltwirkung eines Landwirtschaftsbetriebs, die massgeblich durch seine Struktur mitbestimmt wird. Somit gestalten sich die IDZ-Zahlungen unabhängig von der Betriebsausrichtung, was ein **Paradigmenwechsel** zum heutigen Direktzahlungssystem darstellt: Derzeit wird ein Landwirt oder eine Landwirtin belohnt, wenn er/sie z.B. bei Getreide oder Raps auf Insektizide verzichtet (Extenso). Im IDZ-System erhält auch eine Landwirtin oder ein Landwirt Zahlungen, wenn er keinen Ackerbau betreibt und entsprechend keine Pflanzenschutzmittel einsetzt. Somit fördert das IDZ-System und dessen Ausgestaltung (z.B. Höhe der Minimal- und Maximalschwellen) auch Änderungen in den Produktions- und Betriebsstrukturen von Landwirtschaftsbetrieben, die zu geringeren Umweltwirkungen führen.

Wie im heutigen Direktzahlungssystem (insbesondere Versorgungssicherheitsbeiträge) entstehen auch mit den ausgestalteten Direktzahlungen im IDZ-System sogenannte «Mitnahmeeffekte»: Die allermeisten Betriebe werden im IDZ-System gewisse Umweltzahlungen erhalten, ohne Änderungen vornehmen zu müssen. Es werden dadurch insbesondere diejenigen Betriebe belohnt, die sich unabhängig vom IDZ-System für umweltfreundliche Strukturen entschieden haben. Für Betriebe, die sich bezüglich ihrer ökologischen Performance weit unterhalb der Minimalschwellen befinden, mag die Anreizwirkung für die Teilnahme an IDZ-Zahlungen zum Teil sehr schwach sein. Es wurde daher eine IDZ-Ausgestaltung geprüft, die Mitnahmeeffekte durch negative Direktzahlungen reduziert: Schneidet ein Betrieb in einem oder mehreren Umweltbereichen schlecht ab, werden in dieser Ausgestaltung die entsprechenden Zahlungen negativ. Im oben angeführten Beispiel zu den Treibhausgasemissionen würden also Betriebe mit >6 t CO_{2eq}/ha für den Treibhausgasbeitrag in den negativen Bereich für dieses Umweltthema fallen (siehe gepunktete Linie in Abbildung 2).

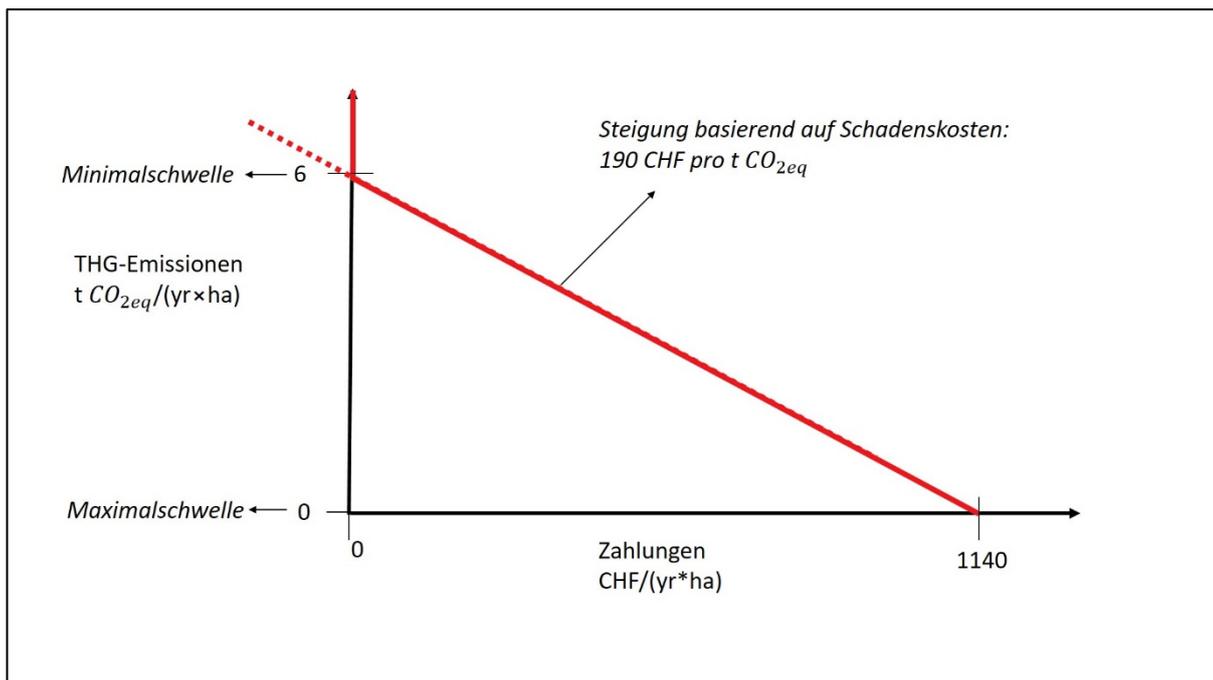


Abbildung 2: Illustration von Zahlungen pro ha, Minimal- und Maximalschwellen sowie der Option von negativen Zahlungen (gepunktete Linie) im IDZ-Konzept.

2.2 Berücksichtigung des Standorts und Wahl der Bezugsgrösse

Der Standort kann im IDZ-System berücksichtigt werden, wenn die Umweltwirkung damit zusammenhängt. Beispielsweise kann Erosion nur auftreten, wenn Parzellen eine bestimmte Hangneigung aufweisen. Die Erosionszahlungen auf landwirtschaftliche Flächen zu beschränken, die ein erhöhtes potentielles Erosionsrisiko aufweisen, ist somit im Rahmen des IDZ-Konzepts legitim. Hingegen ist es nicht im Sinn des IDZ-Konzepts, Pflanzenschutzmittelzahlungen für Betriebe zu streichen, die keinen Ackerbau betreiben können (z.B. Betriebe im Berggebiet), da mit dem IDZ-System wie oben beschrieben die Gesamtumweltwirkung jedes Betriebs berücksichtigt werden soll. Führen die Standortbedingungen eines Betriebs zu reduzierten Umweltwirkungen, soll sich dies nach Möglichkeit im IDZ-System widerspiegeln. Ob und wie der Standort ins IDZ-System einfließt, hängt jedoch auch von der zulässigen Komplexität des Systems sowie verfügbaren Datengrundlagen ab.

Für die Berechnung der Indikatoren muss eine Bezugsgrösse definiert werden. Diese erlaubt eine normierte Skalierung der Umweltwirkungen bezüglich Betriebsgrösse; grosse Betriebe dürfen so z.B. insgesamt mehr Treibhausgase emittieren als kleine. Wir verwenden die LN multipliziert mit der Zeit ($\text{ha} \times \text{Jahr}$) als Bezugsgrösse, weil diese konsistent ist mit dem übergeordneten Konzept der Multifunktionalität des IDZ-Systems (Umweltfunktion, Versorgungsfunktion) und weil der Grossteil der heutigen Direktzahlungen ebenfalls in CHF/ $(\text{ha} \times \text{Jahr})$ ausbezahlt wird². Die meisten Beträge werden somit bezogen auf die gesamte LN oder einen Teil der Fläche (z.B. BFF) bezahlt. In wenigen Ausnahmen sind Beiträge pro Betrieb vorgesehen (z.B. Verwendung Humusbilanzrechner ja/nein).

2.3 IDZ-Varianten

Bei der Ausgestaltung eines IDZ-Systems und der Wahl der Indikatoren gibt es weitere Aspekte, die beachtet werden müssen: Beispiele sind etwa die Flexibilität bei der Wahl der Massnahmen, um eine bessere Umweltwirkung zu erreichen, oder der administrative Aufwand für den Betrieb zur Erhebung der erforderlichen Betriebsdaten (z.B. Humusgehalt im Boden, ausgebrachte Stickstoffmenge). Dabei kommt es zu Zielkonflikten, weil kein Direktzahlungssystem alle Anforderungen gleichzeitig bestmöglich erfüllen kann. Aus diesem Grund haben wir drei verschiedene Varianten des IDZ-Systems erarbeitet (siehe Abbildung 3), die im Folgenden «IDZ-Varianten» genannt werden:

- Die detaillierte Variante berücksichtigt acht Umweltthemen mit vergleichsweise komplexen Indikatoren; die Wahl der Umweltthemen wird in Kapitel 3.2 beschrieben. Mit dieser Variante kann die Umweltwirkung am differenziersten abgebildet werden. Ausserdem ermöglicht sie den Betrieben eine gewisse Flexibilität bei der Wahl der Massnahmen.
- Im Gegensatz dazu reduziert die einfache IDZ-Variante auf übergeordnete Umweltthemen sowie die wichtigsten Einflussgrössen. Zu letzteren zählen insbesondere Betriebs- und Produktionsstrukturen sowie der gesamtbetriebliche Einsatz von Produktionsmitteln (z.B. Stickstoffdünger). Vorteile des einfachen Systems sind seine gute Kontrollierbarkeit sowie die einfache Operationalisierbarkeit, die beide mit dem geringen Aufwand für die Erfassung der Daten zusammenhängen.
- Die mittlere Variante liegt zwischen diesen beiden Extremen.

² CHF/ $(\text{ha} \times \text{Jahr})$ ist dasselbe wie CHF/ha/Jahr

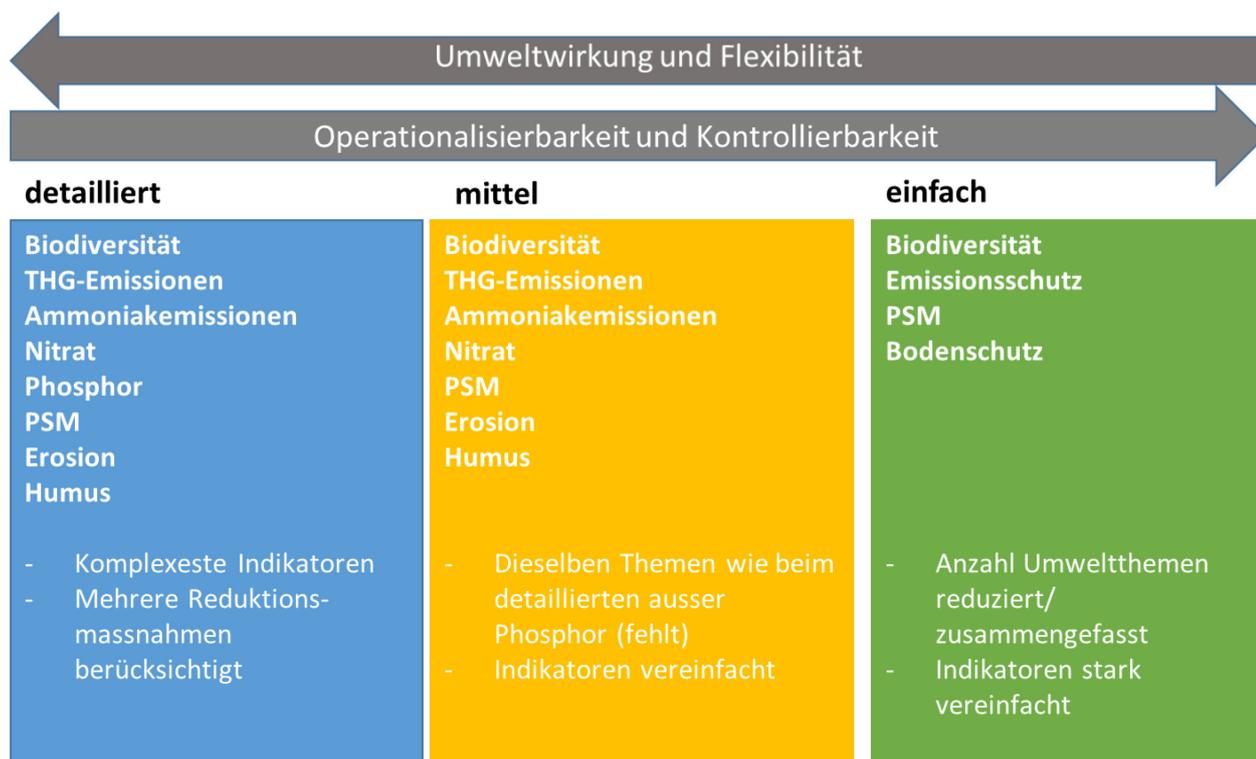


Abbildung 3: Die 3 IDZ-Varianten und die jeweils berücksichtigten Umweltthemen im Überblick.

3 Methodik

3.1 Bestehende Indikatorsysteme

Sowohl für die Wahl der Umweltthemen, die im IDZ-System berücksichtigt werden, als auch für die Herleitung der IDZ-Indikatoren haben wir uns an bestehenden Indikator-Systemen orientiert.

Laut Ciegis et al. (2015) ist ein Indikator ein quantitatives oder qualitatives Mass, welches aus einer Reihe von erhobenen Daten abgeleitet wird und den Zustand eines bestimmten Nachhaltigkeitsaspekts zusammenfassend abbildet. Eine weitere, etwas umfassendere Definition liefert die OECD (1993): „*A parameter, or a value derived from parameters, which points to/ provides information about/ describes the state of a phenomenon/ environment/ area, with a significance extending beyond that directly associated with a parameter value.*“³ Kennzeichnend für Indikatoren ist, dass sie sowohl horizontale Vergleiche (z.B. Treibhausgasemissionen verschiedener Betriebe) als auch vertikale Vergleiche (z.B. zeitliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen über eine längere Periode; Bockstaller et al. (2006)) erlauben.

Viele Indikatorsysteme enthalten Indikatoren für die Bewertung der gesamten Nachhaltigkeit, d.h. es werden ökologische, ökonomische und soziale Aspekte bewertet. In diesen Fällen haben wir uns auf die ökologischen/umweltbezogenen Indikatoren beschränkt. Die folgenden Indikatorsysteme wurden für die Herleitung geeigneter IDZ-Indikatoren berücksichtigt, weil sie in der Schweiz oder im angrenzenden Ausland verwendet werden und gleichzeitig breites Spektrum an Verwendungszwecken und Komplexität aufweisen:

- **RISE (Häni et al. 2003, Grenz et al. 2009, Grenz 2013, Thalmann & Grenz 2017):** RISE (Response-Inducing Sustainability Evaluation) ist dazu gedacht, die Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben ganzheitlich zu bewerten. In erster Linie dient die Methode der landwirtschaftlichen Beratung und Ausbildung. Sie wurde in der Schweiz (Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL) entwickelt, wird aber international verwendet.
- **SALCA (Gaillard & Nemecek 2009):** SALCA («Swiss Agricultural Life Cycle Assessment») ist eine Ökobilanzmethode, die für die Schweiz auf landwirtschaftliche Gegebenheiten angepasst wurde. Sie wurde von Agroscope entwickelt und wird für Forschungszwecke und die Beantwortung gesellschaftlich relevanter Fragestellungen eingesetzt.
- **SMART (Schrader et al. 2016, 2019):** SMART («Sustainability Monitoring and Assessment RouTine») richtet sich nach den Leitlinien zur Nachhaltigkeitserfassung der FAO von 2014 (Sustainability Assessment of Food and Agricultural Systems – SAFA). Die Methode wurde am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) entwickelt und wird weltweit für Nachhaltigkeitsbewertungen im Agrar- und Lebensmittelsektor eingesetzt.
- **ZA-AUI (www.za-aui.ch):** Die Zentrale Auswertung von Agrarumweltindikatoren (ZA-AUI) berechnet seit 2009 für das Schweizer Agrarumweltmonitoring jährlich Indikatoren auf Betriebsebene. Die Rechtsgrundlage des Agrarumweltmonitorings bildet die Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Die Indikatoren der ZA-AUI dienen als Wissensgrundlage für politische Entscheidungsträger und zur Information der Öffentlichkeit. Im Gegensatz zu den anderen Indikatorsystemen nimmt die ZA-AUI keine explizite Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Betrieben anhand der Indikatoren vor.
- **IDEA (Version 3; Zahm et al. 2008):** Die Indikatoren von IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) werden seit 1999 von WissenschaftlerInnen verschiedener französischer Institute (z.B. INRA, Irstea) und Landwirtschaftsschulen (z.B. Agrocampus, AgroSup Dijon) weiterentwickelt. Sie werden dazu verwendet, die Nachhaltigkeit von Betrieben in Frankreich bezüglich aller drei Säulen zu evaluieren.
- **KSNL (Breitschuh et al. 2008):** Das Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL) wurde an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern und Beratern entwickelt und stellt eine betriebliche Nachhaltigkeitsanalyse aller drei Dimensionen dar.

³ Übersetzung: «Ein Parameter oder ein von Parametern abgeleiteter Wert, der auf den Zustand eines Phänomens/einer Umgebung/eines Bereichs hinweist/ Informationen darüber liefert/den Zustand beschreibt, mit einer Bedeutung, die über die unmittelbar mit einem Parameterwert verbundene hinausgeht.»

3.2 Wahl der Umweltthemen

Hauptziel des IDZ-Systems ist es, die negativen Umweltwirkungen der Schweizer Landwirtschaft zu reduzieren. Dabei fokussieren wir uns auf den Schutz der Natur, das heisst von Tieren und Pflanzen sowie ihren Lebensgemeinschaften und Lebensräumen. Für die Wahl der Umweltthemen, die im IDZ-System behandelt werden, haben wir uns an den Umweltzielen Landwirtschaft, an ausgewählten bestehenden Indikatorsystemen (siehe Kapitel 3.1) sowie an aktuellen agrarpolitischen Schwerpunkten orientiert. Tabelle 1 zeigt auf, wie gut die Umweltziele Landwirtschaft (BAFU und BLW 2008) von den ausgewählten Indikatorsystemen thematisch abgedeckt werden. Die Zuordnung zu den Umweltzielen ist dabei nicht immer eindeutig: Enthält ein Indikatorsystem beispielsweise Indikatoren, die den Stickstoffeinsatz beschreiben, haben wir die Umweltziele Nitrat und stickstoffhaltige Luftschadstoffe als abgedeckt betrachtet.

Die Themen Biodiversität, Stickstoffhaltige Luftschadstoffe, Nährstoffe (Nitrat und Phosphor), Pflanzenschutzmittel und Bodenerosion kommen in allen Indikatorsystemen vor, weswegen sie im IDZ-System berücksichtigt werden. Dasselbe gilt für das Thema Treibhausgasemissionen, das bis auf IDEA in allen Indikatorsystemen vorkommt und politisch von grosser Bedeutung ist. Die übrigen Themen sind nicht Bestandteil des hier vorgestellten IDZ-Systems. Für die Nicht-Berücksichtigung dieser Umweltthemen gab es, abgesehen von der unvollständigen Abdeckung durch die Indikatorsysteme, weitere Gründe: Beispielsweise wird erwartet, dass das Umweltziel Dieseleruss (20 t/a) durch Partikelfilter, die EU-V-Emissionsgrenzwerte erfüllen, ungefähr zwischen 2040 und 2045 ohne zusätzliche Massnahmen erreicht wird (BAFU 2015).

Ins IDZ-System finden keine Umweltthemen Eingang, die nur in den Indikatorsystemen, nicht aber in den Umweltzielen Landwirtschaft vorkommen; Beispiele hierfür sind Energie oder Bewässerung. Die einzige Ausnahme bildet Humus, denn dieser ist (neben anderen Aspekten) zentral für die Bodenfruchtbarkeit, die in den Umweltzielen Landwirtschaft mehrfach erwähnt wird.

Tabelle 1: Abdeckung der Umweltziele Landwirtschaft durch ausgewählte Indikatorsysteme. Die im IDZ-System berücksichtigten Umweltthemen sind in blauer Farbe hervorgehoben. (Zusätzlich wird das Thema Humus berücksichtigt.)

	RISE	SALCA	SMART	ZA-AUI	IDEA	KSNL
Biodiversität und Landschaft						
Biodiversität	x	x	x	x	x	x
Landschaft	x				x	x
Gewässerraum						
Klima und Luft						
Treibhausgase	x	x	x	x		x
Stickstoffhaltige Luftschadstoffe	x	x	x	x	x	x
Dieseleruss			(x)			
Wasser						
Nitrat	x	x	x	x	x	x
Phosphor	x	x	x	x	x	x
Pflanzenschutzmittel	x	x	x	x	x	x
Arzneimittel			(x)	(x)	x	
Boden						
Schadstoffe im Boden	(x)	x	x	x		
Bodenerosion	x	x	x	x	x	x
Bodenverdichtung	x	x	x			x

Somit werden insgesamt acht Umweltthemen in IDZ-System einbezogen, für die in der Folge geeigneten Indikatoren ausgewählt beziehungsweise erarbeitet wurden:

1. Biodiversität
2. Treibhausgasemissionen
3. Ammoniakemissionen
4. Nitrat
5. Phosphor
6. Pflanzenschutzmittel
7. Bodenerosion
8. Humus

Diese Umweltthemen werden in der detaillierten IDZ-Variante explizit berücksichtigt und durch spezifische Indikatoren abgedeckt. Für die vereinfachten Varianten von IDZ (einfach und mittel) werden die Themen weiter zusammengefasst, wo Synergien es erlauben (Abbildung 3): Für die mittlere Variante wird das Thema Phosphor wegen der Korrelation zwischen dem Einsatz von Stickstoffdünger und Phosphatdünger fallengelassen. Für die einfache Variante werden die Themen Treibhausgase, Ammoniakemissionen und Nitrat/Phosphor zum Thema «Emissionschutz» zusammengefasst, da diese alle mit dem Tierbestand und der Düngung zusammenhängen. Des Weiteren werden die Themen Bodenerosion und Humus zum Thema «Bodenschutz» aggregiert.

3.3 Herleitung der Indikatoren

3.3.1 DPSIR-Konzept und resultat- versus massnahmenbasiert

Eine wichtige Frage bei der Herleitung der Indikatoren war, auf welcher Stufe in der Wirkungskette die Indikatoren ansetzen sollen (siehe DPSIR-Modell weiter unten) oder – damit in Zusammenhang stehend – ob vorwiegend massnahmenbasierte oder resultatbasierte Indikatoren ins IDZ-System aufgenommen werden sollen. Im Folgenden erläutern wir diese Begriffe und begründen die für das IDZ-System gewählten Ansätze.

Für eine Einordnung und Klassifikation von Indikatoren wird häufig das DPSIR-Modell herangezogen. Dieses beruht auf dem PSR-System, welches die «Organisation for Economic Co-operation and Development» entwickelt hat, um die verschiedenen Handlungsfelder eines Entscheidungsträgers abzudecken (OECD 1994). Das System wurde von der «European Environment Agency» zum DPSIR-Modell weiterentwickelt und harmonisiert (EEA 1999, EEA 2005) und umfasst die folgenden fünf Ebenen:

- D= Driving Forces: Antriebsindikatoren (z.B. Energie-/Mineraldüngerverbrauch, landwirtschaftliche Praktiken)
- P= Pressure: Belastungsindikatoren (z.B. Treibhausgasemissionen, Stickstoffbilanz)
- S= State: Zustandsindikatoren (z.B. atmosphärische CO₂-Konzentration, Nitratgehalt im Grundwasser)
- I= Impact: Auswirkungsindikatoren (z.B. Treibhauseffekt, Eutrophierung von Seen, terrestrische Ökotoxizität)
- R= Response: Massnahmenindikatoren (z.B. Agrarumweltverpflichtungen, Mindestschwelle für BFF)

Resultat-basierte Agrarumwelt-Zahlungen fokussieren darauf, Betriebe für den Umweltzustand zu bezahlen statt für die Massnahmen, die sie unternehmen, um diesen Zustand zu erreichen. Resultat-basierte Zahlungen haben den Vorteil, dass sie den Bewirtschaftenden eine hohe Flexibilität ermöglichen, den gewünschten Umweltzustand zu erreichen. Ausserdem sind sie direkter mit der Umweltwirkung verknüpft. Massnahmen-basierte Zahlungen hingegen haben den Vorteil, den Betriebsleitenden eine grössere Planungssicherheit zu gewähren, da die Zahlungen nicht von Grössen abhängen, die sie selbst nicht beeinflussen können. Des Weiteren können massnahmen-basierte Zahlungen jenen Landwirten und Landwirtinnen als Hilfestellung dienen, die das Umweltsystem nicht genügend verstehen.

In vielen Fällen sind Antriebsindikatoren (z.B. Einsatz von Pflanzenschutzmitteln) für massnahmen-basierte Zahlungssysteme geeignet, während Zustandsindikatoren (z.B. Humusgehalt im Boden) für resultat-basierte Zahlungen herangezogen werden können. Allerdings ist diese Unterscheidung nicht immer gegeben: Beispielsweise kann man Zahlungen, die an den Milchharnstoffgehalt gekoppelt sind, als resultatorientiert bezeichnen. Dagegen stellt der

Milchharnstoffgehalt kein Zustandsindikator dar, weil er nicht den Zustand der Umwelt selbst (z.B. die atmosphärische Ammoniakkonzentration) widerspiegelt.

In den letzten Jahren gab es in verschiedenen Ländern Projekte, die das Potential von resultatbasierten Zahlungen untersucht haben: In der Region Kaindorf sowie im Kanton Baselland wurden als CO₂-Kompensationsprojekte Zahlungssysteme für den Humusaufbau entwickelt. Im Deutschen Förderprogramm MEKA (Folgeprogramm: FAKT) wurden höhere Beiträge ausbezahlt für Blumenwiesen mit vier oder mehr Arten des Extensivgrünlandes als für den alleinigen Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel. Im RBAPS-Projekt aus Irland und Spanien wurden ebenfalls resultat-basierte Themen entwickelt, um die Biodiversität zu fördern. Dabei wurde auf die Arbeit aus dem irischen Burren-Programm zurückgegriffen, das ein Hybrid-System zwischen massnahmen- und resultatorientierten Zahlungen darstellt. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass im Fokus dieser resultat-basierten Zahlungen die Themen Biodiversität und Humusgehalt standen. Im Folgenden zeigen wir für die Umweltthemen, die im IDZ-System berücksichtigt werden, welche Art von Indikatoren aus unserer Sicht am geeignetsten sind.

Die klassische Unterscheidung zwischen massnahmen- und resultatbasiert greift für diesen Zweck jedoch zu kurz. Beispielsweise berücksichtigen einige der in diesem Projekt entwickelten Indikatoren (Kapitel 4.1) den Tierbestand eines Betriebs (in GVE/ha), weil diese Grösse z.B. mit den Treibhausgasemissionen korreliert. Stellt diese Grösse nun eine massnahmenbasierte Grösse dar, weil sie dazu animieren soll, den Tierbestand zu senken? Oder eine resultatbasierte Grösse, weil der Tierbestand selbst das Resultat ist? Da in diesem Fall die Unterscheidung unklar ist, führen wir eine dritte Art von Umweltzahlungen ein, die wir «struktur- und produktionsbasiert» nennen.

3.3.1.1 Biodiversität

Für die Biodiversität existiert bereits im heutigen DZ-System eine Mischung aus massnahmen-, resultat- und struktur-/produktionsbasierten Zahlungen: Beispielsweise werden extensive Wiesen (→ Struktur/Produktion) der Qualitätsstufe I durch ihre Bewirtschaftung definiert (z.B. Düngeverbot → Massnahme), während auf extensiven Wiesen mit Qualitätsstufe II regelmässig Indikatorpflanzen (→ Resultat) vorkommen müssen. Ein kompletter Umstieg auf Zahlungen, die nur auf das Vorhandensein von Indikatorpflanzen zurückgreifen, ist zwar denkbar (die einfache IDZ-Variante geht in diese Richtung), kann allerdings auch Probleme mit sich bringen: Beispielsweise liegt das Auftreten von Indikatorpflanzen nicht nur in der Macht der Bewirtschaftenden der jeweiligen Parzelle, sondern hängt von weiteren Faktoren ab, die die Bewirtschaftenden nicht beeinflussen können (z.B. die Ammoniakemissionen der Nachbarn). Es kann somit als ungerecht empfunden werden, wenn ein Betrieb trotz der Umsetzung vieler biodiversitätsfördernder Massnahmen keine Zahlungen erhält, solange er keinen zufriedenstellenden Umweltzustand erzielt.

3.3.1.2 Treibhausgas- und Ammoniakemissionen

Für die Themen Treibhausgas- und Ammoniakemissionen stellt der Umweltzustand die Konzentration der jeweiligen Gase in der Atmosphäre dar. Aus diesen Konzentrationsmessungen kann man aber nicht oder nur mit extrem hohem Aufwand (Modellierung und sehr dichtes Messnetz) ableiten, wie hoch die Emissionen der einzelnen Betriebe waren. Auch die Messung der Treibhausgas- und Ammoniakemissionen jedes Landwirtschaftsbetriebs stellt ein Ding der Unmöglichkeit dar, weil solche Messungen enorm aufwändig und anspruchsvoll sind. Machbar ist hingegen, die Treibhausgas- und Ammoniakemissionen der Betriebe anhand ihrer Struktur sowie ihrer landwirtschaftlichen Praktiken approximativ zu berechnen. Die Komponenten, die für diese Berechnungen verwendet werden, können struktur-/produktionsbasiert (z.B. GVE/ha), massnahmenbasiert (z.B. finanzieller Anreiz für Phasenfütterung Schweine) oder resultatbasiert (Milchharnstoffgehalt oder Wasserstand der Böden) sein.

3.3.1.3 Nährstoffe

Für die Themen Nitrat und Phosphor ist deren Konzentration im Grundwasser respektive in Oberflächengewässern der entscheidende Zustandsindikator. Um von den Konzentrationen in den Gewässern auf die Nährstoffemissionen einzelner Betriebe rückschliessen zu können, bräuchte es viele zusätzliche Messungen (z.B. in Bächen) sowie aufwändige und mit grosser Unsicherheit behaftete Modellierungen. Zudem gibt es insbesondere für Stoffe im Grundwasser eine beträchtliche zeitliche Verzögerung zwischen den umweltrelevanten Massnahmen der Bewirtschaftenden und dem resultierenden Umweltzustand, was den Anreiz für Betriebe reduzieren dürfte. Jedoch können Nitrat- und Phosphormessungen in Böden als resultatbasierte Komponenten verwendet werden: Diese beeinflussen die

Nährstoffauswaschung, spiegeln die vergangene Düngepraxis wider und bestimmen insbesondere im Fall von Phosphor mit, wieviel in den nächsten Jahren gedüngt werden sollte. Alternativ können auch Antriebsindikatoren verwendet werden, die bei der Düngepraxis ansetzen und somit bei der Betriebsstruktur und geeigneten Massnahmen (z.B. extensivere Bewirtschaftung).

3.3.1.4 Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel können auf verschiedene Biotope einen schädlichen Einfluss haben. Im Falle von Wirkstoff- und Metabolitenkonzentrationen in Oberflächengewässern und im Grundwasser gelten dieselben Überlegungen wie bei den Nährstoffen. Inwiefern Rückstände in anderen Biotopen (z.B. Bodenproben) als direktzahlungsrelevante Komponenten verwendet werden können, ist unklar. Generell ist die Bestimmung aller relevanten Wirkstoffe und Metaboliten mit Sicherheit viel aufwändiger als im Falle von einzelnen Grössen wie Phosphor oder Humus. Grundsätzlich empfehlen wir für Pflanzenschutzmittelindikatoren, in der Wirkungskette vor dem Zustand anzusetzen, also bereits bei der Ausbringung der Mittel. Durch Zahlungen, die der Anwendung bestimmter Pflanzenschutzmittel entgegenwirken, wird ein Umstieg auf Kulturen gefördert, die keine oder kaum Pflanzenschutzmittel mit hohem Risiko benötigen. Daneben können technische Massnahmen wie z.B. driftreduzierende Düsen finanziell gefördert werden.

3.3.1.5 Boden

Für das Thema Boden sind Zustandsindikatoren im Rahmen des IDZ-Systems sinnvoller als für viele andere Themen, weil die Umweltwirkung lokal erfolgt und damit ein direkterer räumlicher Zusammenhang zwischen der Bewirtschaftung und dem Umweltzustand besteht. Besonders prädestiniert sind Grössen, die sich im Labor messen lassen, wie z.B. der Humusgehalt. Da Bodeneigenschaften räumlich stark variieren, ist es jedoch wichtig, genügend Bodenproben zu nehmen. Für Erosion sind Zahlungen, die an den Umweltzustand geknüpft sind, grundsätzlich denkbar. Im Gegensatz zum analytisch bestimmbar organischen Bodenkohlenstoff muss die Erosion jedoch von den Kontrolleuren mit Augenmass bestimmt werden, was ungenauer sein dürfte. Des Weiteren müsste geregelt werden, wie man damit umgeht, wenn im Falle von extremen Starkniederschlägen Erosion auftritt, obwohl eine bodenschonende Bewirtschaftung vorgenommen wurde.

3.3.1.6 Zusammenfassung

Aus den genannten Gründen werden im IDZ-System vorwiegend Antriebs- und Belastungsindikatoren und nur in wenigen Fällen Zustandsindikatoren verwendet. In die Antriebs- und Belastungsindikatoren können nebst struktur-/produktionsbasierten und massnahmenbasierten Grössen auch resultatbasierte Komponenten einfließen, wie beispielsweise der gemessene Milchwahnharnstoffgehalt oder der Phosphorgehalt in den Böden.

3.3.2 Kriterien für Agrarumweltindikatoren eines Direktzahlungssystems

Im Rahmen des IDZ-Projekts wurden zuerst existierende Indikatoren (aus den Indikatorsystemen in Kapitel 3.1 sowie weiteren Quellen) auf ihre Eignung geprüft. Dabei stützten wir uns vorwiegend auf folgende Kriterien, welche für die Auswahl von Indikatoren für ein Direktzahlungssystem relevant sind (die Reihenfolge widerspiegelt die Wichtigkeit der Kriterien):

- i) Umweltrelevanz
- ii) Sensitivität auf Massnahmen des Landwirts/der Landwirtin
- iii) Politikrelevanz; Qualität (d.h. Überprüfung der Datenqualität, Genauigkeit der Indikatoren)
- iv) Dauer der Datenerhebung

Die Analyse von gängigen Indikatoren zeigte, dass diese für einen direkten Einsatz im IDZ-System zumeist ungeeignet sind, da deren Fokus nicht mit den Zielen des IDZ-Systems übereinstimmt. Wie in Roesch et al. (2018) beschrieben, unterscheiden sich bestehende Indikatorsysteme in ihrer Methode, weil sie unterschiedliche Fragestellungen und Zielgruppen anvisieren. Da keines der analysierten Indikatorsysteme dieselben Fragestellungen und Zielgruppen wie das IDZ-Projekt hat, ist es nachvollziehbar, dass keines für das IDZ-System geeignet ist. So sind etwa die Systeme SALCA und REPRO vor allem für wissenschaftliche Analysen geeignet und komplex, was mit einem sehr grossen (zeitlichen) Aufwand für die Datenerhebung und Indikatorberechnung verbunden ist – zu gross für die Einbindung in das IDZ-System. Andere Indikatorsysteme wie z.B. RISE oder SMART, die in erster Linie als Beratungstools fungieren, verwenden zum Teil Indikatoren, welche sich vorwiegend auf die Einschätzung von

ExpertInnen abstützen. Damit sind sie für das IDZ-System ungeeignet, denn die unabhängige Überprüfbarkeit nötiger Inputdaten zur Bestimmung von IDZ-Indikatoren ist von höchster Bedeutung. Ein weiterer Grund, Indikatoren bestehender Systeme nicht ins IDZ-System zu übernehmen, kann in einer schwierigen Übertragung auf Schweizer Verhältnisse liegen (z.B. gewisse Indikatoren aus KSNL). Die von Experten und Expertinnen zusammengesuchten und im Hinblick auf das IDZ-System grob bewerteten bestehenden Indikatoren sind im Anhang (Kapitel 7) zu finden.

Aus diesen Gründen wurde im Rahmen des IDZ-Projekts ein neues, eigenes Indikatorsystem entwickelt, das für die Zwecke eines Direktzahlungssystems massgeschneidert ist. Für die Herleitung der Indikatoren haben wir uns sowohl auf bestehende Indikatoren und wissenschaftliche Literatur als auch auf Expertenwissen gestützt. Die Indikatoren sind in Kapitel 4.1 und im Anhang (Kapitel 10) beschrieben.

Es ist nicht möglich, alle obigen Kriterien gleichzeitig optimal zu erfüllen, da diverse Zielkonflikte bestehen. So würde etwa eine hohe Flexibilität bei der Wahl der Massnahmen oder die präzise Beschreibung aller involvierter umweltrelevanter Prozesse zu einem hohen Aufwand bei der Erhebung der nötigen Inputdaten führen, was die Operationalisierbarkeit und Akzeptanz negativ beeinflussen kann. Im Folgenden erläutern wir dies am Beispiel der Treibhausgasemissionen.

Auf einem Betrieb gibt es viele verschiedene Quellen von Treibhausgasemissionen (z.B. Fermentation von Tieren, organische drainierte Böden), deren Emissionen wiederum mit verschiedenen Massnahmen reduziert werden können (z.B. erhöhte Anzahl Laktationen, Vernässung von organischen Böden). Wenn der Indikator alle Quellen sowie Reduktionsmassnahmen aufgreift, beschreibt er die Umweltwirkung am umfassendsten und ermöglicht es den Landwirten und Landwirtinnen zu wählen, bei welchen Quellen sie ansetzen und welche Massnahmen sie umsetzen wollen. Der Nachteil ist, dass dafür Daten benötigt werden (z.B. Bestimmung der organischen Bodensubstanz und des Wasserstands), deren Erfassung und Kontrolle zeitaufwändig ist. Auch stellt es eine grössere Herausforderung dar, den landwirtschaftlichen Praktizierenden solche Indikatoren verständlich zu machen. Aus diesem Grund werden in diesem Bericht drei IDZ-Varianten mit unterschiedlicher Komplexität aufgezeigt, welche unterschiedliche Kriterien möglichst optimal erfüllen (siehe Kapitel 2.3).

3.4 Schadenskosten, Minimal- und Maximalschwellen

Für die Berechnung der umweltbezogenen Direktzahlungen wurden Schadenskosten, Beitragsansätze aus der Direktzahlungsverordnung (DZV) sowie Beitragsansätze aus kantonalen Programmen als Grundlage verwendet. Schadenskosten oder externe Kosten sind die Kosten, die durch negative Auswirkungen in der Umwelt aufgrund wirtschaftlicher Aktivitäten entstehen und die durch unbeteiligte Dritte getragen werden. Schadenskosten werden auf Basis der Zahlungsbereitschaft für Umweltgüter geschätzt. Hierfür werden direkte (z.B. Contingent Valuation) oder indirekte (z.B. hedonistischer Ansatz) Bewertungsmethoden verwendet (UBA, 2019). Für das IDZ-System wurden vorwiegend Schadenskosten aus Literaturquellen für die Schweiz oder für den deutschsprachigen Raum herangezogen. Die meisten Indikatoren beziehen sich auf die gesamte LN eines Betriebs, weswegen auch die flächenbasierten Schadenskosten auf die gesamte LN Bezug nehmen und nicht nur auf Teilflächen (wie z.B. die gedüngte Fläche).

Da unterschiedliche Quellen herangezogen werden mussten, sind die Schadenskosten für die verschiedenen Umweltthemen nur ungefähr vergleichbar. Die vorgeschlagenen Beträge sind dabei nur als grobe Abschätzung zu verstehen, die beim Vorliegen besserer Daten angepasst werden sollten. Auch besteht die Möglichkeit, die Beträge für bestimmte Umweltbereiche zu erhöhen, um die Umweltziele Landwirtschaft besser zu erreichen.

Für viele IDZ-Indikatoren, insbesondere der detaillierten Variante, haben wir Minimalschwellen (ab dann gibt es Zahlungen) sowie Maximalschwellen (ab dann gibt es maximale Zahlungen) definiert. Grundsätzlich setzen die Minimalschwellen beim Schweizer Durchschnitt an. Beispielsweise liegen die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen der Schweiz bei ungefähr 6 t CO_{2eq} pro ha LN, so dass die Zahlungen ab diesem Emissionsniveau beginnen. Eine Ausnahme bildet die Biodiversität, bei der die Minimalschwelle des detaillierten IDZ-Indikators den relativ strengen ÖLN-Vorgaben entspricht (7% BFF respektive 3.5% für Spezialkulturbetriebe). Für viele Indikatoren ist der Schweizer Durchschnitt allerdings nicht bekannt; in diesen Fällen wurden grobe Schätzungen vorgenommen, in die auch die Ergebnisse einzelner Beispielbetriebe eingeflossen sind (siehe Kapitel 3.6). Die Maximalschwellen wurden so gesetzt, dass keine oder eine sehr geringe Umweltwirkung auftritt. Auch die Werte der Schwellen sind als erste Schätzungen beziehungsweise Annahmen zu verstehen. Die Werte der Schwellen können daher bei Bedarf angepasst

werden, beispielsweise um bestimmte Umweltziele zu erreichen, Mitnahmeeffekte zu reduzieren oder um die Bundesausgaben zu steuern (d.h. Budget-Einhaltungen zu garantieren).

3.5 SWISSland-Berechnungen

Beim IDZ-System handelt es sich nicht um eine inkrementelle Erweiterung oder Überarbeitung des bestehenden Direktzahlungssystems, sondern um eine grundlegende Neukonzeption der umweltgerichteten Direktzahlungen. Es fehlen folglich Erfahrungswerte, die eine Einschätzung sowohl der Wirksamkeit als auch der Konsequenzen eines IDZ-Systems für den Sektor Landwirtschaft erlauben. Für eine erste, grobe Orientierung hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen wurde deshalb das um die IDZ-Zahlungen erweiterte agentenbasierte Sektormodell SWISSland (StrukturWandelInformationssystemSchweiz) eingesetzt. Mit SWISSland können die Folgen eines IDZ-Systems auf den Strukturwandel, die Produktion pflanzlicher und tierischer Produkte, das landwirtschaftliche Einkommen, die Bundesausgaben für die Landwirtschaft und – in begrenztem Umfang – Umweltwirkungen abgeschätzt werden. Eine ausführliche Beschreibung der generellen Modellstruktur und Funktionsweise von SWISSland sind der Publikation von Möhring et al. (2016) zu entnehmen.

Aufgrund der Modellstruktur ist eine Umsetzung der mittleren und detaillierten IDZ-Variante in SWISSland nicht möglich, da diese Varianten mit Informationen wie z.B. dem organischen Gehalt von Böden oder der Anzahl seltener Rinderrassen arbeiten, die im Modell nicht abgebildet werden können. Es wurde deshalb ausschliesslich die einfache IDZ-Variante implementiert, jedoch mussten auch hier stellenweise vereinfachende Annahmen getroffen werden. Die Implementierung der IDZ-Indikatoren in SWISSland wird im Anhang (Kapitel 8) erläutert.

Bei der Implementierung der einfachen IDZ-Variante in SWISSland gibt es mehrere Möglichkeiten beziehungsweise Szenarien. Zum einen besteht die Möglichkeit negativer Direktzahlungen, die Mitnahmeeffekte reduzieren können (siehe Kapitel 2). Zum anderen können IDZ-Zahlungen als fakultative oder obligatorische Komponente in das Direktzahlungssystem eingeführt werden.

Aus diesem Grund wurden mehrere SWISSland-Szenarien gerechnet, ein Referenz-Szenario sowie drei IDZ-ES-Szenarien («ES» für einfaches System). Beim Referenz-Szenario wird von einer Fortführung der bestehenden Agrarpolitik AP18-21 sowie der gegenwärtigen Direktzahlungssätze ausgegangen. Das Referenz-Szenario wird immer mit «Referenz» abgekürzt. Die weiteren Szenarien sind:

1. **IDZ, einfaches System, Basisvariante (kurz: IDZ ES «Basis»):** Die Teilnahme für die vier Umweltthemen (Emission, Boden, Pflanzenschutzmittel, Biodiversität) ist bei jedem Umweltthema freiwillig. Es gibt keine negativen IDZ-Beiträge.
2. **IDZ, einfaches System, Teilnahme nur gesamtoptional (kurz: IDZ ES «Alles oder nichts»):** Die Teilnahme ist zwar freiwillig, der Betrieb kann aber nicht mehr wählen, für welche Umweltthemen er Zahlungen erhalten möchte. Teilnahme bedeutet hier also Teilnahme für Zahlungen in allen vier Umweltthemen. Beiträge aus einzelnen Umweltthemen können negativ werden und die Summe der IDZ-Direktzahlungen reduzieren.
3. **IDZ, einfaches System, Teilnahme verpflichtend (kurz: IDZ ES «Verpflichtend»):** Die Teilnahme an allen Umweltthemen ist hier verpflichtend. Die einzige Möglichkeit, aus dem IDZ-System auszusteigen, ist der Verzicht auf alle Direktzahlungen. Beiträge aus einzelnen Umweltthemen können negativ werden. Wenn dadurch die Summe der IDZ-Zahlungen negativ wird, werden die übrigen Direktzahlungen reduziert.

Alle Szenarien laufen von 2019 bis 2029, wobei in den IDZ-ES-Szenarien das neue Direktzahlungssystem zum Start des Jahres 2023 eingeführt wird. Zentraler Unterschied zwischen allen IDZ-ES-Szenarien und dem Referenz-Szenario ist die Ausgestaltung der Direktzahlungen. Wie in Kapitel 2 dargelegt, ersetzen die IDZ-Zahlungen einen Teil der heutigen Direktzahlungen. Dazu zählen sowohl die umweltrelevanten Direktzahlungen (z.B. Bio-Beiträge, Ressourceneffizienzbeiträge) als auch die Versorgungssicherheitsbasisbeiträge und die Versorgungssicherheitsbeiträge für offene Ackerflächen und Dauerkulturen. Tabelle 2 stellt die Änderungen des Direktzahlungssystems im Überblick dar.

Tabelle 2: Übersicht der Änderungen im Direktzahlungssystem (IDZ-Szenarien versus Referenzszenario). RGVE steht für raufutterverzehrende Grossvieheinheit (nach der landwirtschaftlichen Begriffsverordnung 910.91), AP22+ für Agrarpolitik 22+, PaIV für die Parlamentarische Initiative 19.475 und PSM für Pflanzenschutzmittel.

Direktzahlung	Änderung gegenüber Referenz	Resultierender Beitragssatz
Versorgungssicherheit		
Basisbeitrag	Reduziert auf 0	0
Basisbeitrag Biodiversitätsförderflächen	Reduziert auf 0	0
Beitrag für offene Ackerfläche und Dauerkulturen	Reduziert auf 0	0
Erschwernisbeitrag	Keine Änderung	CHF/ha 390 / 510 / 550 / 570 / 590 (HZ / BZI / BZII / BZIII / BZIV)
Kulturlandschaft		
Offenhaltungsbeitrag	Keine Änderung	CHF/ha 100 / 230 / 320 / 380 / 390 (HZ / BZI / BZII / BZIII / BZIV)
Hangbeitrag	Keine Änderung	410 CHF/ha (18-35%) 700 CHF/ha (35-50%) 1000 CHF/ha (>50%)
Hangbeitrag für Reben	Keine Änderung	1500 CHF/ha (30-50%) 3000 CHF/ha (>50%) 5000 CHF/ha (Terrassen >=30%)
Alpungsbeitrag	Keine Änderung	370 CHF/Normalstoss
Sömmerungsbeitrag	Keine Änderung	Schafe: 120 Alle anderen RGVE: 400 (CHF/RGVE/Normalstoss)
Biodiversität		
Vernetzungsbeiträge		
Vernetzungsbeitrag allgemein	Reduziert auf 0	0
Vernetzung extensive Wiese	Reduziert auf 0	0
Vernetzung Baum	Reduziert auf 0	0
Biodiversitätsbeiträge QI		
Extensive Wiesen QI	Reduziert auf 0	0
Streuland QI	Reduziert auf 0	0
Wenig intensive Wiesen QI	Reduziert auf 0	0
Extensive Weiden QI	Reduziert auf 0	0
Hecken, Feld- und Ufergehölze QI	Reduziert auf 0	0
Hochstammobst und Feldobstbäume QI	Reduziert auf 0	0
Nussbäume QI	Reduziert auf 0	0
Uferwiese entlang von Fließgewässern	Reduziert auf 0	0
Biodiversitätsbeiträge QII		
Extensive Wiesen QII	Um 50% erhöht	CHF/ha 2880/2760/2550/2550/1650/1650 (TZ / HZ / BZI / BZII / BZIII / BZIV)
Streuland QII	Um 50% erhöht	CHF/ha 3090/2970/2760/2760/2655/2655 (TZ / HZ / BZI / BZII / BZIII / BZIV)
Wenig intensive Wiesen QII	Um 50% erhöht	CHF/ha 1800/1800/1800/1800/1500/1500 (TZ / HZ / BZI / BZII / BZIII / BZIV)
Extensive Weiden / Waldweiden QII	Um 50% erhöht	1050 CHF/ha (alle Zonen)
Hecken, Feld- und Ufergehölze QII	Um 50% erhöht	4260 CHF/ha (alle Zonen)
Hochstammobst und Feldobstbäume QII	Um 50% erhöht	47 CHF/Baum
Nussbäume QII	Um 50% erhöht	25 CHF/Baum
Rebflächen QII	Um 50% erhöht	1650 CHF/ha
Biodiversitätsbeiträge auf Ackerflächen		
Buntbrache	Um 50% erhöht	5700 CHF/ha

Direktzahlung	Änderung gegenüber Referenz	Resultierender Beitragssatz
Rotationsbrache / Saum	Um 50% erhöht	4950 CHF/ha
Ackerschonstreifen	Um 50% erhöht	4260 CHF/ha
Saum auf Ackerflächen	Um 50% erhöht	4950 CHF/ha
Blühstreifen für Bestäuber	Um 50% erhöht	3750 CHF/ha
Landschaftsqualität		
Landschaftsqualitätsbeitrag	Keine Änderung	360 CHF/ha
Produktionssysteme		
Neue Produktionssystembeiträge AP22+/PaIV	Nicht aktiv, alles 0	0
Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion	Reduziert auf 0	0
Beitrag für extensive Produktion	Reduziert auf 0	0
Beitrag für biologische Produktion	Reduziert auf 0	0
Tierwohlbeitrag BTS	Keine Änderung	CHF/GVE 90 (Rind/Pferd/Ziege) 155 (Schweine) 280 (Legehennen, Mastpoulet)
Tierwohlbeitrag RAUS	Keine Änderung	CHF/GVE 190 (Rind, Pferd, Schaf, Ziege, Kaninchen, Mutterkuh, Bison, Damhirsch, Rothirsch) 370 (Jungvieh, Mastkalb, Zuchtsau) 165 (übrige Schweine) 290 (Legehennen, Mastpoulet)
Tierwohlbeitrag RAUSPLUS	Nicht aktiv, alles 0	0
Ressourceneffizienz		
Emissionsmindernde Ausbringverfahren (alle Verfahren, keine Unterscheidung)	Reduziert auf 0	0
Bodenschonende Bodenbearbeitung	Reduziert auf 0	0
Stickstoffreduzierte Phasenfütterung von Schweinen	Reduziert auf 0	0
Reduktion von Pflanzenschutzmitteln	Reduziert auf 0	0
Herbizidreduktion auf offener Ackerfläche	Reduziert auf 0	0
Anbau- und Einzelkulturbeiträge		
Ölsaaten	Reduziert auf 0	0
Hülsenfrüchte	Reduziert auf 0	0
Zuckerrüben	Reduziert auf 0	0
Übergangsbeitrag	Kein Übergangsbeitrag	0
IDZ-Beiträge (einfaches System)		
Biodiversitätsbeitrag	Anpassung bestehender Biodiversitätsbeiträge	Siehe Biodiversität
Emissionsschutzbeitrag	Neuer Beitrag	3100 CHF/ha
Bodenschutzbeitrag	Neuer Beitrag	400 CHF/ha
Verzicht auf PSM mit hohen Risiko-Scores	Neuer Beitrag	300 CHF/ha

3.6 Berechnungen der IDZ-Indikatoren anhand ausgewählter Beispielbetriebe

Wie in Kapitel 3.3 erläutert, wurden im Rahmen des Projekts neue Indikatoren entwickelt. Wir haben diese Indikatoren beziehungsweise die betrieblichen Indikatorwerte und die damit zusammenhängenden Direktzahlungen für ausgewählte Beispielbetriebe berechnet mit den Zielen

- i) die IDZ-Beitragszahlungen der heutigen Betriebe zu berechnen (wobei heute meint: ohne Änderungen der Struktur oder Bewirtschaftung),
- ii) die Minimal- und Maximalschwellen auf Basis der Indikatorwerte anzupassen,
- iii) die Reduktionsmöglichkeiten von Mitnahmeeffekten anhand von negativen Zahlungen aufzuzeigen
- iv) die Unterschiede der Zahlungen zwischen der einfachen und der mittleren IDZ-Variante darzustellen, insbesondere, weil in SWISSland nur die einfache Variante abgebildet werden kann (siehe Kapitel 3.5), und
- v) die IDZ-Zahlungen mit den heutigen Direktzahlungen zu vergleichen.

Die einzige Ausnahme ist der Indikator Erosion, für den die einfache mit der detaillierten Variante statt mit der mittleren verglichen wurde, weil der Erosionsindikator der mittleren IDZ-Variante erst konzeptionell vorliegt. Der Grund, dass wir uns auf die einfache und mittlere Variante beschränken, liegt in der aufwendigen Datenaufbereitung und Berechnung der Indikatoren.

Für diese Analyse wurden sechs Betriebe ausgewählt, die eine grosse Spannweite bezüglich ihrer Betriebsstrukturen aufweisen (siehe Tabelle 3). Die Daten der Betriebe stammen aus der ZA-AUI. Die meisten der für die Berechnung der IDZ-Indikatoren benötigten Grössen sind in diesen Daten enthalten. Die Annahmen, die für die nicht verfügbaren Daten getroffen wurden, sind im Anhang (Kapitel 9) zu finden.

Tabelle 3: Hauptmerkmale der ausgewählten ZA-AUI-Betriebe, für die die IDZ-Indikatoren berechnet wurden. LN = landwirtschaftliche Nutzfläche, OA = offene Ackerfläche, S = Spezialkulturfläche, GVE = Grossvieheinheiten, BZ II = Bergzone II, T = Talzone, H = Hügelzone. Zum Tierbestand (Jahresmittel) werden alle landwirtschaftlichen Nutztiere gezählt.

	Zone	LN [ha]	OA [ha]	S [ha]	Tiere [GVE]	Rind [GVE]	Schwein [GVE]	Geflügel [GVE]
Betrieb 1	T	61.2	28.19	0	54.8	41.2	13.6	0
Betrieb 2	BZ II	23.11	0	0	23.1	23.1	0	0
Betrieb 3	T	23.18	7.71	0	30.8	30.8	0	0
Betrieb 4	T	40.58	35.43	0.04	38.8	0	0	38.8
Betrieb 5	H	27.49	12.46	0	117.3	50.1	67.2	0
Betrieb 6	T	26.65	22.26	0	0	0	0	0

3.7 Methodik Workshop

Die im Kapitel 2.3 beschriebenen Varianten eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems wurden aus einer wissenschaftlichen Perspektive erarbeitet. Mit dem Ziel, die erarbeiteten Varianten im Hinblick auf eine allfällige Umsetzung aus verschiedenen Blickwinkeln beurteilen zu können, wurde ein breit abgestützter Workshop mit drei Zielen durchgeführt:

- Die Vor- und Nachteile der Varianten eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems im Agrar-Umweltbereich sind aus Sicht der Verwaltung, des Vollzugs und der Praxis beurteilt.
- Ein Systemwechsel vom heutigen Direktzahlungssystem zu einem indikatorbasierten System ist diskutiert.
- Zentrale Eckwerte zur Implementierung eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems und Hebel zur wirkungsorientierten Optimierung des Systems sind identifiziert.

Zur Berücksichtigung der Multi-Stakeholder-Perspektive wurden folgende Kreise in den ganztägigen Workshop einbezogen: Vertreter und Vertreterinnen aus verschiedenen Fachbereichen des Bundesamts für Landwirtschaft (3 VertreterInnen), aus kantonalen Landwirtschaftsämtern (4) und aus landwirtschaftlichen Beratungsdiensten (4) sowie

weitere Fachpersonen aus dem Agrar-Umweltbereich (4). Die Teilnehmenden erhielten vor dem Workshop allgemeine Informationen zur Ausgangslage und zu den Zielen des Forschungsprojekts IDZ sowie zur Zielsetzung des Workshops. Weiter erhielten die Teilnehmenden die wichtigsten Informationen zu den drei IDZ-Varianten. Die SWISSland-Modellierungen und die ZA-AUI-Berechnungen wurden dabei aber nicht thematisiert. Zudem wurden mit den Teilnehmenden der Kantone und Beratung sowie den weiteren Fachpersonen aus dem Agrar- und Umweltbereich vorgängig zum Workshop ein Interview durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Gespräche dienten als Einstieg in die Beurteilung der Vor- und Nachteile der Varianten eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems.

Methodisch erfolgte die Diskussion am Workshop in zwei World-Cafés. Das erste World-Café konzentrierte sich auf die Vor- und Nachteile der drei IDZ-Varianten. Im zweiten World-Café wurden dann ein Systemwechsel sowie drei spezifische Aspekte zur Implementierung eines IDZ-Systems thematisiert.

4 Resultate

4.1 Entwickelte Indikatoren

Bis auf wenige Ausnahmen, die auf bestehenden Grundlagen basieren (z.B. Biodiversitätsbeiträge gemäss dem heutigen Direktzahlungssystem), wurden für das IDZ-System neue Indikatoren entwickelt. Während die bestehenden Grundlagen im aktuellen DZ-System oft einen Beitrag pro Massnahmenfläche (z.B. CHF pro ha Buntbrache) vorsehen, bestehen die IDZ-Indikatoren in viele Fällen nicht einfach aus einer Liste von Massnahmen, sondern berücksichtigen soweit wie möglich umweltrelevante Prozesse. Die neuen Indikatoren wurden so konzipiert, dass unterschiedliche Massnahmen im strukturellen, technischen und/oder organisatorischen Bereich in die Indikatorberechnung einfließen und am Schluss zu einem bestimmten Indikator-Wert pro ha LN führen. Tabelle 4 bietet eine Übersicht über alle IDZ-Indikatoren.

Tabelle 4: Übersicht über die IDZ-Indikatoren pro Umweltthema, aufgeschlüsselt nach den IDZ-Varianten detailliert, mittel und einfach. BFF = Biodiversitätsförderfläche, WK-GVE = Tierbestand von Wiederkäuern (in GVE), THG = Treibhausgase.

	detailliert	mittel	einfach
Biodiversität	<ul style="list-style-type: none"> - Angelehnt ans heutige System, aber statt Beträge pro BFF ein Gesamt-Biodiversitätsindikator (Werte zwischen 0 und 1) - Zusätzlich Berücksichtigung Diversität der BFF - Zusätzlich Berücksichtigung seltene Rassen/Sorten 	<ul style="list-style-type: none"> - Weitgehend wie das heutige System (Beiträge für QI, QII, Vernetzung) - Höhere Beiträge für Acker-BFF - Zusätzlich Berücksichtigung seltene Rassen/Sorten 	<ul style="list-style-type: none"> - Bestehendes System reduziert auf BFF (inkl. Bäume) mit QII und Acker-BFF; verbleibende Beträge erhöht
THG	<ul style="list-style-type: none"> - Umfasst 5 Komponenten: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Fermentation Wiederkäuer</i>: berücksichtigt WK-GVE-Dichte und <u>Anzahl Laktation</u> 2. <i>Lachgasemissionen</i>: ausgebrachter Stickstoff aus Dünger (mineralisch und organisch) <u>und Weideemissionen</u> pro ha 3. <i>CO₂-Emissionen organische Böden</i>: über <u>Wasserspiegel</u> auf organischen, landwirtschaftlich genutzten Böden 4. <i>Kohlenstoffspeicherung</i>: Anzahl Bäume auf landwirtschaftlicher Nutzfläche 5. <i>Hofdüngerlagerung</i>: Gülleemissionen von Methan und Lachgas 	<ul style="list-style-type: none"> - Umfasst 4 Komponenten: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Fermentation Wiederkäuer</i>: abgeschätzt mit WK-GVE-Dichte 2. <i>Lachgasemissionen</i>: ausgebrachter Stickstoff aus Dünger (mineralisch und organisch) pro ha 3. <i>CO₂-Emissionen organische Böden</i>: pauschale Betrachtung von <u>Ackerflächen</u> auf organischen, landwirtschaftlich genutzten Böden 4. <i>Kohlenstoffspeicherung</i>: Anzahl Bäume auf landwirtschaftlicher Nutzfläche 	<ul style="list-style-type: none"> - Tierbestand (GVE/ha) - Ausgebrachter Stickstoff (kgN/ha)
Ammoniak	<ul style="list-style-type: none"> - Basierend auf Agrammon - Unterscheidung verschiedener Tierkategorien - Verschiedene Stallsysteme, Vollweide (nur bei Rindvieh) und Fütterung berücksichtigt 	<ul style="list-style-type: none"> - Angelehnt an die detaillierte IDZ-Variante, aber keine Unterscheidung der Standardemissionen nach Tierkategorien - Wichtigste Massnahmen für Rindvieh (Lauf- versus Anbindestall, Vollweide, Milchharnstoffgehalt) berücksichtigt 	<ul style="list-style-type: none"> - Tierbestand (GVE/ha) - Ausgebrachter Stickstoff (kgN/ha)
Pflanzenschutzmittel	<ul style="list-style-type: none"> - Berücksichtigung aller Pflanzenschutzmittel - Punktesystem auf der Basis von Risiko-Scores (Korkaric et al. 2020) - Differenzierung nach den Umweltreichen Grundwasser, Oberflächengewässer und Bienen 	<ul style="list-style-type: none"> - Nur Berücksichtigung der Wirkstoffe mit hohen Risiko-Scores - Behandlungsindex dieser Pflanzenschutzmittel 	<ul style="list-style-type: none"> - Verzicht auf den Einsatz von Wirkstoffen mit hohen Risiko-Scores (ja/nein)

	detailliert	mittel	einfach
Nitrat	<ul style="list-style-type: none"> - Umfasst 3 gleichgewichtete Komponenten: <ol style="list-style-type: none"> 1. Parzellenspezifischer Düngungsplan, maximaler Überschuss 20 kgN/ha 2. Standortangepasster Düngungsplan, maximaler Überschuss 20 kgN/ha 3. Nitrat-Index 	<ul style="list-style-type: none"> - Detaillierte IDZ-Variante reduziert auf erste Komponente → Parzellenspezifischer Düngungsplan, maximaler Überschuss 20 kgN/ha 	<ul style="list-style-type: none"> - Tierbestand (GVE/ha) - Ausgebrachter Stickstoff (kgN/ha)
Phosphor	<ul style="list-style-type: none"> - Umfasst 2 gleichgewichtete Komponenten: <ol style="list-style-type: none"> 1. Zahlungen, falls parzellenspezifischer Düngungsplan vorhanden 2. Zahlungen, wenn Düngungsplan gemäss Gehaltsklasse eingehalten wird 	<ul style="list-style-type: none"> - Über Nitrat (parzellenspezifischer Düngungsplan) indirekt berücksichtigt 	<ul style="list-style-type: none"> - Über Emissionsschutzindikator (THG, Ammoniak, Nitrat) indirekt berücksichtigt
Bodenerosion	<ul style="list-style-type: none"> - Auszahlung auf Flächen mit mittlerem und hohem Erosionsrisikopotential beschränkt - Umfasst 4 gleichgewichtete Komponenten (pro Fruchtfolge, parzellenspezifisch): <ul style="list-style-type: none"> - Viel Kunstwiese - Wenig Hackfrüchte - Wenig Winterbrache - Wenig Pflugeinsatz - Auf Dauergrünland volle Zahlung 	<ul style="list-style-type: none"> - Unterschiedliche Hauptkulturen erhalten unterschiedliche Basispunktzahl - Basispunkte können mit positiven oder negativen Punkten für Zwischenfrüchte und Bodenbearbeitung korrigiert werden - Auf Dauergrünland volle Zahlung 	<ul style="list-style-type: none"> - Kunstwiesenfläche plus Zwischenfruchtfläche minus Hackfruchtfläche - Auf Dauergrünland volle Zahlung
Humus	<ul style="list-style-type: none"> - Gemessener Humusgehalt - Einordnung des Wertes anhand von Tongehalt des Bodens - Auf Dauergrünland volle Zahlung - Malus für Ackerbau auf organischen Böden 	<ul style="list-style-type: none"> - Punktesystem basierend auf Massnahmenkatalog Solothurn (Kanton Solothurn 2019) - Punkte für verschiedene Massnahmen: Berechnung Humusbilanz ja/nein, Fläche von Zwischenfutter, Flächen mit Gründüngung und weitere (siehe Anhang Kapitel 10) - Auf Dauergrünland volle Zahlung - Malus für Ackerbau auf organischen Böden 	<ul style="list-style-type: none"> - Kunstwiesenfläche plus Zwischenfruchtfläche minus Hackfruchtfläche - Auf Dauergrünland volle Zahlung

Nachstehend erläutern wir exemplarisch die Herleitung des Indikators Treibhausgasemissionen für alle drei IDZ-Varianten. Die restlichen Indikatoren werden im Anhang (Kapitel 10) detaillierter beschrieben.

4.1.1 Beispiel Treibhausgasemissionen detaillierte Variante

Ziel des Indikators ist es, die Treibhausgasemissionen (gemessen in CO_{2eq}) pro ha LN für jeden Betrieb abzuschätzen. Für die Herleitung dieses Indikators haben wir uns am nationalen Treibhausgasinventar orientiert: Einerseits an den Emissionen, die laut dem «International Panel on Climate Change» (IPCC) direkt dem Landwirtschaftssektor zugeschrieben werden (Nutztierhaltung, Hofdüngerbewirtschaftung, landwirtschaftliche Böden sowie Kalk- und Harnstoffdüngung) und andererseits an den Emissionen anderer IPCC-Sektoren, die aber ebenfalls durch die landwirtschaftliche Produktion verursacht werden (Treibstoffverbrauch, Landnutzungsänderungen; BLW 2019).

Für den Indikator haben wir uns auf die Quellen Verdauung Nutztiere (Y_1), Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Böden (Y_2), CO₂-Bilanz landwirtschaftlicher Böden (Y_3, Y_4) sowie Hofdüngerlagerung (Y_5) beschränkt, da diese zusammen mehr als 90% der nationalen landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen ausmachen (BLW 2019). In der CO₂-Bilanz landwirtschaftlicher Böden ist die Entwicklung der Bäume auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche nicht enthalten. Da durch Agroforstwirtschaft viel Kohlenstoffdioxid gespeichert werden kann, berücksichtigen wir diese Massnahme im Indikator trotzdem. Somit setzt sich der Indikator (in t CO_{2eq}/ha) aus mehreren Termen (Y_1 bis Y_5) zusammen, die die genannten Quellen/Senken abdecken:

$$THG_d = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{LN} \quad (1)$$

Für die Umrechnung von Methan und Lachgas in CO_{2eq} haben wir die Treibhauspotentiale des fünften IPCC-Berichts (IPCC 2013) über einen Zeithorizont von 100 Jahren ohne Kohlenstofffeedbacks verwendet (d.h. 28 für Methan, 265 für Lachgas).

Minimal- und Maximalschwelle: Für Werte von $0 \text{ t } CO_{2eq}/[ha \times yr]$ erhält die Landwirtin oder der Landwirt die vollen Zahlungen, für Werte $\geq 6 \text{ t } CO_{2eq}/[ha \times yr]$ keine Zahlungen mehr. Dazwischen wird linear interpoliert. Für die Variante mit negativen Zahlungen werden über $6 \text{ t } CO_{2eq}/[ha \times yr]$ lineare Abzüge mit der gleichen Steigung gemacht.

Verdauung Nutztiere (Y_1)

Die Methanemissionen aus der Verdauung von Nutztieren stammen vorwiegend von Raufutterverzellern. Hier beschränken wir uns auf die Wiederkäuer-Tierkategorien, da diese pro GVE sowie pro Produkteinheit (vergleichbar) hohe Methanemissionen aufweisen (IPCC 2006, FAO 2013) und sie für die Schweizer Milch- und Fleischproduktion relevant sind. Die Berücksichtigung weiterer Tierkategorien würde zu genaueren Resultaten führen, den Indikator jedoch komplexer machen.

Wir nehmen an, dass pro WK-GVE (=Wiederkäuer-GVE) ungefähr $3 \text{ t } CO_{2eq}/\text{Jahr}$ emittiert wird (BLW 2019, FAO 2018, Münger et al. 2018), wobei WK-GVE die Summe der GVE von Rindvieh, Schafen, Ziegen und weiteren Wiederkäuern umfasst, die im Jahresdurchschnitt auf dem Betrieb gehalten werden.

Da die Verdauung der Nutztiere die mit Abstand grösste Quelle darstellt, ist es sinnvoll, in den Indikator eine zusätzliche Komponente einzubauen, die es erlaubt, die Emissionen auf anderem Weg als über die WK-GVE zu beeinflussen. Hier beschränken wir uns auf die viel untersuchte Massnahme Erhöhung der Anzahl Laktationen vor dem Abgang der Milchkühe (z.B. Alig et al. 2015, Hörtenhuber & Zollitsch 2009, Grandl et al. 2016ab, Wall et al. 2012, Flachowsky & Brade 2007, Schader et al. 2014, Meier et al. 2017). Diese Massnahme führt zu einer Reduktion der Gesamtmethanemissionen pro produzierte Milchmenge, weil eine Kuh in den ersten zwei Lebensjahren keine Milch abgeben kann, wohl aber Methan emittiert. Der Median der Anzahl Laktationen für Milchkühe liegt in der Schweiz zwischen 3 und 4 (swissherdbook bulletin 2019, identitas 2022). Erhöht der Landwirt oder die Landwirtin die Anzahl Laktationen über den Median, soll er in diesem Indikator für die so eingesparten Tonnen CO_{2eq}/ha entlohnt werden. Der Effekt wird kleiner, je höher die Anzahl Laktationen wird (d.h. grössere Einsparungen bei einer Erhöhung von 3.5 auf 4.5 Laktationen als bei einer Erhöhung von 4.5 auf 5.5). Wir haben eine Formel hergeleitet, die diesen Zusammenhang beschreibt. Dabei haben wir vereinfacht angenommen, dass ein Tier in den ersten 2.5 Jahren keine Milch produziert, ab 2.5 Jahren dann eine konstante Menge an Milch pro Jahr. Des Weiteren wurde basierend auf dem nationalen Treibhausgasinventar geschätzt, dass das Tier im ersten Lebensjahr 25% des Methans einer milchgebenden Kuh emittiert und danach bis zur ersten Abkalbung 50% einer milchgebenden Kuh. Nach der ersten Abkalbung wird angenommen, dass die Kuh konstant gleich viel Methan (100%) pro Jahr emittiert.

Dadurch ergibt sich der erste Term Y_1 :

$$Y_1 = 3 \text{ t } CO_{2eq} \times \left(\frac{(Lak \times 2 + 2)}{Lak \times 2 \times 1.286} \right) \times GVE_{Milchkühe} + 3 \text{ t } CO_{2eq} \times GVE_{andere Wiederkäuer} \quad (2)$$

Wobei Lak für den Median der Anzahl Laktationen der Milchkühe vor ihrem Abgang auf dem Betrieb steht. Wir verwenden den Median, weil dieser robuster ist als der Mittelwert. Die 1.286 stellen eine Normierung auf 3.5 Laktationen dar; bei 3.5 Laktationen ist der Term in der Klammer 1, bei <3.5 Laktationen ist der Term grösser als 1 (mehr THG-Emissionen), bei >3.5 Laktationen kleiner als 1 (weniger THG-Emissionen). Eine Erhöhung der Laktation von 3.5 auf 4.5 bei drei Milchkühen ergibt mit dieser Formel eine Einsparung von $0.5 \text{ t } CO_{2eq}$. Mit ähnlichen Termen könnte auch die Anzahl Laktationen anderer Tiere (Mutterkühe, Milchschafe) berücksichtigt werden.

Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Böden (Y2)

Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Böden können in direkte Emissionen und indirekte Emissionen unterteilt werden. Indirekte Emissionen entstehen durch die Redeposition von Ammoniak und Stickoxide sowie Nitratauswaschung. Wir berücksichtigen diese hier nicht, weil die Ammoniakemissionen sowie die Nitratauswaschung bereits in eigenen Indikatoren dargestellt werden.

Die wichtigsten Quellen der direkten Lachgasemissionen aus Böden sind ausgebrachte Hof- und Mineraldünger sowie Ausscheidungen auf der Weide (Mittelwert 1990-2019, BAFU 2021). Wir beschränken uns auf diese Größen und vernachlässigen z.B. Ernterückstände oder Mineralisierung/Immobilisierung durch organischen Bodenkohlenstoff.

Basierend auf dem nationalen Treibhausgasinventar (BAFU 2021), das sich an die IPCC-Richtlinien (2006, 2019) hält, ergibt sich folgende Formel:

$$Y_2 = 0.416 \frac{t \text{ CO}_{2eq}}{kg_N} \times (EF_{aus} \times N_{ausgebracht} + \sum_{t=1}^T \frac{Weidetage}{365} \times \frac{Weidestunden}{24} \times EF_{Weide} \times N_{ausgeschieden}) \quad (3)$$

Die Zahl 0.416 kommt durch folgende drei Multiplikatoren zustande: das direkte THG-Potential von Lachgas für 100 Jahre (265), die Umrechnung von N in Lachgas (1.57) und die Umrechnung von kg zu t (0.001). EF_{aus} bezeichnet den Emissionsfaktor bei der Ausbringung und beträgt 0.01 N₂O-N/kgN. In Zukunft könnten in IDZ für mineralische Dünger Nitrifikationshemmer berücksichtigt werden, die den Emissionsfaktor um 65% verringern (BAFU 2021). $N_{ausgebracht}$ steht für den auf den Boden ausgebrachten Stickstoff (in kg). Dazu zählen die Stickstoffinputs Hofdünger, Recyclingdünger und Mineraldünger.

Die Summe im zweiten Term läuft über die verschiedenen Tierkategorien t nach GRUD (Richner und Sinaj 2017). $N_{ausgeschieden}$ steht für die Menge an ausgeschiedenem Stickstoff pro Tierkategorie (kg), während EF_{Weide} den entsprechenden Emissionsfaktor darstellt. Für Rindvieh, Geflügel und Schweine wird ein Emissionsfaktor von 0.02 kg N₂O-N/kgN angenommen, für Schafe und Ziegen ein Emissionsfaktor von 0.01 N₂O-N/kgN (BAFU 2021).

Emissionen aus organischen Böden (Y3)

Organische Böden, die drainiert wurden, stellen sehr grosse Punktquellen von Treibhausgasemissionen dar. Weil Kohlendioxid die Treibhausgasemissionen aus drainierten organischen Böden dominieren (91%, siehe Tiemeyer et al. 2020) und Lachgasemissionen abhängig von den Bedingungen stark variieren, beschränken wir uns hier auf Kohlendioxid.

Belohnt wird ein hoher Wasserspiegel, was mit einer Vernässung des Bodens erreicht werden kann (Aufhebung der Drainage). Die Vernässung bedeutet nicht automatisch, dass die Fläche nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden kann; bei einer moderaten Vernässung kann die Fläche als extensive Weide genutzt werden. Reisanbau und andere Paludikulturen bieten weitere Möglichkeiten. Abgeleitet aus Tiemeyer et. al (2020) beschreiben wir die Wirkung des Wasserspiegels mit der folgenden Formel:

$$Y_3 = \sum_{i=1}^p a_{i,org} \left\{ 1 t \frac{CO_{2eq}}{ha} \times (-(Wasserspiegel + 10cm)) \right\} \quad (4)$$

| Wasserspiegel ∈ [-40cm, -10cm]

$a_{i,org}$ steht für die Parzellen eines Betriebes mit organischem Boden (in ha). Liegt der Wasserspiegel tiefer als -40 cm, wird er in der Formel auf -40 cm gesetzt; liegt er höher als -10 cm, wird er auf -10 cm gesetzt. Folglich emittiert 1 ha organischer Boden mit einem Wasserspiegel von -40 cm (oder tiefer) etwa 30 t CO₂eq, während 1 ha mit einem Wasserspiegel von -10 cm (oder höher) keine THG emittiert. Sollte sich die Bestimmung des Wasserspiegels in der Praxis als zu schwierig umsetzbar erweisen, können als Alternative Standardemissionsfaktoren für verschiedene Landnutzungstypen verwendet werden (Paul und Alewell, 2018).

Kohlenstoffspeicherung in Bäumen (Y4)

Bäume speichern Kohlenstoff und führen so zu «negativen Emissionen». In IDZ sollen alle Bäume (inkl. Hecken, Sträucher) berücksichtigt werden, die auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche stehen und einen Beitrag zur Nahrungsmittelversorgung (z.B. Hochstammfeldobstbäume) und/oder zur Biodiversitätsförderung (z.B. Agroforstsysteme, BFF-Hecken) und/oder zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung (Wertholzarten) leisten⁴. Unter der Annahme, dass ein Baum (B) etwa 0.02-0.03 t C pro Jahr speichert (AGRIDEA 2019, Mittelwert über 40 Jahre), erhält man:

$$Y_4 = -0.1 \text{ t } CO_{2eq} \times B \quad (5)$$

Emissionen aus der Hofdüngerlagerung

Bei der Lagerung von Hofdünger entsteht sowohl Methan als auch Lachgas. Die indirekten Lachgasemissionen werden hier wiederum nicht berücksichtigt, weil diese bereits im Ammoniakindikator enthalten sind (siehe Anhang, Kapitel 10). Da die CO_{2eq} -Emissionen pro Tonne Gülle deutlich höher sind als pro Tonne Mist, beschränken wir uns hier auf die Gülleemissionen.

Die mittleren Emissionen eines ungedeckten Güllelagers betragen nach Kupper et al. (2020) für Lachgas 0.002 g/(m²×h) und für Methan 0.58 (Rindvieh) respektive 0.68 (Schweine) g/(m³×h); für Methan nehmen wir einen durchschnittlichen Faktor von 0.60 g/(m³×h) an. Durch eine feste Abdeckung können die Methanemissionen um 15% (Rindvieh) bis 45% (Schweine) gesenkt werden, während die Ergebnisse für Lachgas ungleich sind (4% Zunahme für Rindvieh, 31% Reduktion für Schweine). Die meisten Güllelager der Schweiz sind bereits abgedeckt, durch die Revision der Luftreinhalteverordnung wird eine Abdeckung sogar Pflicht. Für Lachgasemissionen gehen wir von einem unveränderten Emissionsfaktor aus, während wir für Methan einen durch die Abdeckung um 20% reduzierten Emissionsfaktor annehmen (0.48 g/(m³×h)). Die Emissionen aus dem Güllelager lassen sich mit der folgenden Formel zusammenfassen:

$$Y_5 = 0.00464 \frac{\text{t } CO_{2eq}}{\text{m}^2} \times A_{Lager} + 0.118 \frac{\text{t } CO_{2eq}}{\text{m}^3} \times V_{Gülle} \quad (6)$$

Wobei A_{Lager} für die Fläche des Güllelagers (in m²) steht und $V_{Gülle}$ für das durchschnittliche (unverdünnte) Güllevolumen im Lager (in m³).

4.1.2 Beispiel Treibhausgasemissionen mittlere Variante

Für den Indikator des mittleren Systems haben wir die Formel des detaillierten Indikators vereinfacht. Auch dieser Indikator enthält die Komponenten Y_1 , Y_2 , Y_3 und Y_4 (entsprechen den ersten 4 Summanden im Zähler in Gleichung 1), jedoch in vereinfachter Form:

$$THG_m = \frac{3 \text{ t } CO_{2eq} \times WK - GVE + 0.00416 \text{ t } CO_{2eq} \times N_{fert} + 30 \text{ t } CO_{2eq} \times Org_{AB} - 0.1 \text{ t } CO_{2eq} \times B}{LN} \quad (7)$$

$WK - GVE$ umfasst die Gesamt-GVE von Rindvieh, Schafen, Ziegen und weiteren Wiederkäuern, N_{fert} steht für die Menge Stickstoff aus Hof-, Recycling- und Mineraldünger (in kg), die auf dem Betrieb ausgebracht wurde; Org_{AB} für die landwirtschaftliche Nutzfläche, deren Boden organisch ist und auf der Ackerbau betrieben wird (in ha; Paludikulturen ausgeschlossen). Im Unterschied zum detaillierten Indikator werden i) die Anzahl Laktationen bei der Verdauung der Nutztiere nicht mehr berücksichtigt; ii) die Quelle «Hofdüngerlagerung» vernachlässigt (ca. 14% der gesamten Schweizer Treibhausgasemissionen nach BLW 2019); iii) statt des Wasserspiegels organischer Böden nur deren Ackerfläche mit einem Standardemissionsfaktor verrechnet; iv) bei der Quelle Lachgas aus landwirtschaftlichen Böden nur noch der ausgebrachte Stickstoff aus Düngemitteln (grösster Anteil) berücksichtigt und die Weideemissionen vernachlässigt.

⁴ Damit möglichst viel Kohlenstoff langfristig aus der Atmosphäre entfernt wird, müssten sich die Landwirtinnen bestenfalls verpflichten, die Bäume nach ihrer Nutzungsdauer in Holzprodukte zu verarbeiten.

Minimal- und Maximalschwelle: Für Werte von 0 t CO_{2eq}/[ha×yr] erhält die Landwirtin oder der Landwirt die vollen Zahlungen, für Werte ≥6 t CO_{2eq}/[ha×yr] keine Zahlungen mehr. Dazwischen wird linear interpoliert. Für die Variante mit negativen Zahlungen werden über 6 t CO_{2eq}/[ha×yr] lineare Abzüge gemacht.

4.1.3 Beispiel Treibhausgasemissionen einfache Variante

Für die einfache Variante wurde ein emissionsübergreifender Indikator hergeleitet, der nebst der Thematik Treibhausgasemissionen auch die Bereiche Ammoniakemissionen (Amm_e) und Nährstoffe (N_e) abdeckt. All diese Umweltbereiche werden massgeblich von der Anzahl Tiere sowie dem ausgebrachten Stickstoff beeinflusst. Entsprechend wird folgende Formel vorgeschlagen:

$$THG_e = Amm_e = N_e = 1 - (GVE/ha \times 0.33 + N_{fert}/ha \times 0.0025) \quad (8)$$

| $THG_e \in [0,1]$

Die Tierdichte (GVE/ha) stellt ein Proxy dar für die Ammoniak- und Treibhausgasemissionen, die vor der Ausbringung von Hofdünger stattfindet. Dazu zählen beispielsweise die Methanemissionen aus der Verdauung oder die Ammoniakemissionen aus dem Stall. Die Stickstoffausbringung (N/ha) ist ein Proxy für die Ammoniak- und Lachgasemissionen auf dem Feld sowie für die Nitratauswaschung. Der Einfachheit halber wurde vorerst eine lineare Formel gewählt. Im Gegensatz zur detaillierten und mittleren Variante ist dieser Indikator nicht in der Einheit t CO_{2eq}/ha gegeben. Stattdessen kann er Werte zwischen 0 und 1 annehmen; für die IDZ-Ausgestaltung mit negativen Zahlungen sind auch negative Werte möglich. Pro Hektar meint pro Hektar LN.

Minimal- und Maximalschwelle: Ein Indikatorwert von 0 stellt die Minimalschwelle dar, ein Indikatorwert von 1 die Maximalschwelle. Die Minimalschwelle – ausgedrückt in den Zahlen 0.33 und 0.0025 – wurde so gewählt, dass man ab 1.5 GVE/ha und 200 kg_N/ha Zahlungen erhält (respektive anderen Kombinationen, die denselben Wert für THG_e ergeben). Maximale Zahlungen erhält man, wenn man weder Tiere hält noch Stickstoff ausbringt. Für die Variante mit negativen Zahlungen erhalten Indikatorwerte <0 lineare Abzüge.

4.2 Schadenskosten

4.2.1 Biodiversität

Das Schweizer Bruttoinlandprodukt betrug im Jahr 2019 638 Mrd. CHF (Weltbank, 2020). Unter der Annahme, dass die Schweizer Schadenskosten im Bereich Biodiversität wie in der EU rund 7% des Bruttoinlandproduktes ausmachen (BAFU, 2020), erhält man rund 45 Mrd. CHF Schadenskosten im Bereich Biodiversität (Bruttoinlandprodukt nach Weltbank 2020). Welcher Anteil davon für die Landwirtschaft gilt, ist schwer abzuschätzen. Als Untergrenze haben wir den Anteil der Landwirtschaft am Schweizer Bruttoinlandprodukt genommen (nach SBV 2019), als Obergrenze den Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche an der Schweizer Fläche. Somit erhält man eine sehr grosse Spannweite von 260 CHF/ha LN bis 15'000 CHF/ha LN. Die Direktzahlungen im Bereich Biodiversität bewegen sich mit durchschnittlich 390 CHF/ha LN am unteren Limit der geschätzten Schadenskosten.

Die Indikatoren der einfachen und der mittleren IDZ-Variante lehnen sich stark an die heutigen Direktzahlungen der BFF an. Entsprechend wurden mit folgenden Ausnahmen dieselben Beträge wie in der DZV genommen:

- Für das einfache System werden die heutigen QII-Beiträge (entsprechend DZV) sowie die Beiträge für BFF auf Ackerflächen um 50% erhöht, weil die QI- und die Vernetzungsbeiträge wegfallen.
- Mittleres System: Die in der DZV festgelegten Beiträge für BFF auf Ackerflächen werden um 50% erhöht (wie im Indikator beschrieben). Zusätzlich wird ein Beitrag für seltene/alte Nutzpflanzen und -tiere bezahlt. Für jeden Hektar mit einer seltenen/alten Rasse oder Sorte wird ein Zuschuss von 200 CHF gezahlt. Gleiches gilt für je 15 gehaltene Tiere seltener Rassen. Der Beitrag für seltene/alte Nutzpflanzen und -tiere kann 2000 CHF pro Betrieb nicht überschreiten.

Für die detaillierte IDZ-Variante wurde ein neuer Indikator entwickelt, der Werte zwischen 0 und 1 annimmt und sich auf die ganze LN bezieht statt nur auf die BFF. Hierfür wurde ein Betrag von 500 CHF/ha LN gewählt.

Dass die für IDZ gewählten Schadenskosten im Bereich Biodiversität am unteren Ende der sehr grossen Spannweite liegen, wird dadurch entschärft, dass in den Schadenskosten anderer Indikatoren (z.B. Ammoniakemissionen) Biodiversitätsverluste berücksichtigt werden.

4.2.2 Treibhausgasemissionen, Ammoniak, Nitrat und Phosphor

Laut UBA (2019) betragen die Schadenskosten pro emittierte Tonne CO₂ 190 CHF. Die Schadenskosten pro emittiertes Kilogramm NH₃ belaufen sich auf ungefähr 28 CHF (CE Delft 2018, UBA 2019). Weil in der Berechnung der Schadenskosten von Ammoniak der indirekte Treibhausgaseffekt von Ammoniak (Ammoniak wird bei der Deposition teilweise in Lachgas umgewandelt) nicht enthalten ist, handelt es sich bei den 28 CHF für IDZ-Zwecke vermutlich eher um eine Unterschätzung. Wenn man bedenkt, wie gross die Unsicherheiten der Ammoniakerschadenskosten im Bereich Biodiversitätsverluste sind, sehen wir aber davon ab, diesen Wert zu korrigieren.

Die jährlichen Schadenskosten durch Nitratbelastungen der Schweizer Landwirtschaft belaufen sich entsprechend aktuellen Schätzungen auf 300 Mio. CHF (BAFU und BLW 2016; BLW 2019; Preschl et al. 2017; Schaller et al. 2006; Schläpfer, 2020), während Phosphor geschätzt jährliche Schadenskosten in Höhe von 275 Mio. CHF verursacht (BAFU und BLW 2016; BFS 2021a; SCNAT 2020). Die Bewirtschaftung eines ha LN verursacht somit durchschnittliche Schadenskosten in Höhe von ungefähr 600 CHF/ha LN aufgrund von Umweltbelastungen durch Nitrat und Phosphor.

Die Treibhausgasindikatoren der detaillierten und der mittleren Variante sind in Tonnen CO_{2eq} und der Ammoniakindikator der detaillierten Variante in Kilogramm NH₃ gegeben und sind somit direkt mit den Schadenskosten verknüpfbar. Bei der Minimalschwelle erhält der Betrieb 0 CHF (siehe Abbildung 2); mit jeder Tonne CO_{2eq} respektive jedem Kilogramm NH₃ pro ha LN, die der Betrieb über der Minimalschwelle liegt (d.h. weniger emittiert), erhält er 190 CHF respektive 28 CHF pro ha LN. Die maximalen Zahlungen pro ha/LN erhält der Betrieb, wenn er die Maximalschwelle erreicht. Für Treibhausgase beläuft sich der maximale Betrag somit auf 1'140 CHF/ha LN, bei den Ammoniakemissionen auf 1'400 CHF/ha LN. Die Maximalbeiträge für diese beiden Indikatoren sind folglich direkt von den gewählten Minimal- und Maximalschwellen abhängig. Da wir die Maximalschwellen auf 0 t CO_{2eq} respektive 0 kg NH₃ und die Minimalschwellen ungefähr auf den Schweizer Durchschnitt (6 t CO_{2eq} respektive 40 kg NH₃-N) gesetzt haben, sind die Maximalbeiträge konsistent mit denen der anderen Indikatoren (Gesamtschadenskosten geteilt durch Schweizer LN).

Die Indikatoren für Nitrat/Phosphor der detaillierten und mittleren Variante können Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Für einen Indikatorwert von 1 wird ein (maximaler) Beitrag von 600 CHF/ha LN bezahlt (respektive je 300 CHF/ha für Nitrat und Phosphor bei der detaillierten Variante), für einen Wert von 0.5 (Minimalschwelle) 0 CHF/ha LN.

In der einfachen IDZ-Variante sind all diese Umweltthemen zu einem einzigen Indikator zusammengefasst. Für diesen Indikator haben wir die Beträge der einzelnen Umweltthemen aus dem mittleren/detaillierten System addiert. Folglich beläuft sich die jährliche Maximalzahlung auf ca. 3'100 CHF/ha LN.

4.2.3 Pflanzenschutzmittel

Für die Schadenskosten von Pflanzenschutzmittel in der Schweizer Landwirtschaft sind in der Literatur Werte zwischen 100-200 und 500 Mio. CHF zu finden (BFS 2020; BLW 2019; de Baan et al. 2015; Zandonella et al. 2014). Entsprechend liegen die Werte pro ha LN ungefähr zwischen 100 und 500 CHF. Nach der DZV werden im Obst-, Reb- und Zuckerrübenbau für den vollständigen Verzicht auf Pflanzenschutzmittel zwischen 200 CHF und 800 CHF pro ha und Jahr an Beiträgen ausbezahlt.

Basierend auf diesen Zahlen haben wir den Maximalbetrag für den Indikator des detaillierten Systems auf 500 CHF/ha LN gesetzt. Für das einfache und das mittlere System, bei denen nur der Verzicht auf die Pflanzenschutzmittel mit den höchsten Risikoscores gefördert wird, wählen wir einen etwas geringeren Beitrag von 300 CHF/ha LN.

4.2.4 Boden

In der Schweiz und im deutschsprachigen Raum gibt es kaum Schadenskostenschätzungen für Erosion, Humus oder Bodenqualität im Allgemeinen. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Bodenqualität die Erträge sehr direkt beeinflusst; führt eine schlechte Bodenqualität zu geringen Erträgen, handelt es sich somit um interne Kosten. Der Betrieb sollte folglich ein hohes Eigeninteresse daran haben, dass seine Böden eine hohe Qualität aufweisen.

Jedoch gibt es auch im Bereich Boden externe Kosten; beispielsweise werden durch Erosion Nährstoffe und Schadstoffe wie z.B. Pflanzenschutzmittel ins Gewässer transportiert, wo sie Umweltprobleme verursachen können. Telles et al. (2011) haben Studien aus aller Welt zu erosionsbasierten Schadenskosten zusammengefasst; die meisten davon stammen aus den USA. Diese Studien legen nahe, dass die externen Kosten mindestens so hoch sind wie die internen Kosten.

Für die EU25 wurden die Gesamtkosten der Bodendegradation, die auf der Basis von verfügbaren Daten für Erosion, den Rückgang der organischen Substanz, Versalzung, Erdrutsch und Kontamination geschätzt wurden, auf bis zu 38 Mrd. Euro pro Jahr veranschlagt (Montanarella 2007). Pro ha LN erhält man somit ungefähr 217 Euro, was mit dem Umrechnungskurs von 2007 (Veröffentlichung der Studie) ungefähr 350 CHF entspricht.

Nach der DZV werden für eine schonende Bodenbearbeitung Beträge zwischen 150 und 250 CHF/ha ausbezahlt; bodenschonende Bearbeitung hat insbesondere auf die Erosion einen starken Einfluss. Humusfördernde Massnahmen wie z.B. der Anbau von Untersaaten, Gründüngungen oder Kunstwiesen, die in einem Ressourcenprojekt im Kanton Solothurn⁵ untersucht wurden, wurden mit Zahlungen zwischen 110 und 420 CHF/ha honoriert, mit einem Mittelwert von ungefähr 250 CHF/ha.

Basierend auf diesen Werten wird für die einfache IDZ-Variante ein Bodenbeitrag von 400 CHF/ha bezahlt (für Dauergrünland sowie die Fläche von Kunstwiese plus Zwischenfrüchte minus Hackfrüchte). Für die mittlere und die detaillierte Variante werden separate Beträge für Erosion und Humus ausbezahlt. Für Humus setzen wir den Maximalbetrag auf 200 CHF/ha für die mittlere und die detaillierte Variante; der Malus für Ackerbau auf organischen Böden beläuft sich auf -200 CHF/ha. Für die Erosion in der detaillierten Variante wird auf stark erosionsgefährdeten Flächen ein Maximalbeitrag von 400 CHF/ha ausbezahlt, auf Flächen mit mittlerem Erosionsrisiko 200 CHF/ha und auf Flächen mit geringerem Erosionsrisiko 0 CHF/ha.

Tabelle 5: Übersicht über die Einheiten, Schwellenwerte, Schadenskosten und Bezugsgrößen der verschiedenen Indikatoren. Mehr Details sind im Text (inklusive Anhang Kapitel 10) zu finden. Nicht alle Indikatoren sind konzeptionell so aufgebaut, dass es einfach variierbare Minimal- und Maximalschwellen gibt (z.B. Biodiversitätsindikator der einfachen Variante).

Variante	Umweltthema	Einheit des Indikators	Minimalschwelle	Maximalschwelle	Schadenskosten	Bezugsgrösse des Indikators
Detailliert	Biodiversität	dimensionslos	0	1	500 CHF/ha	Gesamte LN
	THG-Emissionen	t CO _{2eq} /ha	6 t CO _{2eq} /ha	0 t CO ₂ /ha	190 CHF/t CO _{2eq}	Gesamte LN
	Ammoniak	kg TAN/ha	40 kg TAN/ha	0 kg TAN/ha	28 CHF/kg TAN	Gesamte LN
	Nitrat	dimensionslos	0.5	1	300 CHF/ha	Gesamte LN
	Phosphor	dimensionslos	0.5	1	300 CHF/ha	Gesamte LN
	PSM	Punkte (bereits auf LN normiert)	15 Punkte und Massnahmen zur Verringerung der Drift und Abschwemmung	0 Punkte und Massnahmen zur Verringerung der Drift und Abschwemmung	500 CHF/ha	Gesamte LN
	Bodenerosion	dimensionslos	0.5	1	400 CHF/ha	Erosionsgefährdete LN (der Indikatorwert ist auf die Erosionsgefahr normiert)
	Humus	dimensionslos	0.5	1	200 CHF/ha (pauschal -200 CHF/ha für Ackerbau auf organischen Böden)	Gesamte LN

⁵ https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-alw/pdf/2015_agrarpolitische_massnahmen/Kantonale_F%C3%B6rderprogramme/Aktueller_Massnahmenkatalog_Ressourcenprogramm_Humus.pdf

Variante	Umwelt-thema	Einheit des Indikators	Minimal-schwelle	Maximal-schwelle	Schadens-kosten	Bezugsgrösse des Indikators
Mittel	Biodiversität	ha; Anzahl sel-tene Rassen und Sorten	-	Für seltene Rassen und Sorten: Maxi-malbeitrag von 2000 CHF pro Betrieb	Abhängig von BFF-Typ; 200 CHF pro ha seltene Nutzpflanzen res-pektive pro 15 sel-tene Tiere	BFF; Betrieb
	THG-Emissi-onen	t CO _{2eq} /ha	6 t CO _{2eq} /ha	0 t CO _{2eq} /ha	190 CHF/t CO _{2eq}	Gesamte LN
	Ammoniak	dimensionslos	0	1	1400 CHF/ha	Gesamte LN
	Nitrat	dimensionslos	0.5	1	600 CHF/ha	Gesamte LN
	PSM	dimensionslos	$BI_{tot}=0.2$	$BI_{tot}=0$	300 CHF/ha	Gesamte LN
	Bodenero-sion	Punkte/ha	Noch festzu-legen	Noch festzule-gen	Noch festzulegen	Gesamte LN
	Humus	Punkte/ha	0.5	1	200 CHF/ha	Gesamte LN
Einfach	Biodiversität	ha	-	-	Abhängig von BFF-Typ	BFF
	Emissionen	dimensionslos	0	1	3'100 CHF/ha	Gesamte LN
	PSM	dimensionslos	-	-	300 CHF/ha	Gesamte LN
	Boden	ha	-	-	400 CHF/ha	Pro ha Differenz respektive pro ha Dauergrünland

4.3 SWISSland-Ergebnisse

4.3.1 Überblick

Auf sektoraler Ebene resultieren alle drei IDZ-ES-Szenarien (ES=einfaches System) in relativ ähnlichen Ergebnissen (Tabelle 6). Aufgeschlüsselt nach den übergeordneten Themengebieten ergibt sich folgendes Bild:

- **Tierhaltung:** Die Tierhaltung zeigt insbesondere bei der Veredelung (Schweine- und Geflügelhaltung) einen mit bis zu 10% Reduktion teils deutlichen Rückgang der GVE. Die Schwankungsbreite innerhalb der Szenarien ist jedoch hoch. Im Hinblick auf die GVE-Gesamtzahlen ist der Rückgang der Tierhaltung jedoch gering und erreicht eine maximale Reduktion von 4.6% im Vergleich zum Referenzszenario.
- **Pflanzenbau:** Die sektorale offene Ackerfläche geht in allen Szenarien zwischen 2-3 % zurück. Auch die sektorale Kunstwiesenfläche nimmt in allen Szenarien leicht ab (0.1-0.9%). Demgegenüber bleibt die Naturwiesenfläche konstant bzw. steigt in einigen Szenarien leicht an.
- **Stickstoffüberschuss:** Die Tierhaltung ist einer der Haupttreiber der landwirtschaftlichen N-Emissionen, und so zeigt sich analog zu den geringen Rückgängen in der Tierhaltung auch eine geringe Reduktion des Stickstoffüberschusses – dies, obwohl in den Szenarien «IDZ ES Alles oder Nichts» und «IDZ ES Verpflichtend» hohe Stickstoffausbringungen zusätzlich mit einem Malus bestraft werden.
- **Biodiversität:** Insbesondere auf Ackerflächen ist bei allen IDZ-ES-Szenarien eine deutliche Zunahme an BFF zu beobachten. Der starke Anstieg ist auf die Erhöhung der Zahlungen für diese Flächen zurückzuführen. Demgegenüber steht eine geringe Zunahme der QII-Flächen auf Grünland und sonstigen Flächen.
- **Landwirtschaftliche Flächen und Strukturwandel:** Sowohl die LN als auch die Gesamtackerfläche nehmen (sehr) leicht ab. Die Anzahl der Landwirtschaftsbetriebe ist praktisch unverändert, mit einem leichten Aufwärtstrend in zwei der drei gerechneten Szenarien.
- **Selbstversorgungsgrad:** In allen IDZ-ES-Szenarien sinkt der Selbstversorgungsgrad gegenüber dem Referenz-Szenario um 4-6%.
- **Direktzahlungen und Betriebseinkommen:** Grundsätzlich entwickelt sich das Einkommen positiv, allerdings steigen auch die Bundesausgaben.

Da die gesamtsektorale Übersicht nicht immer ein gutes Bild der im Detail ablaufenden Prozesse vermitteln kann, werden im Folgenden einige der zentralen Entwicklungen detailliert besprochen.

Tabelle 6: Übersicht über die Sektorergebnisse der drei IDZ-Szenarien in Relation zum Referenz-Szenario. Beim Selbstversorgungsgrad wird zwischen Brutto und Netto unterschieden. Der Netto-Selbstversorgungsgrad berücksichtigt dabei die Tatsache, dass ein Teil der Inlandproduktion auf importierten Futtermitteln beruht und weist deshalb geringere Werte als der Brutto-Selbstversorgungsgrad auf. Der Umfang der Reduktion ist abhängig vom Anteil der mit importierten Futtermitteln produzierten Inlandproduktion.

Relative Änderung der Sektorergebnisse gegenüber dem Referenz-Szenario im Jahr 2029			
Kennziffern	Differenz von Referenz zu:		
	IDZ ES "Basis"	IDZ ES "Alles oder Nichts"	IDZ ES "Verpflichtend"
	%	%	%
LN	-0.7%	0.0%	-0.3%
Offene Ackerflächen	-3.2%	-2.8%	-2.2%
Kunstpflanzen	-0.9%	-0.1%	-0.8%
Naturwiesen	0.0%	0.8%	0.3%
Biodiversitätsförderflächen (BFF) QII	3.6%	2.7%	3.3%
BFF auf Acker	60.3%	57.4%	60.9%
RGVE	-3.7%	-2.5%	-3.2%
Veredelung	-8.0%	-2.8%	-10.1%
GVE Total	-4.6%	-2.5%	-4.6%
Stickstoffüberschuss	-3.8%	-2.0%	-4.0%
Nettounternehmenseinkommen	16.1%	12.7%	11.1%
Direktzahlungen	21.8%	18.8%	13.8%
Landwirtschaftliches Einkommen	11.7%	11.4%	8.0%
Selbstversorgungsgrad Brutto	-5.8%	-4.6%	-5.9%
Selbstversorgungsgrad Netto	-5.7%	-5.0%	-5.8%
Anzahl Betriebe	0.2%	0.3%	0.0%

4.3.2 Ackerbau

Abbildung 4 zeigt, dass gegenüber dem Referenz-Szenario in allen IDZ-ES-Szenarien die gleichen Trends vorherrschen: eine Verlagerung der Ackernutzung weg von Silomais und hin zu Getreide sowie eine Reduktion der Anbaufläche von Proteinkulturen, Ölsaaten und Zuckerrüben. Insgesamt steigt der Anteil der Getreideflächen damit gegenüber dem Referenz-Szenario sehr leicht an (+0.2% bis +1.2%). Im Gegenzug fallen die Rückgänge bei Proteinkulturen, Ölsaaten und Zuckerrüben mit 5.6% bis 19.8% umfangreicher aus. Der Verlust an offener Ackerfläche ist neben dem Rückgang der Silomaisflächen vor allem auf den reduzierten Anbau dieser drei Kultur(-gruppen) zurückzuführen. Der reduzierte Anbau hängt mit den gestrichenen Einzelkulturbeiträgen zusammen.

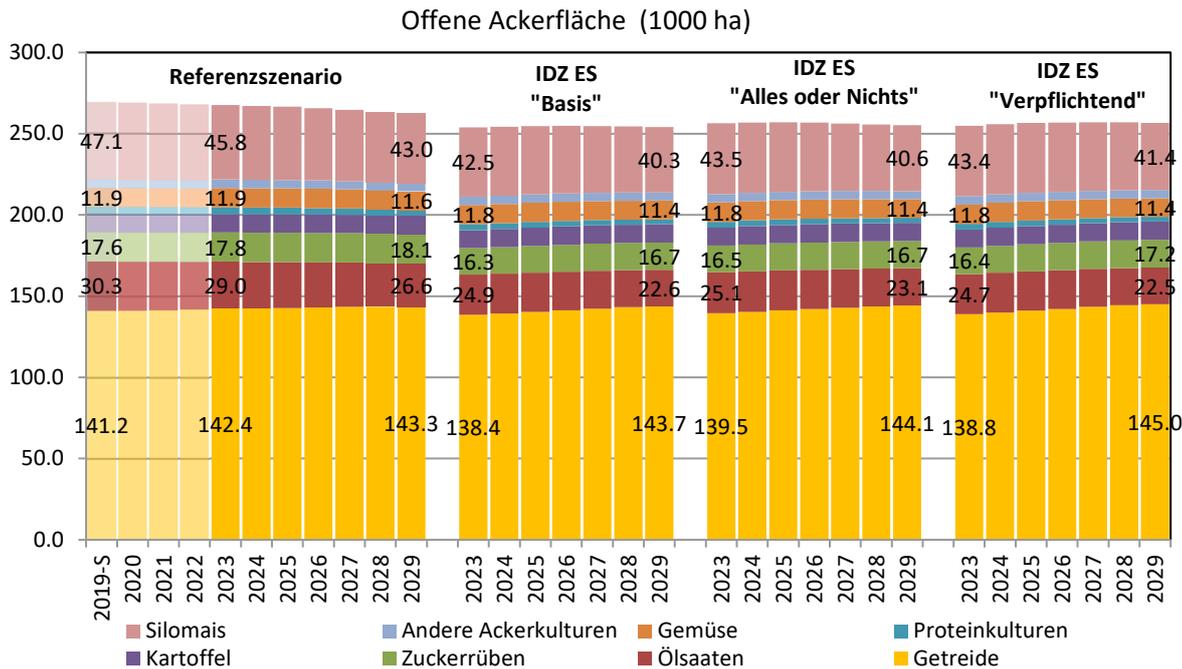


Abbildung 4: Entwicklung der verschiedenen Ackerkulturen für die drei IDZ-ES-Szenarien sowie für das Referenzszenario. Die Jahre vor Inkrafttreten des IDZ-Systems (2019 – 2022) sind transparent eingefärbt und für die IDZ-ES-Szenarien nicht mitangezeigt, da dort die Entwicklung unabhängig vom Szenario immer gleichbleibt. 2019-S ist das Statistikjahr und beruht auf beobachteten Daten.

4.3.3 Tierhaltung

Die Tierbestände gehen in allen IDZ-ES-Szenarien zurück. Bei Schafen und Milchkühen zeigt sich je nach Szenario ein Rückgang um 3% bis 5% (nicht dargestellt). Die Bestände von Mutterkühen und anderen Rindern bleiben jedoch nahezu gleich oder ändern sich kaum (1% bis 3% Reduktion, je nach Szenario). In der Veredelung nehmen die Bestände im IDZ-ES-Szenario «Basis» um 8% und im Szenario «Verpflichtend» um 10% ab. Die Reduktion des Veredelungsbestands bei diesen Szenarien ist in erster Linie auf eine Verringerung der Schweinebestände zurückzuführen.

Im Szenario «Verpflichtend» gehen die Veredelungsbestände am stärksten zurück, da die Betriebe bei Nicht-Erfüllung der IDZ-Auflagen sowohl auf die IDZ-Direktzahlungen als auch auf übrige Direktzahlungen verzichten müssen. Bei den Mastpoulet- und Legehennenbetrieben fallen jedoch die Marktleistungsverluste bei einer allfälligen Reduktion der Tierbestände höher aus als die Direktzahlungsverluste, weshalb es sich für diese Betriebe nicht lohnt, am DZ-System teilzunehmen. Deshalb ergeben sich bei den sektoralen Tierbeständen für Legehennen und Mastpoulets absolut gesehen nur leichte Rückgänge (Abbildung 5). Betroffene Betriebe reduzieren zwar die Bestände etwas, bezahlen aber ansonsten den anfallenden Malus und nehmen kaum einschneidende Änderungen in ihren Betriebsstrukturen vor. Im Szenario «Basis» gehen die Veredelungsbestände ebenfalls beträchtlich zurück, weil die IDZ-Zahlungen einen hohen Anteil der Gesamtdirektzahlungen ausmachen (Verlagerung Versorgungssicherheitsbasisbeiträge plus hohe Umweltbeiträge).

Im Gegensatz zu den anderen beiden IDZ-ES-Szenarien verändert sich der Veredelungsbestand im Szenario «Alles oder Nichts» kaum (-2.8%). Dass bei diesem Szenario die ansonsten trendbestimmende Bestandsreduktion nicht auftritt, ist dem «Alles oder Nichts»-Prinzip anzulasten: Die negativen wirtschaftlichen Konsequenzen im Bereich des Emissionsschutzbeitrags – auch hier insbesondere für die tierintensiven Veredelungsbetriebe – sind zu hoch, als dass sich eine Teilnahme an allen vier Umweltzahlungen (Emission, Boden, Pflanzenschutzmittel, Biodiversität) finanziell lohnen würde. Die betroffenen Betriebe beanspruchen aus diesem Grund keine Umwelt-Direktzahlungen und intensivieren teilweise ihr bestehendes Produktionssystem, um die wegfallenden Direktzahlungen zu kompensieren.

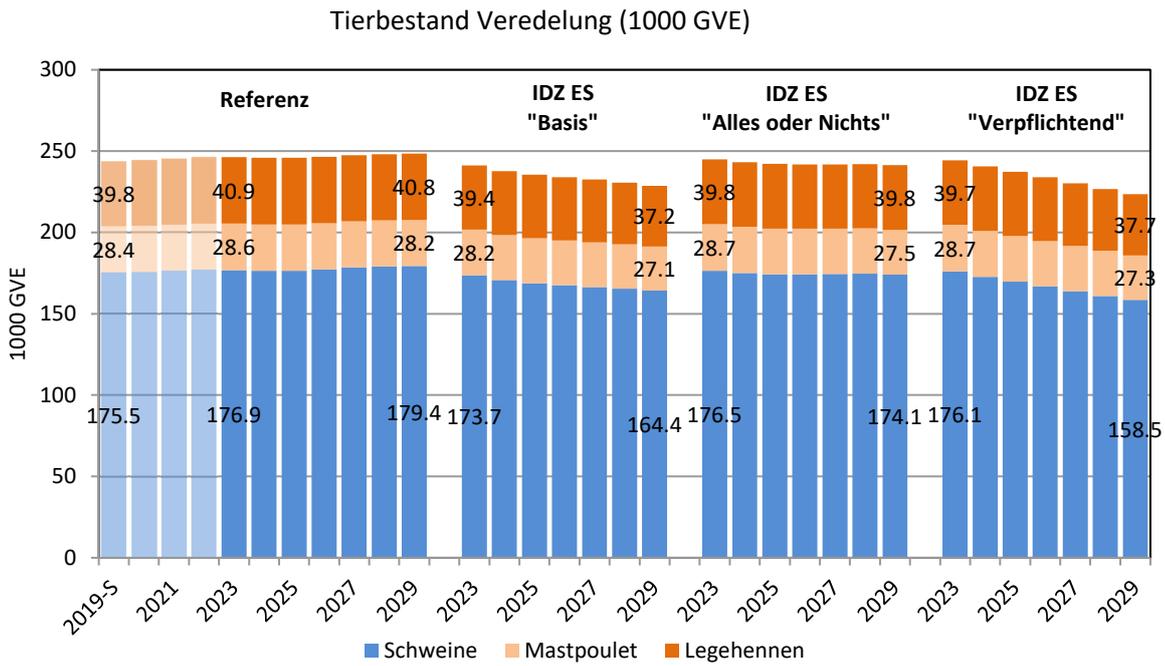


Abbildung 5: Entwicklung des Veredelungsbestands. 2019-S ist das Statistikjahr und beruht auf beobachteten Daten.

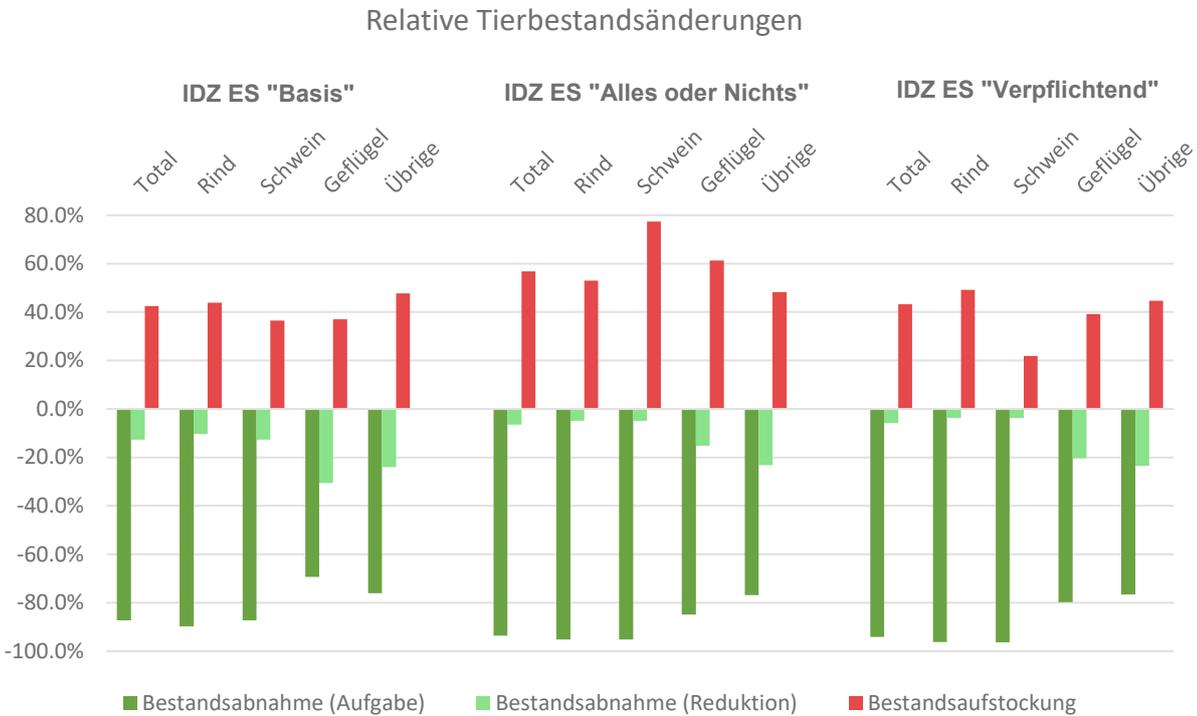


Abbildung 6: Entwicklung der relativen Tierbestände in Abhängigkeit von Betriebsaufgabe oder Betriebsfortführung mit reduziertem oder erhöhtem Tierbestand

Eine detaillierte Betrachtung auf Ebene der Betriebe zeigt, dass die rückläufigen Tierzahlen in erster Linie auf aus dem Produktionsprozess aussteigende Betriebe zurückzuführen sind (vgl. Abbildung 6). Die Grafik zeigt auf, welcher Anteil der Rückgänge in den Tierbeständen (z.B. Rückgang um 4.6% für das Szenario «Basis», siehe Tabelle 6) auf Betriebsaufgaben (-87% für «Basis», dunkelgrüner Balken) und welcher Anteil auf Bestandesreduktionen (-13% für «Basis», hellgrüner Balken) zurückzuführen ist. Die Summe der beiden grünen Balken ergibt somit immer -100%. Ebenfalls dargestellt sind Bestandsaufstockungen, die den Tierbestandreduktionen entgegenwirken. Beispielsweise wurde 43% des Tierbestandrückgangs im Szenario «Basis» durch Bestandsaufstockungen kompensiert.

In den Szenarien tragen die verstärkten Betriebsaufgaben in der Gruppe der spezialisierten und kombinierten Veredelungsbetriebe zu 70-90% der gesamten Tierbestandsreduktion bei. Die Betriebsaufgaben nehmen vor allem in diesen zwei Betriebsgruppen zu, weil diese erhebliche einzelbetriebliche Einkommenseinbußen im Vergleich zum Referenzszenario hinnehmen müssen (Abbildung 9). Darüber hinaus zeigt sich, dass die effektiv erzielte Bestandsreduktion durch teils erhebliche Bestandsaufstockungen auf anderen Betrieben kompensiert wird. In allen drei Szenarien übersteigt die Bestandsaufstockung die durch Reduktion erzielte Bestandsabnahme deutlich. Insbesondere im Szenario «Alles oder Nichts» wird der durch Betriebsaufgaben und Bestandsreduktion erzielte Rückgang im Tierbestand durch die starke Aufstockung um rund 57% verringert.

4.3.4 Produktion und Selbstversorgung

Die in den meisten Szenarien verringerten Tierbestände sowie der leichte Rückgang der Gesamtackerfläche spiegeln sich in der Produktion wider (Abbildung 7). Sowohl bei den tierischen wie auch bei den meisten pflanzlichen Produkten ist ein Rückgang im Produktionsvolumen feststellbar. Alle drei IDZ-ES-Szenarien zeigen einen Anstieg der Futtergetreideproduktion um 2.1% (Szenario «Basis») bis zu 4.5% (Szenario «Verpflichtend») sowie einen vernachlässigbaren Rückgang der Brotgetreideproduktion (-0.1% bis -0.3% Rückgang). Ebenfalls zeigt sich, dass das Produktionsvolumen von Ölsaaten in allen Szenarien um ca. 20% rückläufig ist.

Während die Tierproduktion aufgrund der abgebauten Tierbestände in zwei der drei IDZ-ES-Szenarien konsistent geringer als im Referenz-Szenario ausfällt, sorgen die ungefähr gleichbleibend hohen Tierbestände im Szenario «Alles oder Nichts» für im Vergleich geringe Verluste in der tierischen Produktion.

Produktionsveränderungen mit IDZ

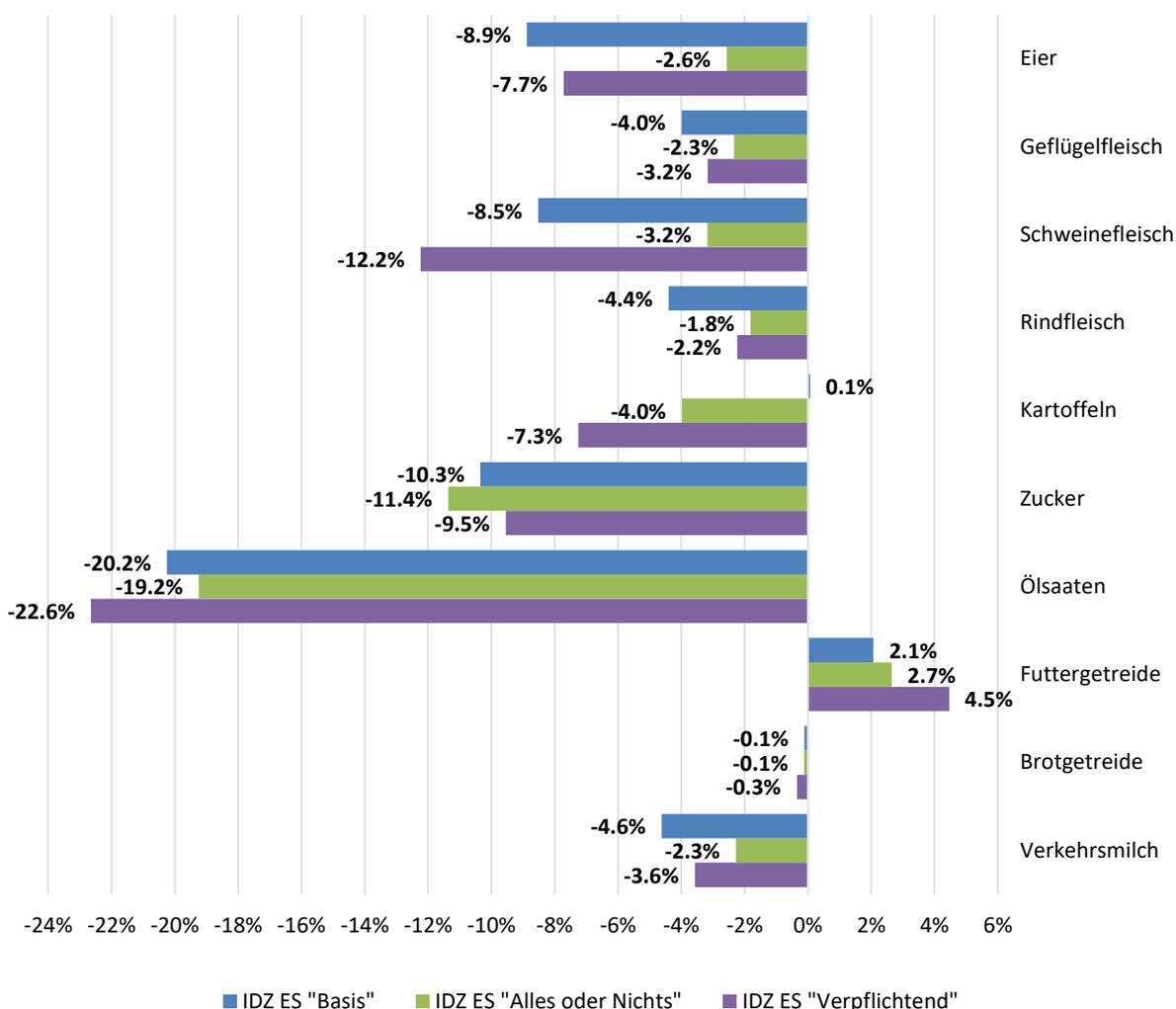


Abbildung 7: Relative Entwicklung der tierischen und pflanzlichen Produktion im Vergleich zum Referenz-Szenario.

Die beschriebenen Änderungen in der landwirtschaftlichen Produktion übertragen sich auf die Netto-Kalorienproduktion der Schweizer Landwirtschaft. Folglich nimmt der Netto-Output sowohl im pflanzlichen als auch im tierischen Bereich gegenüber dem Referenz-Szenario ab. Bei der pflanzlichen Kalorienproduktion erreichen die drei IDZ-ES-Szenarien 95% (Szenario «Basis») und 94% (Szenarien «Alles oder Nichts», «Verpflichtend»). Bei der tierischen Kalorienproduktion ist das Szenario «Alles oder Nichts» mit 97% der Referenz-Kalorienproduktion Spitzenreiter, die anderen Szenarien sind mit jeweils 95% («Basis», «Verpflichtend») gleichauf. Da keines der IDZ-ES-Szenarien das Niveau des Referenz-Szenarios erreicht, verringert sich auch der Selbstversorgungsgrad um 4-6% (Abbildung 8).

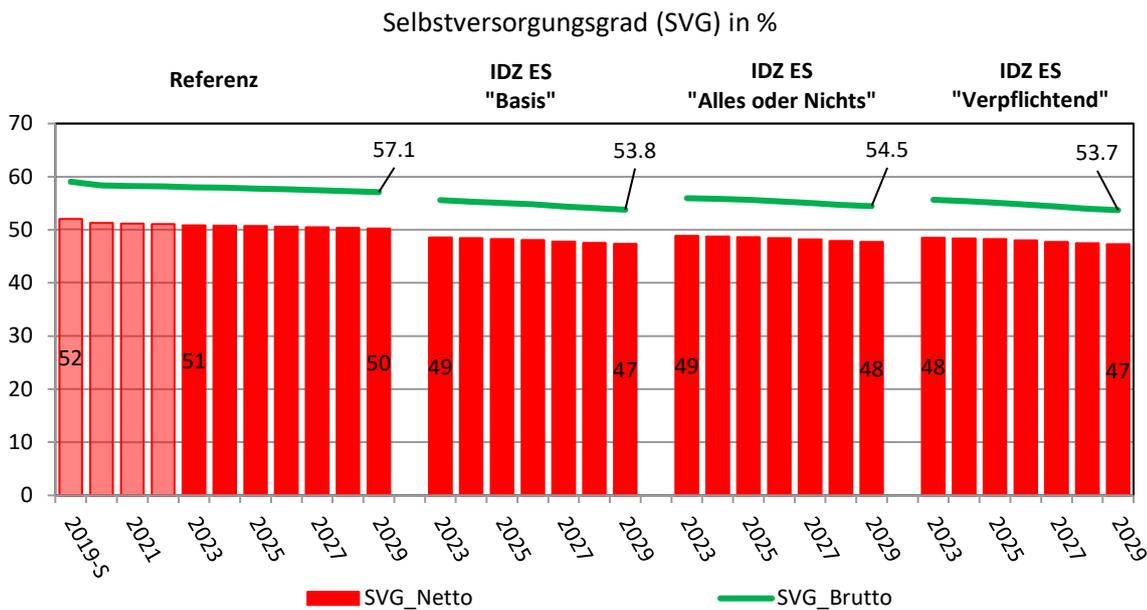


Abbildung 8: Selbstversorgungsgrad der Schweiz unter den verschiedenen IDZ-ES-Szenarien. 2019-S ist das Statistikjahr und beruht auf beobachteten Daten.

4.3.5 Einkommen

Das durchschnittliche landwirtschaftliche Einkommen entwickelt sich in allen IDZ-ES-Szenarien über die Zeit positiv und kann in allen Fällen das Ergebnis im Referenz-Szenario von durchschnittlich CHF 93'258 im Jahr 2029 übertreffen. Der Hauptgrund für die positive Entwicklung ist das höhere Direktzahlungsbudget (Kapitel 4.3.6). Spitzenreiter ist das Szenario «Basis» (CHF 104'127), gefolgt von «Alles oder Nichts» (CHF 103'931). Das Szenario mit verpflichtender Teilnahme weist mit CHF 100'723 das geringste Einkommen der IDZ-Szenarien auf. Das IDZ-System zeigt in allen Szenarien Vorteile für die Bergbetriebe mit einem deutlichen Einkommensplus von +18-20% (Bergzone 1) bis hin zu +59% (Bergzone 3; nicht dargestellt). Die Betriebe in den Bergzonen 2 und 4 liegen mit +39% (Bergzone 2) und +32% (Bergzone 4) im Mittelfeld. Auf der Ebene Betriebstyp profitieren die Rindvieh- und Mutterkuh-Betriebe mit einer Einkommenszunahme von im Mittel 47% (Rindvieh-Betriebe) und 53% (Mutterkuh-Betriebe). Bei den Ackerbau-Betrieben liegt das mittlere Einkommensplus über alle Szenarien bei 25%. Auf der Verlustseite stehen die Veredelungsbetriebe in der Tal- und Hügellzone. Dies sind die einzigen Betriebstypen, die auf Ebene Sektor sehr deutliche Einkommensverluste hinnehmen müssen (bis zu -37% Einkommen im Szenario «Verpflichtend», im Mittel -23% für Veredelungsbetriebe und -21% für kombinierte Veredelungsbetriebe), wohingegen alle andere Betriebstypen konstant bleiben oder von der Umstellung auf das IDZ-ES-System profitieren können (Abbildung 9).

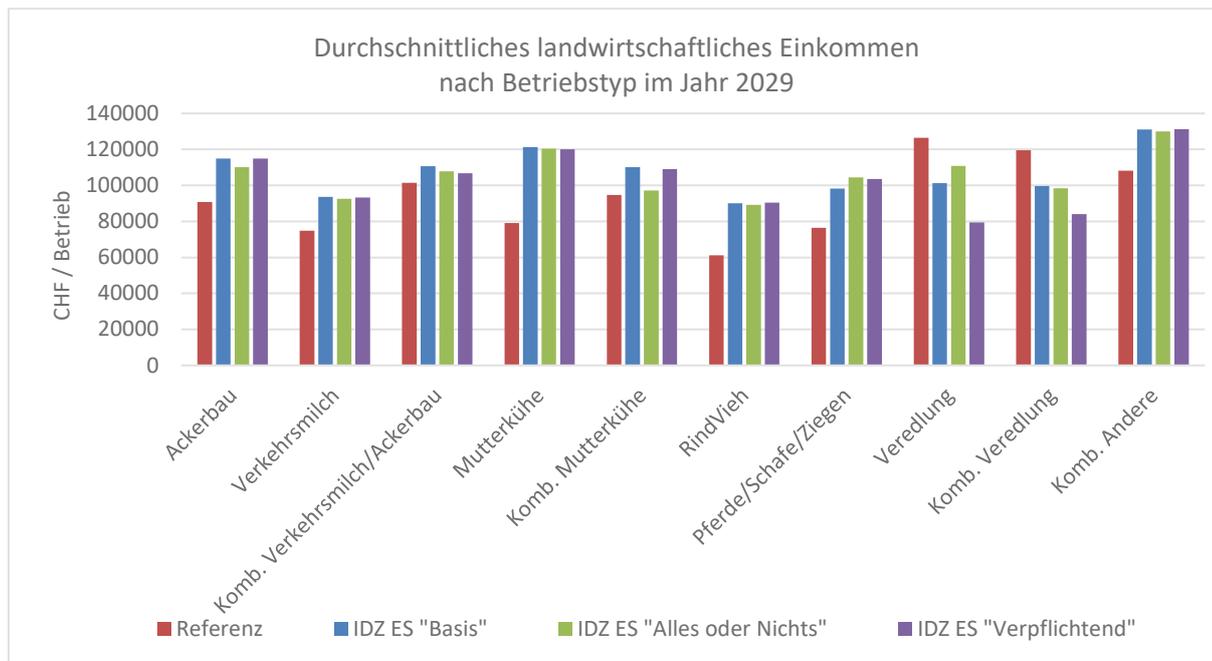


Abbildung 9: Entwicklung des durchschnittlichen landwirtschaftlichen Einkommens nach Betriebstyp im Jahr 2029. Dargestellt sind die Ergebnisse für die drei IDZ-ES-Szenarien sowie für das Referenz-Szenario. 2019-S ist das Statistikjahr und beruht auf beobachteten Daten.

4.3.6 Direktzahlungen

In den IDZ-ES-Szenarien wurde ein Teil der heutigen Direktzahlungen gestrichen und durch neue IDZ-Zahlungen ersetzt. Aus diesem Grund nehmen beispielsweise die Versorgungssicherheitsbeiträge frappant ab (siehe Tabelle 7, Abbildung 10). Doch auch Direktzahlungen, deren Beitragshöhen nicht modifiziert wurden, können sich auf Sektorebene ändern: So nehmen die BTS- und RAUS-Beiträge zwischen 2 und 4% ab, was sich mit der durch das IDZ-System induzierten Reduktion des Tierbestandes erklären lässt.

In den beiden IDZ-ES-Szenarien «Basis» und «Alles oder Nichts» steigt das Gesamt-Direktzahlungsbudget um 18.8% respektive 21.8%, im Szenario «Verpflichtend» liegt der Anstieg bei 13.8%. Letzteres ist durch eine Reduktion der Mitnahmeeffekte zu erklären, die durch den Zwang zur Teilnahme sowie der Möglichkeit von negativen IDZ-Direktzahlungen zustande kommt. In allen Szenarien machen die IDZ-Zahlungen mehr als die Hälfte der Gesamtdirektzahlungen aus (62% bis 64.6%) und liegen damit deutlich über den ersetzten umweltrelevanten Direktzahlungen des Referenzszenarios (22.1%).

Tabelle 7: Verteilung des Bundesbudgets auf die verschiedenen Direktzahlungen, die im IDZ-System geändert wurden, unter dem Referenzszenario sowie den IDZ-ES-Szenarien. Direktzahlungsbeträge gerundet auf ganze Zahlen.

Erhaltene Direktzahlungen im Jahr 2029 (sektoral, Mio. CHF)				
Direktzahlung	Referenz	IDZ ES «Basis»	IDZ ES «Alles oder Nichts»	IDZ ES «Verpflichtend»
Versorgungssicherheit	1075	243	242	243
Biodiversitätsförderflächen	344	199	198	200
Bio	58	0	0	0
Verzicht auf Pflanzenschutzmittel (extenso)	35	0	0	0
Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion	113	0	0	0
Ressourceneffizienz	40	0	0	0
Übergangsbeiträge	87	0	0	0
IDZ-Beiträge Emissionsschutz, Bodenschutz, RPSM-Verzicht	0	2106	2018	1887

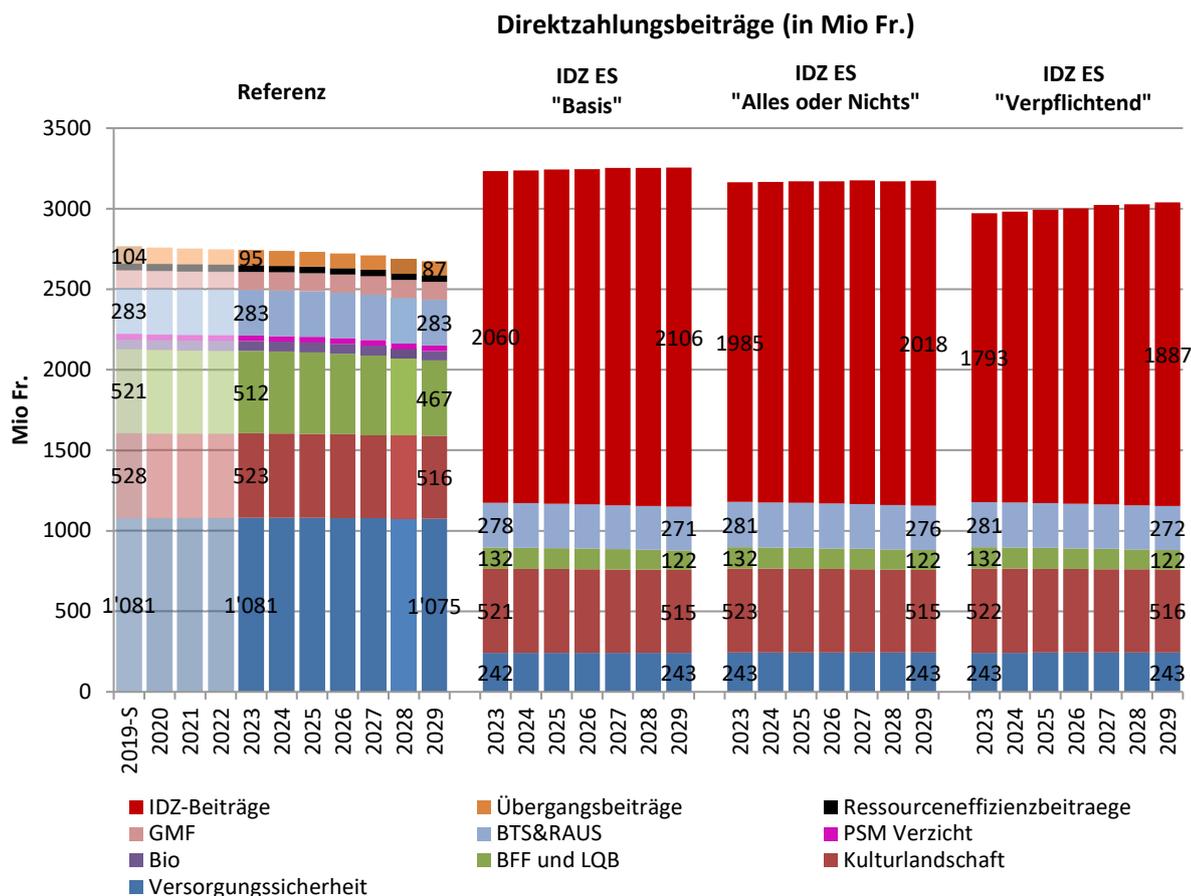


Abbildung 10: Entwicklung des Direktzahlungsbudgets, aufgeschlüsselt nach Szenario. Die BFF-Beiträge sind für die IDZ-ES-Szenarien unter IDZ-Beiträgen aufgeführt. 2019-S ist das Statistikjahr und beruht auf beobachteten Daten.

4.3.7 Umweltrelevante Entwicklungen

SWISSland ist kein Modell, das detaillierte Umweltwirkungen darstellen kann. Dennoch können wir aus den SWISSland-Ergebnissen einige Rückschlüsse auf die zu erwartenden Umweltwirkungen ziehen. Neben den bereits beschriebenen Entwicklungen im Tierbestand, die insbesondere für die Treibhausgas- und Ammoniakemissionen relevant sind, sind auch Änderungen in der Stickstoffbilanzierung sowie in den Biodiversitätsförderflächen von Bedeutung. Die Entwicklungen im Bereich Pflanzenschutzmittel und Boden können dagegen mit SWISSland, abgesehen von der Teilnahme am Direktzahlungsprogramm, nicht beurteilt werden.

Bei der Stickstoffbilanzierung ist unter den IDZ-ES-Szenarien eine leichte Verbesserung gegenüber dem Referenz-Szenario festzustellen. Bei allen IDZ-ES-Szenarien ist ein um rund 4% reduzierter Mineraldüngereinsatz zu beobachten (-3.8% bis -4.7%). Zudem finden auch Reduktionen der Stickstoffzufuhr aus Tierzukaufen, Rau- und Krafftutter statt (-5 und -6% für die Szenarien «Basis» und «Verpflichtend», -2.4% für das Szenario «Alles oder Nichts»). Insgesamt werden beim Stickstoff-Überschuss so Reduktionen zwischen 2% («Alles oder Nichts») und 4% (andere IDZ-ES-Szenarien) erreicht.

Bei der Entwicklung der BFF zeigt sich in allen IDZ-ES-Szenarien eine ausgeprägte Differenz zwischen Grünland und Ackerflächen (nicht dargestellt). Während auf Grünland lediglich eine Steigerung von 3% gegenüber dem Referenz-Szenario feststellbar ist (für Aufschlüsselung siehe Tabelle 8), steigen die BFF auf Bunt- und Rotationsbrachen erheblich (+91% bis +95%). Dies ist vor allem auf die um 50% erhöhten Beiträge zurückzuführen. Des Weiteren ist der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln auf diesen Flächen verboten, was für die Betriebe unter Umständen zu höheren Emissionsschutzbeiträgen und Pflanzenschutzmittelbeiträgen führen kann. Im Gegensatz zu den Acker-BFF erhalten einige andere BFF mit Qualitätsstufe II weniger Geld pro Fläche als heute, weil die QI-Beiträge (sowie für manche Flächen die Vernetzungsbeiträge) wegfallen. Beispiel: Für 1 ha extensiv genutzte Wiese mit Qualitätsstufe II im Talgebiet erhält ein Betrieb heute 1'080 CHF (QI-Beitrag) plus 1'920 CHF (QII-Beitrag), also

insgesamt 3'000 CHF. Ist die Fläche bei einem Vernetzungsprojekt angemeldet, sind es sogar 4'000 CHF. Dagegen erhält der Betrieb mit dem einfachen IDZ-System nur noch 2'880 CHF (QII-Beitrag um 50% erhöht).

Tabelle 8: QII-Biodiversitätsförderflächen nach Typ und Szenario im Jahr 2029. «Hecken» subsummiert dabei Hecken, Ruderalflächen, Ufergehölze und weitere unspezifische Förderflächen.

Biodiversitätsförderfläche und Qualitätsstufe	Fläche im Jahr 2029 (in 1000 ha)			
	Referenz	IDZ ES «Basis»	IDZ ES «Alles oder Nichts»	IDZ ES «Verpflichtend»
Extensive Wiesen und Weiden (QII)	55	57.5	56.9	57.3
Wenig intensive Wiesen (QII)	4	3.8	3.8	3.8
Hecken (QII)	1.7	1.7	1.7	1.6
Streue- und Torfflächen (QII)	6.6	6.7	6.7	6.7

4.3.8 Beteiligung an neu eingeführten Direktzahlungen

Mit Ausnahme des IDZ-ES-Szenarios «Verpflichtend» können Landwirtschaftsbetriebe, die Direktzahlungen erhalten, bei den IDZ-ES-Szenarien frei über die Teilnahme entscheiden. Tabelle 9 zeigt die Beteiligung aufgeschlüsselt nach Szenario und IDZ-Direktzahlung. Nicht aufgeführt in der Tabelle sind Biodiversität und das Szenario «Verpflichtend», da die Beteiligung hier bei 100% liegt (d.h. Beteiligung an QI-Flächen für Biodiversität).

Die höchste Beteiligung weist der Bodenschutz auf, da hier aufgrund der Pauschalzahlung für Dauergrünland die Einstiegshürde am geringsten ist. Zusätzlich zeigt sich, dass drei Viertel der RPSM-Anwender (Pflanzenschutzmittel mit hohen Risikoscores, siehe Anhang Kapitel 10.4) im Ausgleich für Direktzahlungen bereit sind, auf den Einsatz riskanter Pflanzenschutzmittel zu verzichten. Das IDZ-ES-Szenario «Alles oder Nichts» weist mit 86.0% eine insgesamt hohe Beteiligung auf.

Die Beteiligung ist nicht auf den Landwirtschaftssektor hochgerechnet, sondern zeigt die Beteiligung der rund 3'200 Betriebe von SWISSland an den IDZ-Zahlungen. Für den Verzicht auf RPSM ist das Verhältnis zu Anwendern von nicht ersetzbaren und schwierig ersetzbaren RPSM («relevante Anwender») angegeben. Anwender von ersetzbaren RPSM werden bei der Beteiligung nicht berücksichtigt, da für sie ein Verzicht auf den Einsatz von RPSM ohne Einbussen umsetzbar ist.

Tabelle 9: Beteiligung der SWISSland-Betriebe an den IDZ-Beiträgen für das Jahr 2029. Für das IDZ-ES-Szenario «Verpflichtend» ist die Beteiligung durchgehend 100%.

	IDZ «Basis»	IDZ «Alles oder Nichts»
Aktive Betriebe 2029 (Gesamt)	2567	2559
RPSM-Anwender		
RPSM-Anwender 2029 gesamt (ersetzbar / schwierig ersetzbar / nicht ersetzbar)	475	474
Relevante RPSM-Anwender 2029 (schwierig ersetzbar / nicht ersetzbar)	404	403
Anwender von ausschliesslich ersetzbaren RPSM (2029)	71	71
Beteiligung, absolut		
Emissionsschutz	2155	
Bodenschutz	2554	
Verzicht auf RPSM	314	
Teilnahme an «IDZ Alles oder Nichts»		2209
Beteiligung, relativ (in %)		
Emissionsschutz	84.0%	
Bodenschutz	99.5%	
Verzicht auf RPSM (nur relevante RPSM-Anwender)	77.7%	
Teilnahme an «IDZ Alles oder Nichts»		86.0%

4.4 Sensitivitätsanalysen

Die vorliegenden SWISSland-Ergebnisse beziehen sich auf die Minimal- und Maximalschwellen sowie auf die schadenskostenbasierten Beitragsansätze der Indikatoren, die in Tabelle 5 zu finden sind. Mit diesen Werten liegt das IDZ-Direktzahlungsbudget deutlich über dem heutigen Direktzahlungsbudget (Abbildung 10). Einer der Vorteile des IDZ-Systems ist jedoch seine Flexibilität: Durch Anpassungen der Schwellenwerte sowie der schadenskostenbasierten Auszahlungen pro ha kann das Direktzahlungsbudget gesteuert werden. Im Folgenden wurden mit SWISSland für die einfache IDZ-Variante folgende Sensitivitätsanalysen vorgenommen, die das Direktzahlungsbudget reduzieren sollten:

1. Eine Reduktion aller IDZ-Direktzahlungen um 20% («DZ80»):
Die Beitragshöhen der vier im einfachen System implementierten IDZ-Beiträge «Emissionsschutzbeitrag», «Bodenschutzbeitrag», «Biodiversitätsbeitrag» und «Beitrag für Verzicht auf Pflanzenschutzmittel mit hohen Risiko-Scores» wurden um 20% reduziert.
2. Eine Verschärfung der Minimalschwelle für den Erhalt des Emissionsschutzbeitrags («IDZ strikt»):
Standardmässig erhalten Landwirte und Landwirtinnen in der einfachen IDZ-Variante den Emissionsschutzbeitrag ausbezahlt, wenn sie die Schwellen von 1.5 GVE/ha und 200 kgN/ha unterschreiten. Für die Sensitivitätsanalyse wurden diese Schwellen auf 1.0 GVE/ha und 150 kgN/ha gesenkt.

Mit den Änderungen der Beitragshöhen und der Schwellenwerte können sich neben dem Direktzahlungsbudget auch die weiteren Simulationsergebnisse ändern, wie wir in den nächsten Abschnitten aufzeigen werden. Modellierungen auf Basis der unveränderten, einfachen IDZ-Variante werden nachfolgend als «Basismodell» bezeichnet. Das Referenzszenario betrachtet die Fortführung der bestehenden Agrarpolitik AP18–21.

4.4.1 Reduktion der IDZ-Direktzahlungsansätze um 20%

Die Senkung der Beitragsansätze der vier IDZ-Beiträge «Emissionsschutzbeitrag», «Bodenschutzbeitrag», «Biodiversitätsbeitrag» und «Beitrag für Verzicht auf Pflanzenschutzmittel mit hohen Risiko-Scores» zeigt im Grossen und Ganzen die gleichen Trends wie die in Kapitel 4.3 vorgestellten Modellresultate: Ein moderater Rückgang der offenen Ackerfläche, des Tierbestands und des Stickstoffüberschusses, verbunden mit einer entsprechenden Reduktion des Selbstversorgungsgrads. Aufgrund der durch die Reduktion der Beitragsansätze etwas gesunkenen wirtschaftlichen Anreize sind die Rückgänge in den meisten Fällen ebenfalls etwas weniger ausgeprägt als im Basismodell mit 100% Beitragszahlungen (vgl. Tabelle 10).

Veränderungen gegenüber den Modellresultaten mit 100%-IDZ-Beitragsansätzen zeigen sich bei den Biodiversitätsförderflächen, beim Unternehmenseinkommen sowie beim Direktzahlungsbudget. Insbesondere die Anlage von BFF auf Ackerland büsst durch die verringerten Beitragsansätze deutlich an Attraktivität ein und verzeichnet mit 21.9% bis 26.5% einen sehr viel geringeren Anstieg (100%-Beitragsansätze: 57.4% bis 60.9% Zuwachs). Die Reduktion des IDZ-Budgets führt zu einem gegenüber dem Referenzzustand (AP18-21) nur geringfügig erhöhten Gesamtdirektzahlungsbudget. Im Fall des Szenarios «IDZ ES Verpflichtend» wird das aktuelle Direktzahlungsbudget unterschritten. Analog zum Basismodell ist die Höhe des Direktzahlungsbudgets auch im landwirtschaftlichen Einkommen deutlich sichtbar. Während die Szenarien «IDZ ES Basis» und «IDZ Alles oder Nichts» noch eine leicht bis schwach positive Entwicklung zeigen, führt das Szenario «IDZ Verpflichtend» zu einem Rückgang des durchschnittlichen Nettounternehmenseinkommens.

Tabelle 10: Überblick über die relativen Änderungen gegenüber dem unveränderten Referenz-Szenario bei Reduktion der IDZ-Direktzahlungen auf 80% des vorgeschlagenen Niveaus.

Relative Änderung der Sektoregebnisse gegenüber dem Referenz-Szenario im Jahr 2029 Modellvariante "DZ80"			
Kennziffern	Differenz von Referenz zu:		
	IDZ ES DZ80 "Basis"	IDZ ES DZ80 "Alles oder Nichts"	IDZ ES DZ80 "Verpflichtend"
	%	%	%
LN	-0.9%	-0.3%	-0.4%
Offene Ackerflächen	-2.6%	-2.8%	-1.8%
Kunstpflanzen	-1.6%	0.0%	-0.6%
Naturwiesen	-0.2%	0.6%	0.0%
Biodiversitätsförderflächen (BFF) QII	1.4%	0.4%	1.1%
BFF auf Acker	24.2%	21.9%	26.5%
RGVE	-3.5%	-2.1%	-2.5%
Veredelung	-6.6%	-2.0%	-8.8%
GVE Total	-4.1%	-2.1%	-3.8%
Stickstoffüberschuss	-3.3%	-1.6%	-3.5%
Nettounternehmenseinkommen	2.5%	0.3%	-1.2%
Direktzahlungen	5.3%	2.8%	-1.2%
Landwirtschaftliches Einkommen	0.8%	2.0%	-1.7%
Selbstversorgungsgrad Brutto	-5.0%	-4.2%	-5.7%
Selbstversorgungsgrad Netto	-4.9%	-4.7%	-5.8%
Anzahl Betriebe	0.0%	0.0%	-0.3%

Auf Betriebsebene zeigt sich bezüglich der Gründe für die Entwicklung des Tierbestands ein ähnliches Bild wie im Basismodell, d.h. Bestandsreduktionen spielen im Vergleich zu Betriebsaufgaben eine untergeordnete Rolle (nicht dargestellt).

4.4.2 Verschärfung der Minimalschwellen

Die Verschärfung der Minimalschwellen für den Erhalt der Emissionsschutzzahlung – d.h. ein Betrieb erhält neu erst ab 1.0 GVE/ha und 150 kgN/ha Zahlungen – führt zu einer deutlichen Verstärkung der im Basismodell beobachteten Trends. Mit Ausnahme der Biodiversitätsförderflächen zeigen alle sektoralen Kennzahlen sowohl gegenüber dem unveränderten Referenz-Szenario als auch gegenüber dem Basismodell eine klare Reduktion. Dies ist bei allen drei gerechneten Szenarien – «Basis», «Alles oder Nichts», «Verpflichtend» – der Fall, das Ausmass der Reduktion durch die verschärfte Minimalschwelle ist aber unterschiedlich (vgl. Tabelle 11).

Im Szenario «Basis» führt die Verschärfung zu einer ausgeprägten Reaktion auf das IDZ-System, mit stärkerer Reduktion der offenen Ackerfläche, stärkerem Rückgang der Tierzahlen und stärkerem Rückgang des Selbstversorgungsgrads, aber auch einer Verringerung des Stickstoffüberschusses. Bei «Alles oder Nichts» führt die Verschärfung vor allem zu einem nennenswerten Rückgang von offenen Ackerflächen und einer höheren Anzahl an insbesondere Veredelungs-Betrieben, die sich aufgrund gesunkener Attraktivität nicht am IDZ-System beteiligen und stattdessen ihren Tierbesatz konstant halten. Wird das IDZ-System verpflichtend eingeführt (Szenario «Verpflichtend»), reagiert das Modell mit einer signifikanten Reduktion des Veredelungsbestands (-13.4%). Des Weiteren ist

ein erheblicher Rückgang des landwirtschaftlichen Einkommens sowie des Nettoundernehmenseinkommens zu beobachten, der sowohl auf den Wegfall von erhaltenen Direktzahlungen wie auch auf Malus-Zahlungen zurückzuführen ist, welche von Betrieben mit weiterhin hoher Tierdichte und/oder hohem Nährstoffanfall auszurichten sind. Im Gegenzug ist das notwendige Gesamtbudget für Direktzahlungen im Szenario «Verpflichtend» gegenüber der Referenz um 25% geringer. Gegenüber dem Basismodell erfahren die Biodiversitätsförderflächen auf Acker in allen drei Szenarien nochmals eine Steigerung der Attraktivität und weisen nun eine Zunahme zwischen 63% und 71.5% auf.

Auf Betriebsebene zeigen sich beim Tierbestand im Detail jedoch wichtige Unterschiede (nicht abgebildet). Während das Szenario «Alles oder Nichts» in der Modellvariante «IDZ strikt» nur marginale Unterschiede zu den anderen beiden Modellvarianten (Basismodells, «DZ80») aufweist, gilt dies nicht für die Szenarien «Basis» und «Verpflichtend». Zunächst zeigen beide Szenarien aufgrund der verschärften Minimalschwelle eine geringere Intensivierung: Im Szenario «Basis» werden 34.2% der erzielten Tierbestandsreduktion durch die Intensivierung wieder ausgeglichen, im Szenario «Verpflichtend» 30.3%. Dabei stammt der überwiegende Teil des GVE-Rückgangs zwar noch immer aus Betriebsaufgaben, gerade beim Szenario «Verpflichtend» mit 93%, doch im Szenario «Basis» zeigt die verschärfte Minimalschwelle eine deutliche Anreiz-Wirkung zu Bestandesreduktionen. Neu trägt die Reduktion des Tierbestands bei Fortführung des Betriebs 25% zum Gesamt-GVE-Abbau bei und liegt damit doppelt so hoch wie im gleichen Szenario («Basis») des Basismodells.

Tabelle 11: Überblick über die relativen Änderungen gegenüber dem unveränderten Referenz-Szenario bei Verschärfung der Minimalschwelle für den Erhalt des IDZ-Beitrags "Emissionsschutzbeitrag" auf 1.0 GVE/ha und 150 kgN/ha (von 1.5 GVE/ha und 200 kgN/ha im Basismodell).

Relative Änderung der Sektorergebnisse gegenüber dem Referenz-Szenario im Jahr 2029 Modellvariante «IDZ strikt»			
Kennziffern	Differenz von Referenz zu:		
	IDZ ES IDZ strikt «Basis»	IDZ ES IDZ strikt «Alles oder Nichts»	IDZ ES IDZ strikt «Verpflichtend»
	%	%	%
LN	-3.1%	-0.8%	-2.2%
Offene Ackerflächen	-6.9%	-4.3%	-4.2%
Kunstpflanzen	-4.3%	0.0%	-1.9%
Naturwiesen	-1.8%	0.1%	-1.9%
Biodiversitätsförderflächen (BFF) QII	3.9%	1.3%	3.7%
BFF auf Acker	71.5%	63.0%	68.1%
RGVE	-7.9%	-3.3%	-6.5%
Veredelung	-9.1%	-0.8%	-13.4%
GVE Total	-8.2%	-2.8%	-7.9%
Stickstoffüberschuss	-6.2%	-2.2%	-6.6%
Nettoundernehmenseinkommen	-3.4%	-8.4%	-17.4%
Direktzahlungen	-0.9%	-7.7%	-25.3%
Landwirtschaftliches Einkommen	-5.9%	-4.8%	-17.6%
Selbstversorgungsgrad Brutto	-8.0%	-4.3%	-7.9%
Selbstversorgungsgrad Netto	-8.0%	-5.0%	-7.8%
Anzahl Betriebe	-0.3%	-0.3%	-0.9%

4.4.3 Fazit

Die Resultate der insgesamt 10 Modell-Durchläufe (1x Referenz-Szenario, 3x Basismodell, 3x Modell «DZ80», 3x Modell «IDZ strikt») zeigen, dass das IDZ-System bereits in der einfachen Variante viele Möglichkeiten zu Anpassungen bietet. In beiden Sensitivitätsanalysen konnte das Direktzahlungsbudget wirksam reduziert werden. Bezüglich des Einflusses auf die Umweltwirkungen unterscheiden sich die beiden Ansätze jedoch stark: Die Reduktion der Beitragsansätze führt dazu, dass die Biodiversitätsförderflächen auf Acker weniger zunehmen und der Tierbestand sowie die Stickstoffüberschüsse weniger sinken. Mit der Verschärfung des Minimalschwellenwerts des Emissionsschutzbeitrags hingegen konnte eine Erhöhung der Acker-Biodiversitätsförderflächen sowie eine Reduktion der Tierbestände und Stickstoffüberschüsse erreicht werden – wobei damit auch ein stärkerer Rückgang im Selbstversorgungsgrad einhergeht als im Referenzszenario. Neben der Festlegung der Beitragsansätze scheint deshalb für alle IDZ-Systeme insbesondere eine gut begründete und idealerweise in der Praxis getestete Festlegung der Schwellenwerte empfehlenswert.

4.5 Berechnungen der IDZ-Indikatorwerte für ausgewählte Betriebe

Für sechs reale Betriebe wurden die Zahlungen für die beiden IDZ-Varianten einfach und mittel berechnet (siehe Kapitel 3.6) und mit den tatsächlichen heutigen Direktzahlungen verglichen. Um einen überbetrieblichen Vergleich der Direktzahlungen vornehmen zu können, werden die Resultate in Abbildung 11 sowie Tabelle 12 pro ha dargestellt. Die Höhe der Säule zeigt die Höhe der Zahlungen an, wobei die Farben Hinweise auf die Kategorie der Zahlungen geben (siehe Legende). Gezeigt und diskutiert wird die Ausgestaltung mit potentiell negativen Indikatorwerten respektive Zahlungen; für die Variante ohne negative Zahlungen werden negative (Teil-)Beträge bei der Summenbildung über alle Umweltthemen auf Null gesetzt. Für einen Vergleich der beiden Ausgestaltungen sind in Tabelle 12 die Gesamtbeiträge sowohl mit als auch ohne negative Zahlungen zu finden.

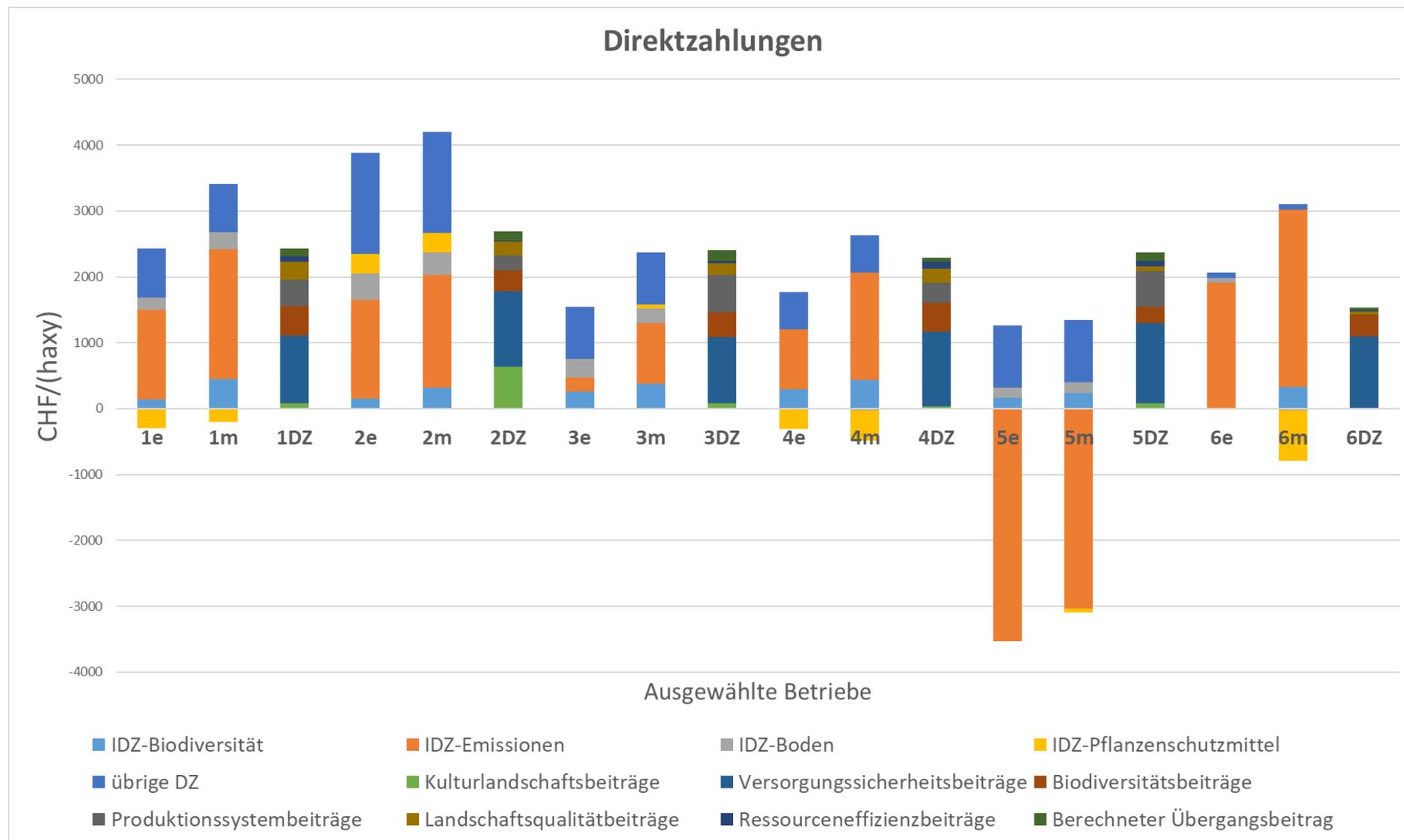


Abbildung 11: Darstellung für die IDZ-Varianten e=einfach und m=mittel für flächennormierte Direktzahlungen, die sechs existierende Betriebe durch die Einführung des IDZ-Systems erhalten würden. Als Referenz sind auch die heutigen Direktzahlungen («DZ»-Säulen) gezeigt.

Relativ gesehen ähneln sich die Ergebnisse der beiden IDZ-Varianten: Für die Umweltthemen Emissionsschutz, Pflanzenschutzmittel und Boden ist die Rangfolge bei je zwei Rängen vertauscht, alle anderen Ränge sind gleich. Beim Thema Pflanzenschutzmittel muss beachtet werden, dass beim einfachen System nur drei Ränge vorkommen, da es sich um einen kategorialen Indikator handelt. Nur beim Thema Biodiversität ist die Rangfolge für die einfache und mittlere Variante deutlich unterschiedlich. Das lässt sich damit erklären, dass die Anteile von QII-Flächen der Betriebe sehr unterschiedlich sind. Die Korrelationskoeffizienten betragen 0.99 für Emissionsschutz, 0.92 für Boden, 0.54 für Pflanzenschutzmittel und 0.36 für Biodiversität (Pearson-Korrelationskoeffizient). Die Gesamthöhe der Beiträge ist in der mittleren IDZ-Variante in den meisten Fällen grösser.

Im Bereich Biodiversität sind die Beiträge der einfachen Variante deutlich tiefer als in der mittleren Variante; dies lässt sich damit erklären, dass in der einfachen Variante die Beiträge für QI-Flächen (bis auf Acker-BFF) und die Vernetzungsbeiträge wegfallen. Bei der einfachen Variante ist zudem die Variabilität der Zahlungen grösser, was sich durch die unterschiedlichen QII-Anteile erklären lässt.

Bei den Pflanzenschutzmittelbeiträgen können pro Betrieb deutliche Unterschiede auftreten: Beispielsweise ist auf Betrieb 6 der Pflanzenschutzmittelbeitrag für das einfache System 0 CHF/ha, im mittleren System im Vergleich dazu -770 CHF/ha. Dies lässt sich durch die unterschiedlichen Indikatoren erklären; so berücksichtigt der einfache Pflanzenschutzmittelindikator die Anzahl von verwendeten RPSM, während der Indikator des mittleren Systems zusätzlich die applizierte Menge dieser RPSM berücksichtigt. Besagter Betrieb setzt relativ wenig verschiedene RPSM-Wirkstoffe ein, dafür in hoher Menge. Im Bereich Pflanzenschutzmittel gibt es mehr negative Beiträge als positive, weil bis auf den Bergbetrieb alle Betriebe RPSM eingesetzt haben; der Durchschnitt über alle Betriebe ist sogar negativ.

Über alle Betriebe gesehen machen die Beiträge für den Emissionsschutz (Treibhausgase/Ammoniak/Nitrat) den grössten Anteil aus. Dies ist einerseits durch die Aggregation dreier Umweltthemen, andererseits durch die hohen Schadenskosten insbesondere im Bereich Ammoniak zu erklären. Generell sind auch hier die Beiträge der mittleren Variante höher. Vermutlich hängt dies mit der gewählten Minimalschwelle zusammen: Diese wurde auf 6 t CO_{2eq}/ha gesetzt, was dem Schweizer Durchschnitt laut den Berechnungen des Treibhausgasinventars entspricht. Allerdings werden die Treibhausgasemissionen der mittleren IDZ-Variante nicht gleich berechnet wie jene des nationalen Treibhausgasinventars (z.B. Vernachlässigung der Emissionen aus der Düngerlagerung), sodass sich die beiden Mittelwerte höchstwahrscheinlich unterscheiden und die Minimalschwelle angepasst werden müsste. Für eine genauere Analyse und allfällige Anpassung der Minimalschwelle wäre allerdings eine Berechnung mit deutlich mehr als sechs Betrieben nötig. Die Spannweite der Emissionsschutzbeiträge zwischen den Betrieben ist für beide Varianten mit über 5'000 CHF/ha sehr gross, was sich hauptsächlich mit den grossen Unterschieden in der Tierdichte erklären lässt.

Der Beitrag für den Bodenschutz schwankt zwischen leicht negativen Werten und einem Maximum von 400 CHF/ha (einfache Variante) respektive 336 CHF/ha (mittlere Variante) für Betrieb 2, der als Bergbetrieb nur Dauergrünland besitzt und deswegen im Bereich Boden gut abschneidet. Hier gibt es keinen systematischen Unterschied in der Höhe der Zahlungen zwischen der einfachen und der mittleren IDZ-Variante.

Tabelle 12: Summe der IDZ-Direktzahlungen pro ha für das einfache und das mittlere IDZ-System sowie die totalen und umweltrelevanten Direktzahlungen nach dem heutigen DZ-System für 6 Betriebe. Zu den umweltrelevanten Direktzahlungen des heutigen DZ-Systems zählen die Biodiversitätsbeiträge, die Ressourceneffizienzbeiträge sowie die Produktionssystembeiträge ohne BTS und RAUS.

	einfache IDZ-Variante	mittlere IDZ-Variante	DZ tot	DZ Umwelt
Betrieb	CHF	CHF		
<i>Mit negativen Zahlungen</i>				
1	1'390	2'474	2'431	699
2	2'350	2'670	2'690	328
3	760	1'584	2'404	614
4	893	1'580	2'290	595
5	-3206	-2'688	2'370	379
6	1'977	2'222	1'534	352
<i>Ohne negative Zahlungen</i>				
1	1'690	2'677	2'431	699
2	2'350	2'670	2'690	328
3	760	1'584	2'404	614
4	1'201	2'070	2'290	595
5	320	405	2'370	379
6	1'977	3'020	1'534	352

Im heutigen Direktzahlungssystem erhalten die Betriebe umweltrelevante Direktzahlungen zwischen 328 und 699 CHF/ha, während nach dem IDZ-System (Ausgestaltung mit negativen Zahlungen) Zahlungen zwischen -3206 und +2350 CHF/ha (einfache Variante) respektive zwischen -2688 und +2670 CHF/ha (mittlere Variante) anfallen (Tabelle 12). Die Variabilität der umweltrelevanten Direktzahlungen ist im IDZ-System somit viel grösser als im heutigen DZ-System. In der IDZ-Ausgestaltung mit negativen Zahlungen schneidet Betrieb 5 mit stark negativen IDZ-Zahlungen ab, während im heutigen Direktzahlungssystem alle Betriebe (positive) Umweltzahlungen erhalten. Bis auf Betrieb 5 erhalten alle Betriebe höhere Umweltzahlungen im IDZ-System als im heutigen DZ-System, insbesondere mit der mittleren IDZ-Variante. Hier sind für einige Betriebe die IDZ-Zahlungen sogar ähnlich hoch wie die totalen Direktzahlungen (Abbildung 11, Tabelle 12). Die nicht-umweltrelevanten Direktzahlungen hingegen sind im IDZ-System insbesondere durch die Streichung der Versorgungssicherheits-Basisbeiträge viel geringer als im heutigen System (Abbildung 11).

Bezüglich Umweltzahlungen schneidet im IDZ-System der kombinierte Veredlungsbetrieb (Betrieb 5) mit einer Tierdichte von mehr als 4 GVE/ha am schlechtesten ab (Tabelle 12). Der Bergbetrieb (Betrieb 2) und der Ackerbaubetrieb ohne Tiere (Betrieb 6) erhalten im IDZ-System am meisten flächennormierte Umwelt-Direktzahlungen. Im heutigen Direktzahlungssystem erhalten die Betriebe 2 und 6 dagegen die geringsten umweltgerichteten Direktzahlungen. Die Korrelation der heutigen umweltrelevanten DZ-Zahlungen und den umweltrelevanten IDZ-Zahlungen ist für alle vier in der Tabelle 12 aufgelisteten IDZ-Varianten nahe 0 (zwischen -0.25 und 0.25). Somit bewertet das IDZ-System die Umweltleistungen der Betriebe völlig anders als das heutige Direktzahlungssystem. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das IDZ-System die Umweltwirkungen verschiedener Umweltthemen schadenkostenbasiert und umfassend berücksichtigt, während das heutige System nur die Biodiversität ähnlich gut abdeckt und sich für die Beitragsansätze in erster Linie an den Aufwänden oder Ertragsverlusten orientiert. Eine Einführung des IDZ-Systems würde folglich zu klaren Umverteilungen der Direktzahlungen zwischen verschiedenen Betriebstypen führen.

4.6 Ergebnisse Workshop

Die in den nachfolgenden Teilkapiteln dargestellten Ergebnisse basieren auf den Interviews mit den Teilnehmenden vor dem IDZ-Workshop sowie auf dem Workshop selbst.

4.6.1 Allgemeine Einschätzung eines IDZ-Systems

Die Idee, die umweltbezogenen Direktzahlungen direkt an die von den Betrieben verursachten Umweltwirkungen zu binden, wird insgesamt sehr positiv beurteilt. Als wichtigste Argumente werden aufgeführt: 1. Eine zielorientierte Steuerung mit an die Umweltwirkung gebundenen Direktzahlungen eröffnet grundsätzlich ein Potenzial für eine bessere Zielerreichung. Dieser Aspekt ist insofern relevant, als dass das bestehende System aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden keine Option zur Erreichung der agrarpolitischen Umweltziele darstellt und ein klarer Handlungsbedarf besteht. 2. Ein IDZ-System bietet aus der Sicht der meisten Workshop-Teilnehmenden die Chance für einen Ausbruch aus dem heutigen komplexen Regelwerk aus Auflagen und Zahlungen. 3. Ein IDZ-System würde die Selbstverantwortung der Betriebsleitenden stärken und die Transparenz erhöhen. Speziell in der detaillierten IDZ-Variante würden die Betriebe von einer grösseren Flexibilität zur Optimierung der Umweltleistungen und damit zur Reduktion der Umweltwirkungen profitieren.

Im Hinblick auf eine Umsetzung müsste erstens ein Gleichgewicht zwischen dem Nutzen einer Systemänderung und dem administrativen Aufwand für die Umsetzung gefunden werden. Eine Grundvoraussetzung für die Akzeptanz und damit für die Umsetzung ist die Kommunizierbarkeit der Indikatoren, deren Wirkungsmechanismen und deren Berechnung. Zweitens müsste die Kongruenz mit den weiteren Direktzahlungen sichergestellt werden. Insbesondere sind Übertragungseffekte und Zielkonflikte eines IDZ-Systems zu den anderen politischen Instrumenten im Detail zu prüfen. Drittens besteht aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden ein generelles Dilemma zwischen dem Erhalt der Produktion und der Reduktion der Umweltwirkungen, aber auch zum Aufwand für den Vollzug. Der Zielkonflikt zwischen Produktion und reduzierten Umweltwirkungen ist in der einfachen Variante sehr hoch, weil dort keine technischen Massnahmen zur Reduktion der Umweltwirkungen direkt berücksichtigt werden. Dafür ist der Vollzugaufwand als gering einzustufen, weil ein Teil der Daten bereits heute für alle Betriebe vorhanden ist. Ist der Einsatz gewisser technischer Massnahmen wie in der detaillierten IDZ-Variante anrechenbar, reduzieren sich die Zielkonflikte mit der Produktion zumindest teilweise. Allerdings erhöht sich dadurch der Vollzugaufwand beträchtlich.

Das Wirkungspotenzial eines IDZ-Systems wird unterschiedlich eingeschätzt. Ein Hauptargument ist, dass ein hoher Anteil der Umweltwirkungen durch andere Faktoren wie die Marktstützung über den Grenzschutz, die übrigen Direktzahlungen, aber auch durch die bestehenden Strukturen beeinflusst wird (Stichwort Pfadabhängigkeit). Entsprechend sind (kurz- und mittelfristig) die Opportunitätskosten einer Beteiligung bei vielen Betrieben (sehr) hoch, was entsprechend hohe IDZ-Zahlungen erfordern würde, um die Umweltwirkungen zu reduzieren. In Verbindung mit dem oben beschriebenen Dilemma der Zielkonflikte stellt sich dabei die Frage nach der notwendigen Beteiligung der Betriebe und nach der Berücksichtigung der betrieblichen Gegebenheiten. Je nach Umweltthema kann mit dem Fokus der Erreichung der Umweltziele eine freiwillige Beteiligung möglichst vieler Betriebe zielführend sein, wohingegen bei anderen Themen ein selektiver Zugang – ob freiwillig oder verpflichtend – über die Betriebe, welche hohe negative Umweltwirkungen verursachen, angezeigt wäre.

Als weiterer kritischer Aspekt wird angeführt, dass sich die Umweltziele auf den Gesamtsektor beziehen, die Direktzahlungen hingegen auch im IDZ-System weiterhin an den Einzelbetrieb und dessen Umweltwirkungen gebunden sind. Der Zugang über die Einzelbetriebe ist insbesondere für Probleme, welche überbetrieblich oder regional zu lösen sind, nicht zwingend zielführend. Zudem stellt sich die Frage nach der Disaggregation der Umweltziele Landwirtschaft auf die einzelnen Betriebe. Die Summe der realen, sehr heterogenen Umweltwirkungen der Einzelbetriebe muss nicht zwingend mit den sektoralen Zielen übereinstimmen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwieweit die sehr heterogenen Umweltwirkungen der Betriebe mit «vereinfachten» Modellen berechnet werden können. Relevant für die Entschädigung der Betriebe müsste die effektive Wirkung des Betriebs sein und nicht ein Modellwert.

Bevor ein IDZ-System eingeführt werden könnte, müsste dieses zumindest in einem Pilotprojekt getestet und weiterentwickelt werden. In einem Pilotprojekt könnten die Indikatoren weiterentwickelt und Fragen zur Datenerfassung und -plausibilisierung geklärt werden. Zudem könnten im Hinblick auf eine Entscheidung zur Umsetzung die Kosten und Wirkungen evaluiert werden. Hierbei wäre die Einbindung der Kantone und die Berücksichtigung des Vollzugs unerlässlich.

4.6.2 Beurteilung der Vor- und Nachteile der IDZ-Varianten

Die Diskussion der Vor- und Nachteile der IDZ-Varianten im Rahmen des Workshops zeigt, dass die vorgeschlagenen Varianten spezifische Vor- und Nachteile haben. Die wichtigsten Vor- und Nachteile sind in Tabelle 13 dargestellt.

Aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden erscheint eine Kombination der Varianten auf der Ebene der Indikatoren als sinnvoll. Denkbar ist, Elemente der einfachen Variante für alle Betriebe (obligatorisch) zu implementieren und die detaillierte Variante als freiwilligen Zusatz anzubieten. Dies würde auch die Möglichkeit bieten, die detaillierte Variante über die Zeit hinweg umzusetzen. Dies mit Blick auf die Frage der Datenverfügbarkeit, aber auch des administrativen Aufwandes. Grundsätzlich muss jedoch überprüft werden, ob es sich lohnt, ein aufwändiges, detailliertes System zu erarbeiten und dieses dann nur auf freiwilliger Basis zu belassen. Unabhängig von der Frage der Verbindlichkeit und der Vollzugsthematik ist ein Mix der Varianten auch insofern vielversprechend, als je nach Umweltthema die Indikatoren der einfachen oder der detaillierten Variante als geeigneter beurteilt werden.

Tabelle 13: Wichtige Vor- und Nachteile der IDZ-Varianten aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden

	Vorteile	Nachteile
Einfache Variante	<ul style="list-style-type: none"> - Die einfache Variante kann sich aus dem heutigen System entwickeln, was einen einfachen Start und eine einfache Kommunikation ermöglicht. - Das System bietet ein bis zwei einfache Hebel (z.B. GVE) mit potenziell grosser Wirkung. - Die notwendigen Daten sind verfügbar oder können als Selbstdeklaration erfasst werden, der Vollzugsaufwand ist entsprechend tief. 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Indikatoren sind zu grob und zu undifferenziert. - Die Variante ist zu unspezifisch bzgl. der Systemzusammenhänge. Risiko von Verlagerungseffekten zwischen Umweltbereichen. - Die Variante weist eine sehr geringe Flexibilität auf, die Betriebe haben nur wenige Hebel, um ihre Umweltwirkung zu verbessern. - Das Wirkungspotenzial des Systems ist gering, das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist schlecht - Die Variante erfasst keine technischen Massnahmen; eine Reduktion der Umweltwirkungen kann nur durch eine Einschränkung der Produktion erreicht werden. Eine Beteiligung von Betrieben mit hohen Umweltwirkungen ist unwahrscheinlich.
Mittlere Variante	<ul style="list-style-type: none"> - Die Variante ist bei einigen Umweltthemen (z.B. Boden) ein guter Kompromiss zwischen dem einfachen und detaillierten System. 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Variante kumuliert die negativen Aspekte der einfachen und der detaillierten Variante (z.B. Biodiversität); die Umweltwirkung ist bei einem höheren administrativen Aufwand potenziell nicht höher als in der einfachen Variante.
Detaillierte Variante	<ul style="list-style-type: none"> - In dieser Variante besteht ein direkter(er) Zusammenhang zwischen Zielgrösse, Betrieb und Wirkung. - Die Betriebe haben viele Handlungsspielräume und eine grosse Flexibilität zur Verbesserung der Umweltwirkungen. - Die detaillierte Variante könnte für einzelne Indikatoren, für die die notwendigen Daten verfügbar sind, direkt umgesetzt werden. - Die Variante ist ein guter Kompromiss zwischen Machbarkeit und Wirkung. - Für die detaillierte Variante wäre die Digitalisierung in der Landwirtschaft eine grosse Chance. - Die notwendigen Daten sind für die Landwirte selbst ein Mehrwert. 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Variante ist für Praxis und Beratung kompliziert, insbesondere ist der Aufwand für Datenerfassung und Kontrolle sehr hoch, diverse Daten sind zurzeit nicht verfügbar. - Die Variante dürfte Ängste schüren, dass das IDZ-System immer komplizierter wird und trotzdem nicht genug Wirkung erzielt. - Die Beteiligung erfordert sehr viel Know-how. - Eine zeitnahe Rückmeldung an die Landwirte und Landwirtinnen bezüglich der Erreichung der Indikatoren ist in einzelnen Fällen sehr schwierig (z.B. Humus-Indikator).

4.6.3 Beurteilung eines Systemwechsels

Der Wechsel vom heutigen Direktzahlungssystem in ein indikatorbasiertes System wird aufgrund der vielfältigen Herausforderungen als anspruchsvoll beurteilt. Dies gilt insbesondere für die detaillierte Variante, wohingegen die einfache Variante aus administrativer Sicht einfach(er) umsetzbar wäre. Bezüglich der Akzeptanz dürfte die einfache Variante dagegen wesentlich schlechter abschneiden, weil die Betriebe nur eine sehr geringe Flexibilität bei der Reduktion der Umweltwirkungen haben und die Zielkonflikte zur Produktion aufgrund der fehlenden Möglichkeit zur

Berücksichtigung von technischen Massnahmen sehr ausgeprägt sind. Die wichtigsten Herausforderungen eines Systemwechsels und mögliche Ansatzpunkte, um diesen zu begegnen, sind in Tabelle 14 aufgeführt.

Tabelle 14: Herausforderungen eines Systemwechsels und mögliche Ansatzpunkte

Herausforderungen	Ansatzpunkte
Vor der Einführung der Variante muss die Wirkung bzgl. Erreichung der Umweltziele nachgewiesen werden und die Indikatoren müssen weiterentwickelt werden.	- Umsetzung eines Pilotversuchs mit mehreren Betrieben, wobei evtl. mit einem Umweltthema gestartet werden könnte.
Das IDZ-System reicht allein nicht für die Erreichung der Umweltziele.	- Identifikation der weiteren relevanten Hebel, welche die Umweltwirkungen der Landwirtschaft negativ beeinflussen, und Abschätzung der entsprechenden Wirkungen in Relation zu den Direktzahlungen. Abbau der bestehenden Widersprüche im agrarpolitischen Fördersystem und Aktivierung aller relevanten Hebel zur Verbesserung der Umweltwirkungen.
Hohe Komplexität des Systems schränkt Akzeptanz und Verständnis und dadurch die Beteiligung der Betriebsleitenden ein.	- Kommunikation der Vorteile und direkte Einbindung der verschiedenen Akteure in die Weiterentwicklung eines IDZ-Systems (Ergänzung Top-down- um Bottom-up-Ansatz).
Übertragung der Verantwortung zur Verbesserung der Umweltwirkungen an die Betriebsleitenden	- Förderung des Umweltverständnisses der Betriebsleitenden. - Befähigung und Unterstützung der Betriebsleitenden über Aus- und Weiterbildung sowie Beratung sicherstellen, Betriebe über Beratung in der Umsetzung unterstützen.
Das System beinhaltet gegenläufige Anreize zum heutigen System und stellt bisherige Entscheidung und insbesondere Investitionen der Betriebe in Frage.	- Überprüfung der Kongruenz eines IDZ-Systems mit den weiteren Direktzahlungen. Schrittweise Einführung eines IDZ-Systems, allenfalls differenziert nach Umweltthemen. - Zeitlich befristete Wahlfreiheit für Beteiligung am IDZ-System (Betriebe können für Übergangsperiode im bisherigen System bleiben). - Berücksichtigung der unterschiedlichen Voraussetzungen der Betriebe als Basis für Akzeptanz und Beteiligung.
Hoher Aufwand für Datenerfassung bei den Betrieben	- Konsequente Nutzung der Digitalisierung für Datenerfassung und -übermittlung. - IDZ-Gemeinschaften gründen - wie ÖLN- Gemeinschaften.

4.6.4 Anwendungsbereiche und regionalisierte Ausgestaltung eines IDZ-Systems

Die Diskussionen am Workshop zeigen, dass sich ein IDZ-System je nach Umweltthema unterschiedlich gut eignet. Für die Umsetzung eines IDZ-Systems stehen aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden vor allem Umweltthemen im Vordergrund, welche einen lokalen und regionalen Bezug aufweisen und deren Problemlösung auf betrieblicher Ebene erfolgen kann. Als Beispiele zu nennen sind die Themen Pflanzenschutzmittel, Boden und Biodiversität (ohne Vernetzung). Als eher ungeeignet eingestuft werden dagegen globale Themen wie Treibhausgasemissionen. Regionale Themen, wie Stickstoff inklusive Nitrat und Ammoniak sowie Phosphor, benötigten die explizite Berücksichtigung regionaler Gegebenheiten, um optimal in einem IDZ-System Platz zu finden.

Eine regionalisierte Umsetzung eines IDZ-Systems bietet das Potenzial, Probleme anzugehen, welche auf regionaler Ebene bestehen. Dabei können insbesondere auch die betrieblichen Gegebenheiten und die Standortbedingungen berücksichtigt werden. Eine regionalisierte Umsetzung würde aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden die Effektivität und die Akzeptanz fördern und gleichzeitig das Risiko von breitflächigen Mitnahmeeffekten reduzieren, da der Fokus auf die regional auftretenden Probleme und auf die verursachenden Betriebe gelegt wird. Mit der Reduktion der Mitnahmeeffekte könnte ein IDZ-System auch mit geringeren Kosten umgesetzt werden. Als kritisch eingestuft wird dazu erstens die Frage, welche Themen national und welche regional ausgestaltet werden sollen. Zweitens stellt sich die Frage nach der Definition von regional spezifischen Schwellenwerten. Im Rahmen dieses Projekts wurden bis auf einzelne Indikatoren keine regionalisierten IDZ-Ausgestaltungen erarbeitet, weil dies den Rahmen des Projekts gesprengt hätte und die Modellierung in SWISSland den Standort der Betriebe ohnehin nicht hätte adäquat berücksichtigen können.

5 Diskussion

In diesem Kapitel ziehen wir Schlüsse aus den Resultaten und zeigen Unsicherheiten in der Methodik auf. Da es sich bei diesem Forschungsprojekt in erster Linie um eine konzeptionelle Studie handelt, werden wir zudem weitere Schritte diskutieren, die vor der Implementierung eines IDZ-Systems wichtig wären.

5.1 Schadenskosten und Schwellen

Die IDZ-Zahlungen approximieren die Umweltwirkung der Betriebe und hängen sowohl von Zahlungen pro Hektar als auch (in den meisten Fällen) von Minimal- und Maximalschwellen ab.

Um die Zahlungen pro Hektar zu quantifizieren, wurden vorwiegend Schadenskosten herangezogen, wobei diese vereinfachend als räumlich konstant angenommen werden, um das System praktikabel zu halten. Diese stammen aus verschiedenen Quellen, die z.T. unterschiedliche Methoden und Systemgrenzen verwendet haben. Des Weiteren wird eine klare Abgrenzung zwischen den Schadenskosten verschiedener Umweltthemen dadurch erschwert, dass die Umweltthemen zusammenhängen und beispielsweise Ammoniakemissionen und Pflanzenschutzmittel zu Biodiversitätsverlusten führen. Unter anderem deswegen sind die gewählten Werte mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Dennoch lässt sich festhalten, dass die Schadenskosten in den Bereichen Emissionsschutz und Biodiversität höher sind als in den Bereichen Pflanzenschutzmittel und Boden.

Die Minimalschwellen wurden soweit möglich so gesetzt, dass ein Betrieb Zahlungen erhält, sobald er besser als der Schweizer Durchschnitt ist. Allerdings war der Schweizer Durchschnitt in den meisten Fällen nicht bekannt, da insbesondere die neu entwickelten Indikatoren noch nicht für eine repräsentative Stichprobe berechnet werden konnten. In diesen Fällen wurden erste grobe Schätzungen anhand der ausgewählten ZA-AUI-Betriebe vorgenommen (Kapitel 4.5). Die Maximalschwellen wurden so gesetzt, dass auf dem Betrieb keine oder nur eine geringe Umweltwirkung auftritt. Dies mit der Idee, dass nicht alle Betriebe die Maximal- oder nur schon die Minimalschwelle erreichen werden und man somit nur mit strengen Schwellenwerten einen positiven Effekt auf die sektorale Umweltwirkung erzielt. In manchen Fällen (z.B. Biodiversitätsindikator der detaillierten IDZ-Variante) war aber auch hier schwierig zu definieren, ab wann dies der Fall ist. Mithilfe einer repräsentativen Stichprobe von Betrieben, für die die Indikatoren berechnet werden, könnten konkretere Kriterien für die Bestimmung der Maximalschwellen herangezogen werden; beispielsweise könnte die Maximalschwelle auf das zehnte Perzentil der Umweltwirkungen aller Betriebe gesetzt werden. In einem regionalisierten IDZ-System, welches sich an den für die Region virulenten Umweltproblemen orientiert, müssten diese Schwellenwerte allenfalls angepasst werden.

Dass bei den Schwellenwerten potentiell noch Anpassungsbedarf besteht, machen die Ergebnisse der sechs ausgewählten Betriebe, für die die IDZ-Indikatoren der einfachen und mittleren Variante berechnet wurden, ebenfalls deutlich. Dabei hat sich gezeigt, dass die IDZ-Beiträge für die Umweltthemen Emissionsschutz und Biodiversität in der einfachen Variante systematisch tiefer sind als in der mittleren Variante. Gewisse Unterschiede werden immer bestehen, weil die beiden Varianten mit unterschiedlichen Indikatoren abgedeckt sind. Die systematische Abweichung beim Emissionsschutz deutet aber darauf hin, dass die Schwellen nicht einheitlich gewählt wurden. Eine Angleichung der Beitragshöhen kann für viele Indikatoren erreicht werden, indem die Minimal- und/oder Maximalschwellen verändert werden. Setzt man die Minimalschwelle für den Treibhausgasindikator des mittleren Systems beispielsweise von 6 t CO_{2eq}/ha auf 5 t CO_{2eq}/ha, so sinken die Treibhausgasbeiträge pro Betrieb um 190 CHF/ha. Die gewählten Werte für die Beiträge pro Hektar sowie für die Schwellen sind somit als grobe Abschätzungen zu verstehen. Ausserdem müssen diese Parameter nicht zwingend wie oben vorgeschlagen alle nach der gleichen Methode (z.B. Mittelwert für Minimalschwelle) festgelegt werden, sondern können auch als politisches Steuerungsinstrument dienen, beispielsweise um einen möglichst starken, positiven Effekt bezüglich einer spezifischen Umweltwirkung zu erreichen. In den SWISSland-Basis-Modellierungen liegt das Direktzahlungsbudget um bis zu einem Fünftel höher als heute für die einfache IDZ-Variante. Die Sensitivitätsanalysen mit SWISSland haben jedoch gezeigt, dass sich das Direktzahlungsbudget durch Anpassung der Schwellen oder Auszahlungen pro Hektar steuern lässt. Diese Anpassungen haben nicht nur Änderungen des Direktzahlungsbudgets zur Folge, sondern auch Änderungen in produktions- und umweltrelevante Grössen und damit auf die Zielkonflikte zwischen einer Reduktion der Umweltwirkungen und der Produktionsfunktion der Landwirtschaft.

5.2 Vergleich mit heutigem Direktzahlungssystem

Im IDZ-System ersetzen neue indikatorbasierte Zahlungen einen Teil der heutigen Direktzahlungen: einerseits die umweltbezogenen Direktzahlungen (z.B. Ressourceneffizienzbeiträge), andererseits einen Teil der Versorgungssicherheitsbeiträge.

Im IDZ-System wird mit ungefähr 50-60% ein viel höherer Anteil der Direktzahlungen unmittelbar für die Reduktion der Umweltwirkungen eingesetzt als im heutigen System. Im heutigen System werden für die meisten landwirtschaftlich genutzten Flächen (Dauergrünland-BFF ausgenommen) pauschal 900 CHF/ha über den Basisbeitrag der Versorgungssicherheitsbeiträge ausbezahlt; zusätzlich gibt es einen Beitrag in der Höhe von 400 CHF/ha für offene Ackerflächen und Dauerkulturen. Diese relativ unspezifisch ausbezahlten (Versorgungssicherheits-)Beiträge fallen im IDZ-System weg und erlauben dadurch hohe umweltgerichtete Zahlungen, ohne das Gesamtdirektzahlungsbudget komplett zu sprengen. Die hohen umweltgerichteten Zahlungen sorgen dafür, dass insbesondere die Bergbetriebe sowie die Ackerbaubetriebe im IDZ-System finanziell profitieren, während die (kombinierten) Veredlungsbetriebe deutliche Direktzahlungskürzungen und Einkommensverluste erfahren. Wie oben beschrieben, lässt sich die Höhe der umweltgerichteten Direktzahlungen im IDZ-System relativ einfach durch die Minimal- und Maximalschwellen oder die Beiträge pro Hektar steuern, wobei letzteres im Widerspruch zum gewählten Schadenskostenansatz stünde – ausser die Änderungen werden analog für alle Umweltthemen vorgenommen und liegen innerhalb des Unsicherheitsbereichs der Schadenskosten.

Neu ist am IDZ-System ausserdem, dass die wichtigsten Umweltthemen alle durch eigene Indikatoren vertreten sind und über spezifische Zahlungen beeinflusst werden. Dagegen scheinen die Direktzahlungen des heutigen Systems nicht alle relevanten Umweltthemen adäquat zu repräsentieren: Im Bereich Treibhausgasemissionen gibt es beispielsweise nur den «Beitrag für emissionsmindernde Ausbringverfahren» (indirekte Wirkung durch Ammoniak) sowie den «Beitrag für die stickstoffreduzierte Phasenfütterung von Schweinen», die beide nicht an der grössten landwirtschaftlichen Treibhausgasquelle (Fermentation von Wiederkäuern) ansetzen. Das Thema Pflanzenschutzmittel ist im heutigen Direktzahlungssystem dagegen mit vielen Beiträgen prominent vertreten (Bio-Beitrag, Extensio-Beitrag, Ressourceneffizienz-Beitrag), obwohl die geschätzten Schadenskosten verhältnismässig tief sind.

Nicht zuletzt orientiert sich das heutige Direktzahlungssystem an spezifischen Massnahmen, während das IDZ-System vor allem in der einfachen Variante stärker bei der betrieblichen Struktur und an der Produktion ansetzt. In der detaillierten IDZ-Variante sind zudem mehr resultatbasierte Komponenten zu finden als im heutigen Direktzahlungssystem (Tabelle 15).

Tabelle 15: Überblick über umweltgerichtete Direktzahlungskomponenten im heutigen Direktzahlungssystem (Status Quo) und in den drei IDZ-Varianten. M=massnahmenbasiert, R=resultatbasiert, S=struktur-/produktionsbasiert.

	Status Quo	Einfache Variante	Mittlere Variante	Detaillierte Variante
Biodiversität	M/R/S	R/S	M/R/S	M/R/S
Treibhausgas-/Ammoniakemissionen	M	S	S/M/R	S/M/R
Nitrat/Phosphor	M	S	M	M/R
PSM	M	S	S	M/S
Humus	M	S/M	M/S	R
Erosion	M	S/M	M/S	M/S

5.3 Entwickelte Indikatoren der drei IDZ-Varianten

5.3.1 Qualität der Indikatoren

Im Rahmen dieses Projektes wurden verschiedene Indikatoren entwickelt. Bevor diese Indikatoren tatsächlich für ein Direktzahlungssystem verwendet werden können, müssen sie zwingend für Praxisbetriebe getestet, weiterentwickelt und weiter analysiert werden. Dies ist neben der Kommunizierbarkeit der Indikatoren eine wichtige Voraussetzung, damit die Indikatoren von der Praxis und der Politik akzeptiert werden. Zudem setzt deren Anwendung in der Praxis voraus, dass die Wirkungsmechanismen und die Berechnung der Indikatoren transparent und nachvollziehbar dargestellt werden können.

Erstens müssen die Daten für die Berechnung der Indikatoren auf existierenden Betrieben erhoben und geprüft werden, zum Beispiel im Rahmen eines Pilotbetriebsnetzes von 20-30 Betrieben. Dies hilft dabei, Unklarheiten bei der Datenerfassung aufzudecken und Spezialfälle abzufangen. Beispielsweise wird für alle Treibhausgasindikatoren der totale ausgebrachte Stickstoff aus Düngemitteln benötigt. Während der Nährstoffgehalt aus mineralischen Düngemitteln bekannt ist, kann der Nährstoffgehalt im Hofdünger stark schwanken. Hier bestünden mehrere Möglichkeiten, wie der Stickstoffgehalt bestimmt werden könnte: von einem sehr simplen, GRUD-basierten Ansatz (83% des ausgeschiedenen Stickstoffs gelangt auf das Feld) über einen vereinfachten stickstoffflussbasierten Ansatz bis hin zu Messungen der Nährstoffgehalte in der Gülle. Eine Testphase auf Betrieben würde zudem helfen, den Aufwand für die Datenerfassung zu quantifizieren. Erfahrungsgemäss sind insbesondere parzellenscharfe Datenerhebungen sehr aufwendig, wie sie z.B. für die Nährstoffindikatoren der mittleren und der detaillierten Variante benötigt werden. Hierbei spielt es eine grosse Rolle, ob der Betrieb die Daten elektronisch in einem Farm-Management-Tool erfasst oder seine Aufzeichnungen auf Papier macht. Auf jeden Fall müssten einfach verständliche, automatisierte Tools für die Indikatorberechnung entwickelt und programmiert werden, in denen alle benötigten Tabellen (z.B. Pflanzenschutzmittelverzeichnis, GRUD-Tabellen) hinterlegt sind. Diese Tools könnten insbesondere für die Indikatoren der detaillierten Variante den Landwirten und Landwirtinnen helfen, ihren Handlungsspielraum sowie die Auswirkung verschiedener Massnahmen auf die Direktzahlungen nachzuvollziehen. Nur mit Hilfe der im Bericht beschriebenen Formeln dürften die Indikatoren zu schwierig verständlich sein. Wenn in Zukunft mehr Betriebe ihre Daten in Farm-Management-Information-Systems wie z.B. Barto⁶ erfassen, können Schnittstellen zu den Indikatoren-Tools programmiert werden, um eine Doppelerfassung zu vermeiden. Bisher arbeitet die Mehrheit der Schweizer Landwirtschaftsbetriebe ohne Digitalisierung (BFS 2021b).

Ein Pilotbetriebsnetz würde es auch erlauben zu testen, ob die Indikatoren zu unerwünschten Anreizen und Übertragungseffekten auf andere Umweltthemen führen. Ein Beispiel hierfür wäre die Massnahme «Erhöhung der Anzahl Laktationen» im detaillierten Treibhausgasemissionsindikator. Die Landwirtinnen und Landwirten tun ihre Milchkuhe aus Gründen wie ungenügender Fruchtbarkeit, Euter- und Zitzenerkrankungen oder Klauen- und Gliedermassenerkrankungen ab (swissherdbook bulletin 2019). Sollte die Massnahme dazu führen, dass vorwiegend Tiere länger behalten werden, die wegen Krankheit oder Trächtigkeitsproblemen eine geringe Milchleistung aufweisen, ist dies für die Senkung der Treibhausgasemissionen nicht förderlich. Eine solche ist nur zu erwarten, wenn die Massnahme dazu anreizt, die Tiergesundheit und Fruchtbarkeit längerfristig zu verbessern.

Zweitens sollten die Indikatoren aus wissenschaftlicher Sicht für eine Vielzahl von Betrieben berechnet werden, für die Daten bereits (mehr oder weniger) verfügbar sind (z.B. für die ca. 300 ZA-AUI-Betriebe). Wie oben erwähnt können dadurch die Minimal- und Maximalschwellen verfeinert werden. Je nach verwendeter Datenquelle können die IDZ-Indikatoren dabei mit anderen Indikatoren verglichen werden, beispielsweise aus SALCA oder der ZA-AUI. Allein schon wegen der unterschiedlichen Systemgrenzen sind hier keine 1-1-Korrelationen zu erwarten. Dennoch hilft die Analyse, die getroffenen Vereinfachungen zu validieren und die Unterschiede zwischen den Indikatoren der drei IDZ-Varianten robust darzustellen.

Da für die verschiedenen Umweltthemen unterschiedliche wissenschaftliche Methoden und Berechnungen existieren, unterscheiden sich auch die IDZ-Indikatoren konzeptionell stark. Während viele Indikatoren so konzipiert wurden, dass sie Werte zwischen 0 und 1 annehmen können, basieren andere auf Flächen (z.B. BFF). Für die Kommunizierbarkeit der Indikatoren könnten Umrechnungen erfolgen, damit sich alle Indikatoren graphisch einfach

⁶ www.barto.ch

verständlich (z.B. in einem Spinnennetzdiagramm mit Ampelfarben) darstellen liessen. Für solche Umrechnungen müsste allenfalls jedoch das Konzept des einen oder anderen Indikators überarbeitet werden.

Ausserdem führen die unterschiedlichen Indikatoren dazu, dass die negativen IDZ-Zahlungen manchmal eine Untergrenze aufweisen, manchmal nicht. Beispielsweise führen Treibhausgasemissionen von mehr als 6 t CO₂eq/ha in der detaillierten Variante zu negativen Umweltzahlungen, wobei für jede Tonne/ha darüber negative IDZ-Zahlungen von 190 CHF veranschlagt werden. Hier gibt es keine Untergrenze, ein Betrieb mit 20 t/ha wird folglich mehr bestraft als ein Betrieb mit 12 t/ha (bei 12 t/ha wäre der negative Beitrag vom Betrag her gleich gross wie der (positive) Maximalbeitrag bei 0 t/ha). Der Erosionsindikator des detaillierten Systems hingegen kann nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei negative IDZ-Zahlungen zwischen 0 und 0.5 auftreten. Allein durch die Definition des Indikators sind hier die negativen IDZ-Zahlungen begrenzt und ihr Betrag kann den positiven Maximalbeitrag nicht überschreiten.

5.3.2 Synergien und Zielkonflikte

Die Indikatoren der verschiedenen Umweltthemen wurden unabhängig voneinander entwickelt. Im Folgenden werden Synergien sowie Zielkonflikte der IDZ-Indikatoren beschrieben. Verschiedene Studien zeigen, dass zwischen den analysierten Umweltwirkungen teils grosse Korrelationen bestehen (Berger and Finkbeiner, 2011; Rööß et al., 2013; Roesch et al., 2021), da ihnen ähnliche physikalische Prozesse zugrunde liegen. Während Synergien von Vorteil sind, weil dann eine bestimmte Massnahme inhaltliche und finanzielle Vorteile für mehrere Umweltthemen verspricht, sind Zielkonflikte nicht wünschenswert, weil sich verschiedene Direktzahlungen in diesem Fall zumindest teilweise kompensieren. Dennoch ist es wichtig, dass Zielkonflikte offen dargelegt und im System berücksichtigt werden.

Da die IDZ-Indikatoren noch nicht auf einer hinreichend grossen Stichprobe von Betrieben angewendet worden sind, werden im Folgenden ausgewählte Synergien und Zielkonflikte aufgrund theoretischer Überlegungen skizziert.

Eine winterliche Bodenbedeckung und Zwischenfrüchte fördern den Humusaufbau und reduzieren das Erosionsrisiko und die Nitratauswaschung. Die Massnahmen Winterbegrünung oder Zwischenfruchtanbau führen deshalb zu direkten Synergien zwischen dem Nitrat- und dem Erosionsindikator der detaillierten Variante (siehe Anhang Kapitel 10); der Effekt von Zwischenfrüchten dürfte zudem indirekt auf den Humusindikator wirken, da für die detaillierte Variante Messungen von organischem Bodenkohlenstoff herangezogen werden. Für die mittlere Variante gibt es noch Synergien zwischen den IDZ-Indikatoren Erosion und Humus, während der Nitratindikator die Bodenbedeckung nicht berücksichtigt. Der Anbau von Grünland (Dauergrünland wie auch Kunstwiesen) wird sowohl im Erosions- als auch im Humusindikator der mittleren und detaillierten IDZ-Variante gefördert.

Da der Zwischenfruchtanbau, der Hackfruchtanteil in der Fruchtfolge sowie die Förderung von Kunstwiese und Dauergrünland für beide Bodenthemen von Vorteil ist, wurden diese beiden Massnahmen in den kombinierten Bodenschutzindikator der einfachen IDZ-Variante aufgenommen.

Die durchschnittliche Anzahl GVE pro Hektar erscheint in mehreren Formeln des IDZ-Systems, was zu teils ausgeprägten (positiven) Korrelationen zwischen den entsprechenden Indikatoren führt. So tragen vor allem die Rindviehbestände stark zu den Ammoniakemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft bei, erhöhen aber infolge beträchtlicher Methanemissionen aus der Verdauung auch den Treibhauseffekt. Dies führt – wie in anderen Studien gezeigt (Roesch et al., 2021) – zu einer signifikanten Korrelation zwischen dem Ammoniak- und THG-Indikator in der detaillierten und mittleren IDZ-Variante. Diese Korrelation dürfte durch die explizite Berücksichtigung von Lachgasemissionen aus dem ausgebrachten Stickstoffdünger im Treibhausgas-Indikator weiter verstärkt werden. Eine Reduktion des Tierbestandes und damit des produzierten Hofdüngers dürfte in bestimmten Regionen auch zu geringeren Stickstoffüberschüssen führen, solange der eingesparte Hofdünger nicht vollständig durch Mineraldünger substituiert wird. Aufgrund der beschriebenen ausgeprägten Korrelationen wurden die Tierdichte sowie der ausgebrachte Dünger in den Indikator der einfachen IDZ-Variante aufgenommen, der die Umweltthemen Treibhausgasemissionen, Ammoniakemissionen und Nährstoffe kombiniert.

Weitere Synergien werden insbesondere für die detaillierte Variante zwischen dem Biodiversitätsindikator und dem Pflanzenschutzmittelindikator erwartet, da auf BFF keine Herbizide, Fungizide und Insektizide ausgebracht werden können. Im Biodiversitätsindikator fliesst die BFF (mehrmals) als erklärende Variable in die Formel ein, während im Pflanzenschutzmittelindikator der Einfluss über den Risiko-Score und die Applikationsrate operationalisiert wird. Weil

auf BFF nicht oder nur wenig gedüngt werden darf, bestehen auch Synergien zwischen allen Biodiversitätsindikatoren und Emissionsschutzindikatoren. Eine weitere Synergie zwischen den Treibhausgasindikatoren der mittleren und der detaillierten Variante und den entsprechenden Biodiversitätsindikatoren liegt in der Anpflanzung von BFF-Bäumen wie z.B. Hochstammfeldobstbäumen vor, da diese Kohlenstoff speichern.

Ein Zielkonflikt, welcher im mittleren und detaillierten IDZ-Indikatorsystem indirekt abgebildet ist, kann zwischen den Erosions- und den Pflanzenschutzmittelindikatoren bestehen: Eine reduzierte Bodenbearbeitung (weniger Einsatz eines Pfluges) senkt das Erosionsrisiko (und fördert zudem das Bodenleben und die Humusbildung), ist aber mit einem erhöhten PSM-Einsatz verbunden. Auf den ersten Blick könnte ebenfalls als Zielkonflikt wahrgenommen werden, dass mehr Tiere bei den Emissionsschutzindikatoren zu einer schlechteren Umweltwirkung führen, während Dauergrünland bei den Bodenindikatoren zu einer besseren Umweltwirkung führt. Dieser Zielkonflikt wird aber dadurch abgemildert, dass ein signifikanter Anteil der Schweizer Ackerfläche heutzutage für die Futterproduktion verwendet wird.

5.4 Unsicherheiten in den Berechnungen

5.4.1 Unsicherheiten in den SWISSland-Simulationen

Bei der Interpretation der Modellergebnisse müssen die Limitierungen von SWISSland und der Berechnungen mit existierenden Betrieben berücksichtigt werden.

Eine wichtige Limitierung ist die aufgrund der Modellstruktur von SWISSland notwendige Beschränkung von IDZ auf das einfache System. Es ist deswegen nicht möglich vorherzusagen, wie gross der Einfluss der mittleren oder der detaillierten IDZ-Variante auf den landwirtschaftlichen Sektor und die Erreichung der Umweltziele ist (siehe auch Kapitel 5.7). Insgesamt ist die einfache Variante aber diejenige, welche vermutlich die grössten Zielkonflikte zwischen Umweltwirkung und Produktion aufweist, weil sie auf die landwirtschaftlichen Strukturen und den Einsatz von Produktionsmitteln fokussiert. In der mittleren und der detaillierten Variante haben die Landwirte und Landwirtinnen mehr Spielraum, auch durch technische oder organisatorische Massnahmen (z.B. Förderung von Stallsystemen zur Ammoniakreduktion, Wahl der Bodenbearbeitungsmethode) ihre umweltgerichteten Direktzahlungen zu optimieren. Unabhängig davon dürfte ein Teil der SWISSland-Ergebnisse auch auf die anderen IDZ-Varianten übertragbar sein – insbesondere die Erkenntnis, dass signifikante Reduktionen des Tierbestands (und somit signifikante Reduktionen der Treibhausgas-, Ammoniakemissionen und Nährstoffüberschüsse) nur mit Hilfe von Direktzahlungen kaum erzielt werden können. Letzteres erklärt sich durch die hohen Opportunitätskosten einer Beteiligung, welche unter anderem mit den weiteren agrarpolitischen Massnahmen (z.B. Grenzschutz) und den bestehenden Strukturen (Stichwort Pfadabhängigkeit) zusammenhängen.

SWISSland ist darauf ausgelegt, die Einkommen der Betriebe zu optimieren. In der Realität spielen neben ökonomischen und strukturellen Gründen auch andere Faktoren eine Rolle, beispielsweise Moral und Werte der Betriebsleitenden sowie das Verhalten anderer Landwirtinnen und Landwirte. Eine zusätzliche Unsicherheit besteht darin, dass die SWISSland-Betriebe ihr heutiges Produktionsportfolio nicht vollständig verändern können, d.h. Betriebsumstellungen auf einen anderen Betriebstyp werden nicht modelliert.

Bei der Modellierung der Biodiversitätsförderflächen kann das Auftreten von Pflanzenarten nicht berücksichtigt werden. Stattdessen wird angenommen, dass das Verhältnis zwischen QI- und QII-Flächen pro Betrieb konstant bleibt. Ein Betrieb muss also eine QI-Fläche erhöhen (selbst wenn er keine QI-Beiträge mehr erhält), damit die entsprechende QII-Fläche ansteigt.

Zusätzlich bergen die vereinfachten Implementierungen des Zwischenfruchtanbaus sowie des Verzichts auf Pflanzenschutzmittel mit hohen Risiko-Scores in SWISSland weitere Unsicherheiten. Beim Zwischenfruchtanbau besteht je nach Fruchtfolge die Möglichkeit auf Synergien zwischen Zwischenfrucht und Hauptkultur, die in SWISSland jedoch nicht abgebildet werden können.

Beim Verzicht auf RPSM fehlen für die SWISSland-Betriebe flächendeckende Daten zum Pflanzenschutzmitteleinsatz. Die in SWISSland für die hier durchgeführten Modellierungen getroffene Vereinfachung ermöglicht keine freie Wahl zwischen «RPSM-Einsatz» und «RPSM-Verzicht», sondern erzwingt von einer im Vorfeld festgelegten Anzahl Betriebe den Entscheid zwischen «weiter wie bisher mit gleichen Naturalerträgen und keine indikatorbasierten Direktzahlung» oder «verringerten Naturalerträgen und indikatorbasierte Direktzahlung». Während diese Wahl zwar

abstrahiert, aber aufgrund der verwendeten Daten dennoch plausibel ist, stellt die Festlegung der PSM-Betriebe ein Problem dar. Es wurde nur eine zufällige Auswahl von Betrieben modelliert; im Idealfall wäre eine solche in einer Vielzahl von Modelldurchläufen erfolgt, um ein robustes Ergebnis zu erhalten. Dies ist jedoch aus Ressourcengründen nicht umsetzbar.

5.4.2 Unsicherheiten in den Berechnungen der sechs existierenden Betriebe

Die grösste Limitierung bei der Berechnung der IDZ-Zahlungen für sechs existierenden ZA-AUI-Betriebe war die sehr geringe Stichprobengrösse. Da noch keine automatisierten Tools für die Datenaufbereitung sowie die Berechnung der Indikatoren vorliegen, war die Berechnung der IDZ-Indikatoren zeitaufwendig, so dass nur 6 Betriebe analysiert werden konnten. Die nicht repräsentative Auswahl der Betriebe reduziert die Aussagekraft der Ergebnisse. Beispielsweise stellten wir insgesamt eine hohe Korrelation zwischen den Indikatoren der einfachen und der mittleren Variante fest. Wir erwarten, dass diese hohe Korrelation auch bei einer grösseren Stichprobe auftreten wird, dass jedoch in Einzelfällen grosse Abweichungen zwischen der einfachen und der mittleren Variante auftreten können. So betreibt keiner der ausgewählten Betriebe Ackerbau auf organischen Böden. Für solche Betriebe würde man jedoch grosse Unterschiede zwischen dem einfachen und mittleren System erwarten, da das mittlere System (im Gegensatz zum einfachen System) sowohl im Bereich Treibhausgase als auch im Bereich Humus Ackerbau auf organischen Böden penalisiert. Abgesehen von den Repräsentativitätsproblemen stellen die getroffenen Annahmen für Daten, die nicht verfügbar waren (z.B. Milchharnstoffgehalt, siehe Anhang Kapitel 9), weitere Unsicherheiten dar.

5.5 Zielkonflikte zwischen dem IDZ-System und anderen agrarpolitischen Zielen

Während wir in Kapitel 5.3.2 unter anderem auf die Zielkonflikte innerhalb des IDZ-Systems eingegangen sind – d.h. zwischen den verschiedenen Umweltthemen – werden wir im Folgenden Zielkonflikte diskutieren, die zwischen dem IDZ-System und weiteren Zielen der Agrarpolitik auftreten.

Ein evidenter Zielkonflikt stellt der Rückgang der Produktion und damit des Selbstversorgungsgrads bei der Einführung des IDZ-Systems dar. Die SWISSland-Simulationen legen nahe, dass die Einführung der einfachen IDZ-Variante zu einer Verringerung des Selbstversorgungsgrads führen dürfte. Grundsätzlich ist der Rückgang des Selbstversorgungsgrads ausgeprägter in den SWISSland-Simulationen, in denen die Tierbestände am meisten zurückgehen und somit die beste Zielerreichung im Bereich Emissionsschutz erzielt wird. Die Verbesserungen im Bereich Umwelt werden insbesondere im einfachen IDZ-System vorwiegend durch eine Extensivierung der Produktion erreicht. Der Selbstversorgungsgrad ist dabei aber nicht mit Versorgungssicherheit gleichzusetzen, weil in Krisenzeiten einerseits Flächen umgenutzt, andererseits Importe von Agrochemikalien verhindert werden könnten (Möhring und Mann 2020). Für die Versorgungssicherheit ist somit wesentlicher, dass die landwirtschaftliche Nutzfläche (insbesondere in ackerfähigen Gebieten) erhalten bleibt. Im IDZ-System wurde mit Hinblick auf die Versorgungssicherheit die landwirtschaftliche Nutzfläche als Bezugsgrösse gewählt (Kapitel 2.2). Diese verändert sich in den SWISSland-Simulationen kaum.

Dennoch stellt sich die Frage, wie die Umweltwirkungen der Landwirtschaft insgesamt reduziert werden könnten, ohne dass gleichzeitig die Produktion und der Selbstversorgungsgrad zurückgehen. Sowohl im Referenzszenario als auch in den IDZ-Szenarien wird ein grosser Teil der Ackerfläche für die Produktion von Futtermitteln verwendet. Würde mehr Ackerfläche direkt für menschliche Nahrung genutzt, könnte der Selbstversorgungsgrad gesteigert werden, ohne dass sich die Umweltwirkungen vergrössern. Dazu müsste gleichzeitig eine Änderung des Konsums Richtung pflanzliche Ernährung stattfinden. Um diesen Aspekt ins IDZ-System einzubauen, könnte ein zusätzlicher Indikator implementiert werden, der das Umweltthema «Nahrungsmittel- und Flächenkonkurrenz» abdeckt. Als Alternative könnte die Bezugsgrösse der Indikatoren geändert werden, indem anstatt der landwirtschaftlichen Nutzfläche Bezugsgrössen verwendet werden, die die menschliche Ernährung berücksichtigen. Hierzu zählen nicht nur kalorienbasierten Bezugsgrössen (z.B. für den Menschen verdauliche Energie), die heute standardmässig verwendet werden, sondern auch Grössen, die ernährungsphysiologische und gesundheitliche Aspekte mitberücksichtigen (Heller et al. 2013, Green et al. 2020, Green et al. 2021).

Ein weiterer Zielkonflikt tritt bei den Ammoniakindikatoren auf: Zwar führen Anbindeställe zu geringeren Ammoniakemissionen als Laufställe – weswegen die Massnahme «Anbindestall» in der mittleren und detaillierten IDZ-Variante berücksichtigt wird – für das Tierwohl aber sind Laufställe zu bevorzugen, weswegen diese mit den BTS-Beiträgen gefördert werden. Derselbe Zielkonflikt besteht für Schweineställe. Weitere Zielkonflikte könnten z.B. auf der

Stufe Einkommen oder Arbeitsaufwand auftreten. Um möglichst viele Zielkonflikte zu erfassen, ist eine Testphase des IDZ-Systems innerhalb eines Pilotbetriebsnetzes zentral (siehe auch Kapitel 5.3.1). Das Wissen um relevante Zielkonflikte bildet eine wichtige Grundlage für die Kommunikation und allfällige Anpassungen der Indikatoren. Es ist möglich, dass sich gewisse Zielkonflikte in Zukunft entschärfen werden: Wenn beispielsweise der Tierbestand signifikant zurückgeht, könnten die Ammoniakemissionsziele auch ohne eine gleichzeitige Förderung von Anbindeställen erreicht werden.

5.6 Mitnahmeeffekte und IDZ-Szenarien

Im IDZ-System werden die Gesamtumweltwirkungen der Betriebe approximiert. Unterschiedliche Betriebstypen weisen oft Defizite in verschiedenen Umweltbereichen auf: Während beispielsweise die Problemfelder im Gemüsebau bei Umweltthemen wie Pflanzenschutzmittel, Nitratauswaschung oder Boden liegen, stellen in der Tierhaltung insbesondere Treibhausgas- und Ammoniakemissionen ein (direktes) Problem dar. Somit ist es im IDZ-System wahrscheinlich, dass eine Vielzahl der heutigen Landwirtschaftsbetriebe IDZ-Zahlungen in gewissen Umweltbereichen erhalten würden, die auf diesen Betrieben bereits heute kein Problem darstellen. Sie würden also Direktzahlungen erhalten, ohne ihr Verhalten zu ändern. Diese Mitnahmeeffekte stellen aus wohlfahrtsökonomischer Sicht kaum ein Problem dar, da sie bis auf die Verlangsamung des Strukturwandels, die durch flächengebundene Zahlungen ausgelöst wird, keine negativen Auswirkungen auf die Wohlfahrt haben. Jedoch können sie je nach Höhe den Anreiz für die Betriebe reduzieren, umweltfördernde Massnahmen zu ergreifen. Zudem erhöht sich durch die Mitnahmeeffekte der Mitteleinsatz zur Schliessung der Ziellücken im Agrarumweltbereich, weil Zahlungen geleistet werden, welche nicht zur Reduktion der Umweltwirkungen beitragen.

Eine Möglichkeit, einen grösseren Anreiz für Veränderungen zu setzen, besteht entsprechend darin, nicht nur den Zustand, sondern auch die Entwicklung der Betriebe zu belohnen. Beispielsweise würde in diesem Fall ein Teil der Zahlungen in die zeitliche Veränderung der Treibhausgasemissionen pro Betrieb fliessen (z.B. -2 t CO_{2eq}/ha im Folgejahr). Dies widerspräche jedoch dem Konzept des IDZ-Systems, die Gesamtumweltwirkung eines Betriebs darzustellen und die erbrachten Leistungen zeitunabhängig zu entschädigen. Betriebe, die bereits jetzt umweltfreundlich wirtschaften, würden dadurch benachteiligt werden, weil sich diese weniger verbessern können als die anderen Betriebe.

Aus diesem Grund wurde als Massnahme für die Reduktion von Mitnahmeeffekten die Option einer Einführung von negativen Direktzahlungen gewählt. Schneidet ein Betrieb bei einem Umweltthema schlecht ab, kann dies zu negativen Direktzahlungen führen, d.h. der jeweilige Betrag wird von den anderen Direktzahlungen abgezogen. Für bestehende Betriebe konnte gezeigt werden, dass die Einführung von negativen Direktzahlungen die Gesamtdirektzahlungen signifikant reduzieren kann. Von den 6 untersuchten Betrieben sind für 3 (einfache Variante) respektive 4 (mittlere Variante) Betriebe negative Direktzahlungen aufgetreten. Mit Abstand am höchsten waren die negativen Direktzahlungen für den kombinierten Veredlungsbetrieb, weil der Emissionsschutzbeitrag im IDZ-System am meisten Gewicht hat.

Auch die SWISSland-Simulationen, in denen die Betriebe ihr Handeln auf eine Optimierung der Einkommen ausrichten, haben gezeigt, dass negative Direktzahlungen die Gesamtdirektzahlungen bedeutend reduzieren. Allerdings hat sich herausgestellt, dass die Einführung negativer Direktzahlungen nur dann sinnvoll ist, wenn IDZ-Zahlungen als verpflichtende Komponente ins Gesamtdirektzahlungssystem aufgenommen werden. Andernfalls werden die Mittel für Direktzahlungen nur wenig reduziert und gleichzeitig geringere Verbesserungen beim Umweltthema Emissionsschutz erzielt.

Eine weitere Möglichkeit, um Mitnahmeeffekte zu reduzieren, liegt in der Ausgestaltung eines regionalisierten IDZ-Systems. Eine Ausgestaltung unter Berücksichtigung der regionalen Gegebenheiten wäre beispielsweise für die Umweltthemen Nitratauswaschung oder Ammoniakemissionen denkbar. Die einfachste Möglichkeit bestünde darin, die Indikatoren nur in definierten Regionen (z.B. Einzugsgebieten im Falle von Nitrat) einzuführen. Für komplexere Ausgestaltungen könnte das IDZ-System je nach Region unterschiedlich aufgezogen werden, mit unterschiedlichen Schwellenwerten, Zahlungen pro ha oder sogar unterschiedlichen Indikatoren. Im Falle einer regionalisierten IDZ-Ausgestaltung müssten die Schadenskosten, die für die Gesamtschweiz hergeleitet wurden, auf die Regionen heruntergebrochen werden. Beispielsweise könnten die Schadenskosten für Ammoniakemissionen in Regionen höher gesetzt werden, in denen die Ammoniakemissionen die Grenzwerte überschreiten.

5.7 Erreichung agrarumweltpolitischer Ziele

5.7.1 Darstellung der Zielerreichung mithilfe eines IDZ-Systems

Das Sektormodell SWISSland ist in erster Linie ein ökonomisches Modell. Umweltauswirkungen können aus diesem Grund nur sehr vereinfacht dargestellt werden (siehe Kapitel 3.5). Dennoch werden wir im Folgenden die Änderungen der SWISSland-Szenarien im Hinblick auf die agrarumweltpolitischen Ziele interpretieren. An dieser Stelle sei daran erinnert, dass in SWISSland nur die einfache IDZ-Variante modelliert werden konnte und Aussagen zu den anderen IDZ-Varianten limitiert sind. Sie sind daher nur als bestmögliche Annahmen aufzufassen, auch weil es Interaktionen zwischen den Indikatoren der verschiedenen Umweltthemen gibt, die nur mit einer Modellierung erfasst werden können.

Im Falle der Biodiversität haben die Acker-BFF in allen Basis-IDZ-Szenarien einen deutlichen Anstieg von ungefähr 60% zu verzeichnen. Obwohl dieser Anstieg in Hinsicht auf das Biodiversitätsdefizit in diesen Gebieten positiv zu beurteilen ist, reicht er nicht aus, um die agrarumweltpolitischen Ziele zu erreichen: Im Verordnungspaket zur Umsetzung der Parlamentarischen Initiative 19.475 wurde im Rahmen der Vernehmlassung ein Mindestanteil von 3.5% BFF auf Ackerflächen für den ÖLN vorgeschlagen. Mit dem hier verzeichneten Anstieg würden knapp 1.7% der offenen Ackerfläche BFF sein. Die Fläche und Qualität der anderen Biodiversitätsförderflächen hat sich kaum verändert. Für die mittlere IDZ-Variante erwarten wir, dass der Anstieg der Acker-BFF ähnlich ausfallen dürfte, da auch hier 50% mehr pro Flächeneinheit bezahlt wird. Da die Beiträge für QI und Vernetzung nicht wegfallen, erwarten wir allerdings deutlich höhere Bundesausgaben als für die einfache IDZ-Variante. Inwiefern sich der Beitrag für seltene Rassen und Sorten auswirkt, kann nicht bestimmt werden. Der Indikator für die detaillierte Variante unterscheidet sich zu stark, als dass Aussagen über seine Wirksamkeit getroffen werden könnten.

Der Emissionsschutzbeitrag führt zu einem Rückgang des Tierbestandes um ca. 5% und zu einer Reduktion des ausgebrachten Stickstoffs um 3-4%; in den Sensitivitätsanalysen mit strengeren Minimalschwellen können Reduktionen bis zu 7-8% erreicht werden. Entsprechend sind Verbesserungen für die Treibhausgasemissionen, Ammoniakemissionen sowie Stickstoffüberschüsse in derselben Grössenordnung zu erwarten. Die agrarumweltpolitischen Ziele setzen einen Rückgang der Ammoniakemissionen um mehr als 50% voraus, eine Verminderung der Treibhausgasemissionen um ein Drittel zwischen 1990 und 2050 (bisher erzielte Reduktion: 12%) sowie eine «angemessene Reduktion» der Stickstoff- und Phosphorüberschüsse. Da die Indikatoren der mittleren und detaillierten Variante sich deutlich vom Indikator der einfachen Variante unterscheiden, können wenig Aussagen über die Effektivität der an die Indikatoren gebundenen Zahlungen und über die Zielerreichung gemacht werden. Grundsätzlich ist der grösste Hebel in diesen Indikatoren aber die Tierdichte. Unabhängig von der gewählten IDZ-Variante erwarten wir aufgrund der SWISSland-Ergebnisse, dass wegen des Grenzschutzes und der unveränderten Nachfrage nach tierischen Produkten keine der drei IDZ-Varianten zu einem starken Rückgang des Tierbestands führen wird und die Umweltziele im Bereich Treibhausgas- und Ammoniakemissionen somit weiterhin nicht erreicht werden. Das zeigt, dass eine alleinige Anpassung des Direktzahlungssystems im Umweltbereich in Richtung indikatorbasierter Ansatz das Umweltproblem kaum lösen wird.

Bei den Pflanzenschutzmitteln führt das IDZ-System laut den SWISSland-Simulationen dazu, dass ein Grossteil der Betriebe auf RPSM verzichten würde. Diese Wirkstoffe dominieren das Risiko für Oberflächengewässer, das Grundwasser sowie Bienen deutlich (Kokaric et al. 2020). Somit könnte eine signifikante Reduktion in deren Anwendung dazu führen, dass das Ziel einer Halbierung des Risikos zwischen 2012-2015 und 2027 (Aktionsplan Pflanzenschutzmittel, Parlamentarische Initiative 19.475) erreicht wird. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass verschiedene pflanzenschutzmittelintensive Kulturen (z.B. Beeren) in SWISSland aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden konnten. Wie gross die Wirkung der mittleren und detaillierten IDZ-Varianten sind, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Alle Varianten haben aber gemeinsam, dass sie einen finanziellen Anreiz bieten, die risikoreichsten Wirkstoffe zu reduzieren. Somit halten wir es für wahrscheinlich, dass auch die mittlere und die detaillierte IDZ-Variante zu einem deutlichen Rückgang des Pflanzenschutzmittelrisikos führen.

Bezüglich Bodenschutz kann aufgrund der SWISSland-Ergebnisse keine Aussage über die Umweltwirkung gemacht werden. Ein Vergleich mit den politischen Zielen wäre ohnehin schwierig gewesen: Die Ziellücken bezüglich Erosion und Bodenfruchtbarkeit sind nicht genau bekannt, weil eine gesamtschweizerische Beurteilung mit der heutigen Datengrundlage nicht möglich ist (BAFU & BLW 2016).

5.7.2 Weitere Möglichkeiten zur Zielerreichung

Zusammengefasst werden allein durch die Einführung des IDZ-Systems die Umweltziele Landwirtschaft höchstwahrscheinlich nicht erreicht werden. Gerade im Bereich Emissionsschutz, wo hohe Schadenskosten anfallen, ändert das IDZ-System trotz hohen finanziellen Anreizen nur wenig. Die Anreize sind wirtschaftlich nicht ausreichend, um Betriebe zu einer aktiven Verhaltensänderung zu animieren. Es wird mitgenommen was geht, eine Anpassung, um mehr IDZ-Direktzahlungen zu erhalten, findet aber nicht statt. Sowohl im Bereich Tierhaltung als auch teilweise im Ackerbau liegen die Einbussen der Marktleistung, die für eine Reduktion der GVE/ha oder einen Verzicht auf PSM mit hohen Risiko-Scores hingenommen werden müssen, um ein Mehrfaches über den ausgerichteten Direktzahlungen. Betriebe, die bereits über der Minimalschwelle liegen und Stand heute IDZ-Direktzahlungen erhalten, nehmen diese deshalb mit, unternehmen aber keine besonderen Anstrengungen, um beispielsweise die Tierdichte weiter zu senken. Betriebe, die unter der Minimalschwelle liegen, ignorieren die IDZ-Vorgaben – wenn die Teilnahme freiwillig ist – und nehmen die Emissionsschutzbeiträge nicht in Anspruch. Insbesondere in der Tierhaltung bestehen mit dem Grenzschutz und den tierbezogenen Direktzahlungen (BTS, RAUS) darüber hinaus Anreize, die in direkter Konkurrenz zu den IDZ-Zielen stehen und zusätzlich dazu beitragen, dass mit dem IDZ-System die Tierdichten kaum gesenkt werden können. Eine Umsetzung des IDZ-Systems mit dem Ziel einer Erreichung der Umweltziele würde daher voraussetzen, die von übrigen Fördermassnahmen ausgehenden negativen Anreize zu reduzieren.

Die hohe Marktleistung der Tierhaltung ist auch ein Spiegel der Nachfrage. Solange die Nachfrage nach tierischen Produkten hoch bleibt und dem Landwirt/ der Landwirtin lukrativere Verdienstmöglichkeiten als Ackerbau bietet, solange wird es schwierig bleiben, mithilfe von Direktzahlungen allein eine umfangreiche Umstellung in der Landwirtschaft zu initiieren. Das Potential des IDZ-Systems, im Bereich Emissionsschutz deutliche Verbesserungen zu erzielen, ist somit durch die existierenden Rahmenbedingungen limitiert. Um das Potential des IDZ-Systems auszuschöpfen und die Umweltwirkungen des gesamten Ernährungssystems massgeblich zu senken, braucht es weitere Hebel, welche ausserhalb des Rahmens der Direktzahlungen liegen. Konsumseitig können durch die Vermeidung von Nahrungsmittelverlusten und eine Änderung des Ernährungsverhaltens mit Verzicht auf besonders umweltbelastende Produkte grosse Verbesserungen erreicht werden. Voraussetzung dafür ist die Information der gesamten Umweltwirkungen von Nahrungsmitteln entlang der Wertschöpfungskette. Eine weitere Möglichkeit, um die Umweltwirkungen zu senken, liegt in gesetzlichen Vorschriften wie z.B. Verboten. Da ein grosser Teil der Umweltwirkungen der Ernährung im Ausland anfallen, sind Begleitmassnahmen, welche auf den Import weniger umweltbelastender Nahrungsmittel abzielen, ebenfalls erfolgsversprechend (Bystricki et al. 2020). Allerdings werden damit nicht die Umweltwirkungen im Inland gesenkt, was das Hauptziel des IDZ-Projekts ist.

6 Schlussfolgerung

Das übergeordnete Ziel dieses Forschungsprojekts war die Entwicklung eines indikatorbasierten Direktzahlungssystems im Agrarumweltbereich als Alternative zum heutigen System. Ein solches System sollte eine Reduktion der Umweltwirkungen gezielter und effektiver erreichen und gleichzeitig machbar und für die wichtigen Akteure akzeptabel sein. Dieses Ziel wurde wie folgt erreicht:

- Der vorliegende Bericht schlägt Indikatoren für alle relevanten Umweltthemen in unterschiedlicher Komplexität vor.
- SWISSland-Simulationen zeigen, dass durch die Einführung eines IDZ-Systems einzelne Umweltwirkungen im Vergleich zum Status Quo reduziert werden können (insbesondere beim Einsatz risikoreicher Pflanzenschutzmittel). Die modellierte Reduktion hängt stark von der Ausgestaltung des Direktzahlungssystems ab, u.a. dem Grad der Freiwilligkeit. Die Umweltreduktionen gehen mit einem Rückgang der Produktion einher.
- Testrechnungen für sechs bestehende Betriebe des Agrarumweltmonitorings zeigen, dass die für die Umsetzung des Systems erforderlichen Daten grösstenteils verfügbar sind, sofern die Betriebe elektronische Aufzeichnungsinstrumente (Farm-Management-Informationssysteme) nutzen. Sie weisen zudem auf deutliche Umverteilungen der Direktzahlungen hin.
- Ein Dialog mit Vertreterinnen und Vertretern des Bundes, der Kantone, der Beratung sowie mit weiteren Fachpersonen aus dem Agrarumweltbereich bestätigt das grundsätzliche Interesse, die Idee eines IDZ-Systems weiter zu prüfen als Alternative zum heutigen, als nicht zielführend beurteilten System.

Der Handlungsbedarf zur Weiterentwicklung oder Neukonzeption des Direktzahlungssystems, der dem Projektauftrag zugrunde liegt, wird von den eingebundenen Stakeholdern bejaht. Der Status Quo stellt keine wirkungsvolle Option für die Erreichung der Agrarumweltziele dar. In dieser Hinsicht ist das vorgeschlagene IDZ-System eine valide Alternative zum heutigen System. Mit den variablen Systemkomponenten *Komplexitätsgrad der Indikatoren*, *Beitragsansätze*, *Maximal- und Minimalschwellen* sowie *Freiwilligkeitsgrad der Beteiligung* bietet es den notwendigen Spielraum für eine Umsetzung und allfällige Anpassungen, je nach politischem Kontext und gesellschaftlichen Forderungen.

In diesem Sinne hat aber das in diesem Bericht vorgeschlagene indikatorbasierte Direktzahlungssystem lediglich einen exemplarischen Charakter. Es untermauert die Machbarkeit und die Sinnhaftigkeit eines IDZ-Systems, wird jedoch für eine Umsetzung in dieser Form nicht empfohlen. Bei einer Weiterentwicklung des Konzepts müssen Punkte zur Umweltdimension, zu den Potentialen und Herausforderungen einer Umsetzung und zum Systemaufbau berücksichtigt werden, auf die wir im Folgenden eingehen.

6.1 Umweltdimension

Das IDZ-System baut auf der Idee auf, die Direktzahlungen im Agrarumweltbereich direkt an die effektiv erbrachten Umweltleistungen / -wirkungen der Betriebe zu binden. Dies setzt deren Bestimmung anhand von Indikatoren für die verschiedenen Umweltthemen voraus. Entgegen der anfänglichen Annahme eignet sich kein bestehendes Indikatorensystem für diesen Zweck, höchstens einzelne Indikatoren. Dies erfordert methodische Entwicklungen. Zwar stellen die in diesem Bericht erarbeiteten Indikatoren eine gute konzeptionelle Grundlage dar, sie müssen jedoch weiter getestet und verfeinert werden.

Viele Umweltwirkungen haben eine standortangepasste Komponente in ihrer Entstehung und ihrem Ausmass. Diese wurde im vorliegenden Vorschlag nur bedingt berücksichtigt. Eine Weiterentwicklung der Indikatoren in dieser Richtung wird als Voraussetzung für den Erfolg eines IDZ-Systems angesehen.

Die SWISSland-Simulationen zeigen ein gewisses Potential eines IDZ-Systems für eine bessere Erreichung der Umweltziele. Dabei muss Folgendes festgehalten werden:

- Dieses Potential konnte hinsichtlich der Breite der Umweltthemen und der Komplexität der vorgeschlagenen Indikatoren aus modelltechnischen und/oder zeitlichen Gründen nur begrenzt evaluiert werden.
- Das vorgeschlagene IDZ-System reagiert stark auf Änderungen der Systemkomponenten (z.B. Minimalschwellen der Indikatoren), so dass ein grösseres Potential zur Reduktion der Umweltziele durchaus vorhanden ist.

- Die Agrarumweltziele dürften selbst bei einem hohen Mitteleinsatz für die umweltbezogenen Direktzahlungen allein mit einem IDZ-System nach aller Wahrscheinlichkeit aber nicht erreicht werden können. Hemmend wirken die nicht-umweltbezogenen Direktzahlungen (z.B. Tierwohlbeiträge), weitere agrarpolitische Rahmenbedingungen wie der Grenzschutz sowie die bestehenden Betriebs- und Produktionsstrukturen, welche zumindest kurz- und mittelfristig hohe Opportunitätskosten für eine Beteiligung am IDZ-System verursachen. Insbesondere Betriebe, welche mit einer intensiven Produktion hohe Umweltwirkungen verursachen, werden sich nicht an einem freiwilligen IDZ-System beteiligen, was die Zielerreichung erschwert.

6.2 Potentiale und Herausforderungen einer Umsetzung

Verglichen zum heutigen System ist ein wesentlicher Vorteil des IDZ-Systems, dass die Umweltdimension des Direktzahlungssystems der Schweizer Landwirtschaft umfassender, gezielter und mit einem zusammenhängenden Konzept angegangen wird.

Ein weiterer Vorteil eines IDZ-Systems ist, dass es nicht nur die zur Optimierung der Umweltwirkungen notwendigen Massnahmen eines Landwirtschaftsbetriebes (d.h. die Operationalisierung einer Betriebsstrategie) berücksichtigt, sondern auch die Betriebs- und Produktionsstrukturen und damit die Betriebsstrategie selbst. Somit werden die Umweltwirkungen der Betriebe im IDZ-System wohl realistischer dargestellt als im heutigen System.

Ein IDZ-System führt je nach Ausgestaltung zu einer mehr oder weniger grossen Internalisierung der mit den Umweltwirkungen verbundenen Schadenskosten, vor allem durch positive Anreize zur Schadensvermeidung für Akteure, die heute ein Anrecht zur umweltbelastenden Produktion haben. Somit führt das IDZ-System zu einer aus Sicht der Umwelt gerechteren Verteilung der Direktzahlungen. Die Berechnungen zeigen, dass die Spannweite der umweltbezogenen Direktzahlungen mit einem IDZ-System um mehrere Faktoren im Vergleich zum heutigen System steigt und dass die umweltbezogenen Direktzahlungen umverteilt werden. Betriebe mit geringer Umweltbelastung profitieren von höheren Zahlungen. Betriebe mit hohen negativen Umweltwirkungen erfahren dagegen finanzielle Einbussen – je nach Ausgestaltung auch durch Kürzungen anderer Direktzahlungen – was im heutigen System nicht möglich ist.

Die Bindung an strukturelle Grössen kann als Mitnahmeeffekte wahrgenommen werden. Diese können in einem IDZ-System (u.a. über die Komponenten Maximal- und Minimalschwellen sowie der Gestaltung einzelner Indikatoren) besser und gezielter gesteuert werden als im heutigen System. Um trotz Mitnahmeeffekten ein genügend grosses Umweltbudget zu gewährleisten, ist wahrscheinlich aber eine Streichung der Versorgungssicherheitsbasisbeiträge nötig, wie es im Konzept des IDZ-Systems vorgeschlagen wurde.

Eine Grundvoraussetzung für die effiziente Bewältigung des administrativen Aufwands ist der Aufbau eines operativen betrieblichen Datenerfassungssystems. Die für ein IDZ-System benötigten Daten sind auf dem Betrieb für die Aufzeichnung des ökologischen Leistungsnachweises grösstenteils vorhanden, aber nicht immer leicht verfügbar. Dies gilt insbesondere für die mittlere und die detaillierte IDZ-Variante. Ein effizient umgesetztes IDZ-System setzt entsprechend erhebliche Fortschritte in der unternehmerischen Dokumentation der Landwirtschaftsbetriebe voraus. Die Akzeptanz eines IDZ-Systems wird umso höher, wenn dies von den Bewirtschaftenden als Zeichen einer modernen Landwirtschaft und als nützlich wahrgenommen wird, und nicht als administrative Belastung.

Ein weiterer zentraler Punkt für den administrativen Aufwand seitens Vollzug sowie die gesellschaftliche Akzeptanz eines IDZ-Systems ist die Kontrollierbarkeit. Dem Punkt wurde bei der Entwicklung der Indikatoren grosse Bedeutung geschenkt. Je detaillierter ein IDZ-System ist, desto schwieriger wird aber die Kontrollierbarkeit. Für die Umsetzung eines IDZ-Systems muss ein Gleichgewicht zwischen dem Nutzen einer Systemänderung und dem administrativen Aufwand für die Umsetzung gefunden werden.

Eine Grundvoraussetzung für die Akzeptanz und damit für die Umsetzung ist auch die Kommunizierbarkeit der Indikatoren, inklusive deren Wirkungsmechanismen und deren Berechnung. Die Umsetzung eines IDZ-Systems erfordert daher auch entsprechende Aktivitäten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung sowie in der Beratung.

6.3 Systemaufbau

Der Aufbau eines IDZ-Systems erfolgt im Spannungsfeld zwischen einer adäquaten Berücksichtigung der umweltphysikalischen Prozesse bzgl. der Umweltwirkungen, der Operationalisierbarkeit und Kontrollierbarkeit sowie der betrieblichen Handlungsspielräume zur Reduktion der Umweltwirkungen bei gleichzeitiger Optimierung der Einkommen. Gleichzeitig sind die Zielkonflikte zwischen Umweltwirkung, Produktion und Versorgung sowie Vollzugsaufwand relevant. Dies hat mehrere Konsequenzen.

Die zweckmässige Berücksichtigung der Systemkomponenten spielt eine wesentliche Rolle. Die Flexibilität eines IDZ-Systems bietet zwar den Vorteil einer zusammenhängenden Systembetrachtung, führt aber gleichzeitig zur Herausforderung, das System und die wichtigsten Systemelemente für die Umsetzung und den Vollzug adäquat zu gestalten. Dies erweist sich als sehr komplexe Aufgabe.

Ein IDZ-System wirkt sich unvermeidlich auf andere Ziele der Agrarpolitik aus und ist selber davon abhängig. Von Relevanz sind sicherlich die Themen Produktion und Selbstversorgungsgrad (beide nehmen in unseren Berechnungen für die einfache IDZ-Variante ab) und Einkommensverteilung. Es müssen Lösungen gefunden werden, wie mit diesen Zielkonflikten umgegangen wird. Anpassungen des IDZ-Systems, die zur Verringerung der Zielkonflikte führen, sind denkbar. Dazu zählen beispielsweise die Gewährleistung der Kohärenz aller Direktzahlungen, insbesondere auch derjenigen, die sich widersprechen (z.B. Förderung von Anbindeställen im detaillierten IDZ-System versus Förderung von Laufställen im BTS-Programm).

Die drei im Projekt erarbeiteten Varianten weisen spezifische Vor- und Nachteile auf, wobei vor allem die einfache Variante aufgrund der geringen Flexibilität und des ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses kritisch zu beurteilen ist. Umgekehrt ist die detaillierte Variante durch einen hohen Aufwand für die Datenerfassung und Kontrolle sowie eine hohe Komplexität geprägt, welche die Akzeptanz in der Praxis negativ beeinflussen dürfte. Entsprechend scheint heute keine der drei IDZ-Varianten direkt umsetzbar zu sein, weil sie entweder Umweltwirkungen zu stark approximieren (einfache Variante) oder schwer verständlich sind und einen zu grossen administrativen Aufwand für die Betriebsleitenden und den Vollzug bedeuten (detaillierte Variante). Obwohl eine mittlere Variante ausgearbeitet wurde, die zwischen diesen beiden Extremen liegt, erfüllt auch diese die Anforderungen an ein IDZ-System wahrscheinlich nicht ideal.

Denkbar ist allerdings, einzelne Elemente der Varianten freiwillig oder obligatorisch zu implementieren. Ein Mix der Varianten bzw. deren Indikatoren ist insofern vielversprechend, als dass je nach Umweltthema die Indikatoren der einfachen, der mittleren oder der detaillierten Variante als geeigneter beurteilt werden. Letzteres vor allem mit Blick auf die Frage der Datenverfügbarkeit, aber auch des administrativen Aufwandes.

Auch eine schrittweise Einführung eines IDZ-Systems entlang der Umweltdimensionen oder der Freiwilligkeitsgrad der Teilnahme ist eine Option, um einem IDZ-System zum Erfolg zu verhelfen.

6.4 Fazit

Ziel der Studie war, ein indikatorbasiertes Direktzahlungssystem (IDZ) im Agrarumweltbereich als Alternative zu den heutigen umweltrelevanten Direktzahlungen zu entwickeln. Ein solches System sollte eine Reduktion der Umweltwirkungen gezielter und effektiver erreichen und gleichzeitig machbar und für die wichtigen Akteure akzeptabel sein.

Verglichen mit dem heutigen System überwiegen die Vorteile eines IDZ-Systems die Nachteile: Das System deckt die wichtigsten Umweltthemen gemäss den gleichen Prinzipien ab und bietet somit die Möglichkeit, Umweltbelastungen integral zu reduzieren. Da das IDZ-System im Gegensatz zum heutigen System auch bei den landwirtschaftlichen Strukturen (u.a. angebaute Kulturen, Anzahl Tiere) ansetzt, die für die Umweltwirkungen zentral sind, wird die tatsächliche Umweltwirkung der Betriebe mit dem IDZ-System realistischer dargestellt. Es bietet zudem eine grosse Flexibilität in der Ausgestaltung und neue Massnahmen können problemlos in die Indikatorberechnungen aufgenommen werden. Zudem orientiert sich die Höhe der Zahlungen an Schadenskosten, womit wohlfahrtsrelevante Externalitäten internalisiert werden können. Daher empfehlen wir, die Idee eines IDZ-Systems weiter zu verfolgen.

Ein Wechsel vom heutigen Direktzahlungssystem hin zu einem indikatorbasierten System ist allerdings anspruchsvoll und benötigt weitere Abklärungen und Prüfungen. Aufbauend auf dem vorliegenden Konzept zu einem IDZ-System müssten im Hinblick auf eine Umsetzung die erwähnten konzeptionellen Punkte weiterentwickelt werden, insbesondere die Definition der Indikatoren inklusive Wahl der Bezugsgrössen, das zweckmässige Zusammenspiel

der vier Systemkomponenten *Komplexitätsgrad der Indikatoren*, *Beitragsansätze*, *Maximal- und Minimalschwellen* sowie *Freiwilligkeitsgrad der Beteiligung* und die Aspekte zur Regionalisierung des Systems. Des Weiteren muss das so weiterentwickelte IDZ-System mit Hilfe eines Pilotbetriebsnetzes getestet werden (am besten in Iterationen mit der konzeptionellen Weiterentwicklung). Somit könnten Fragen zur Datenerfassung und -plausibilisierung geklärt und die Kosten und Wirkungen im Detail evaluiert werden. Wichtig ist der Einbezug aller relevanter Stakeholder in diesen Prozess (z.B. Landwirte/Landwirtinnen und Vollzug). Der Übergang zum IDZ-System könnte durch eine schrittweise Einführung erleichtert werden, beispielsweise durch die etappenweise Einführung einzelner Indikatoren. Unsere Resultate haben auch gezeigt, dass eine Änderung des Direktzahlungssystems allein wahrscheinlich nicht ausreicht, um alle Umweltziele Landwirtschaft zu erreichen. Somit ist die parallele Initiierung weiterer Änderungen ausserhalb des Direktzahlungssystems (z.B. Grenzschutz), die in dieselbe Richtung gehen, für die Wirkung des IDZ-Systems entscheidend.

Danksagung

Wir möchten uns von Herzen bei Aurelia Nyfeler-Brunner bedanken, die das Projekt anfänglich geleitet und wertvolle Arbeit geleistet hat. Bei der Entwicklung der neuen Indikatoren haben uns mehrheitlich Agroscope-Forschende unterstützt, indem sie ihr Fachwissen mit uns geteilt, die vorgeschlagenen Indikatoren der detaillierten Variante geprüft oder sogar eigene Vorschläge für die Indikatoren erarbeitet haben. Besonders hohen Einsatz geleistet haben Daniel Bretscher für Treibhausgasemissionen, Laura de Baan und Muris Korkaric für Pflanzenschutzmittel, Yvonne Fabian und Philippe Jeanneret für Biodiversität, Frank Liebisch für Nitrat/Phosphor, Volker Prasuhn für Erosion und Peter Weisskopf für Humus. Thomas Nemecek hat zudem zu allen erarbeiteten Indikatoren konstruktives Feedback gegeben. Ihnen allen danken wir von Herzen für die ihre Arbeit. Des Weiteren möchten wir uns auch bei folgenden Personen (alphabetisch aufgelistet) bedanken, die für einzelne Aspekte hinzugezogen wurden und wichtige Beiträge geleistet haben: Christoph Ammann, Felix Herzog, Jennifer Jauch (Kanton Solothurn), Sonja Kay, Michael Kreuzer (ETH Zürich), Patrick Schlegel, Jérôme Schneuwly, Sabine Schrade, Chloé Wüst und Michael Zähler.

Literaturverzeichnis

- AGRIDEA (2019): Agroforst Netzwerk Schweiz 2014-2018. Schlussbericht. https://www.agroforst.ch/wp-content/uploads/Schlussbericht-Agroforst-Netzwerk-Schweiz_2014-2018.pdf
- Alig M., Prechsl U., Schwitter K., Waldvogel T., Wolff V., Wunderlich A., Zorn A. und Gaillard G. (2015). Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. Agroscope Science, 29. 160 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/35019>
- BAFU (2015) Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des Nonroad-Sektors. Studie für die Jahre 1980–2050.
- BAFU 2019: Zustand und Entwicklung Grundwasser Schweiz. Ergebnisse der Nationalen Grundwasserbeobachtung NAQUA, Stand 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. UmweltZustand Nr. 1901: 138 S.
- BAFU (2020). Folgen des Biodiversitätsverlusts. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/folgen-des-biodiversitaetsverlusts.html>.
- BAFU 2021: Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2019: National Inventory Report and reporting tables (CRF). Submission of April 2021 under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the Kyoto Protocol. Federal Office for the Environment, Bern. <http://www.climate-reporting.ch>
- BAFU und BLW (2008): Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820. Bundesamt für Umwelt, Bern: 221 S.
- BAFU und BLW (2013): Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft. Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL). ISBN 978-3-905 733-27-3. www.uzl-arten.ch
- BAFU und BLW (2016): Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633: 114 S.
- Berger, M., and Finkbeiner, M. (2011). Correlation analysis of life cycle impact assessment indicators measuring resource use. The International Journal of Life Cycle Assessment 16, 74-81.
- BFS (2020). Umweltindikator – Pflanzenschutzmittel (Verkäufe von Pflanzenschutzmitteln). <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltindikatoren/alle-indikatoren/emissionen-und-abfaelle/pflanzenschutzmittel.html>.
- BFS (2021a). Umweltindikator – Phosphorbilanz der Landwirtschaft. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/umweltindikatoren/alle-indikatoren/emissionen-und-abfaelle/phosphorbilanz.html>.
- BFS (2021b). Landwirtschaftsbetriebe: Benutzte Digitalisierung, Gründe, Risiken und ovrgesehene Nutzung nach Kanton. https://www.pxweb.bfs.admin.ch/pxweb/de/px-x-0702000000_261/px-x-0702000000_261/px-x-0702000000_261.px/ Letzter Zugriff: 5.1.2022
- Bockstaller, C., Gaillard, G., Baumgartner, D., Freiermuth Knuchel, R., Reinsch, M., Brauner, R., and Unterseher, E. (2006). Betriebliches Umweltmanagement in der Landwirtschaft: Vergleich der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA. Abschlussbericht zum Projekt, 2003-2005. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/23309>
- BLW (2019). Agrarbericht 2019; letzte Abfrage am 1.8.2021
- BLW (2020). Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft vom 23. Oktober 2013 (Stand: 18. August 2020) (Direktzahlungsverordnung, DZV).
- Breitschuh G., H. Ecker, I. Matthes und J. Strümpfel (2008): Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft. KTBL-Schrift 466. Darmstadt: KTBL
- Bystricky M., Nemecek T., Krause S. und Gaillard G. (2020): Potenzielle Umweltfolgen einer Umsetzung der Trinkwasserinitiative. Agroscope Science, 99. <https://doi.org/10.34776/as99g>
- CE Delft (2018) : De echte prijs van vlees. https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_7N81_De_echte_prijs_van_vlees_DEF.pdf. Letzter Zugriff: 17.01.2022

- Ciegis, R., Ramanauskiene, J., and Startiene, G. (2015). Theoretical reasoning of the use of indicators and indices for sustainable development assessment. *Engineering Economics* 63.
- Claassen, R. (2012): *The Future of Environmental Compliance Incentives in U.S. Agriculture: The Role of Commodity, Conservation, and Crop Insurance Programs*. Washington: ERS
- De Baan, L., Spycher, S. & Daniel, O. (2015). Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz von 2009 bis 2012. *Agrarforschung Schweiz*, 6, 48–55. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/34663>
- Doppler, T., Mangold, S., Wittmer, I., Spycher, S., Stamm, C.; Singer, H.; Junghans, M.; Kunz, M. (2017) Hohe Pflanzenschutzmittelbelastung in Schweizer Bächen, *Aqua & Gas* 4, 46-56
- EEA (1999): *Environmental indicators: Typology and overview*. Technical report No 25, EEA, Copenhagen.
- EEA (2005): *Agriculture and environment in EU-15 – the IRENA indicator report*. EEA Report No 6, ISBN 92-9167-779-5
- FAO (2013): *Greenhouse gas emissions from ruminant supply chains. A global life cycle assessment*. <http://www.fao.org/3/i3461e/i3461e00.htm>, letzter Zugriff: 8.9.2020
- FAO (2018): Daten von FAOSTAT (country=Switzerland, variable=implied emission factor for CH4, year=2018), <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GE>, letzter Zugriff: 16.11.2020.
- Flachowsky, G. & Brade, W. (2007): Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. In: *Züchtungskunde*, Bd. 79, Nr. 6, S. 417-465.
- Gaillard, G. und Nemecek, T. (2009): *Swiss Agricultural Life Cycle Assessment (SALCA): An integrated environmental assessment concept for agriculture*. 134-135.
- Gocht, A, Ciaian P, Bielza M, Terres J-M, Röder N, Himics M, Salputra G (2017) EU-wide economic and environmental impacts of cap greening with high spatial and farm-type detail. *Journal of Agricultural Economics* 68 (3), 651-681
- Grandl, F., Amelchanka, S.L., Furger, M., Clauss, M., Zeitz, J.O., Kreuzer, M., Schwarm, A. 2016a: Biological implications of longevity in dairy cows: 2. Changes in methane emissions and efficiency with age. *Journal of Dairy Science*, 99 (5): 3472-3485.
- Grandl, F., Luzi, S.P., Furger, M., Zeitz, J.O., Leiber, F., Ortmann, S., Clauss, M., Kreuzer, M., Schwarm, A. 2016b: Biological implications of longevity in dairy cows: 1. Changes in feed intake, feeding behavior, and digestion with age. *Journal of Dairy Science*, 99 (5): 3457-3471.
- Green, A., Nemecek, T., Chaudhary, A., & Mathys, A. (2020). Assessing nutritional, health, and environmental sustainability dimensions of agri-food production. *Global Food Security*, 26, 100406.
- Green, A., Nemecek, T., Smetana, S., & Mathys, A. (2021). Reconciling regionally-explicit nutritional needs with environmental protection by means of nutritional life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 127696.
- Grenz, J., Thalman, C., Stämpfli, A., Studer, C. und Häni, F. (2009): RISE – a method for assessing the sustainability of agricultural production at farm level. *Rural development News* 1/2009.
- Grenz, J. (2013): *The Response-Inducing Sustainability Evaluation (RISE): Danone Ecosystem Fund Newsletter*, 10, 3.
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., Keller, T., Fischer, M. und Porsche, H. (2003): RISE, a Tool for Holistic Sustainability Assessment at the Farm Level. *International Food and Agribusiness Management Review*, 6, 4.
- Heller, M. C., Keoleian, G. A., & Willett, W. C. (2013). Toward a life cycle-based, diet-level framework for food environmental impact and nutritional quality assessment: a critical review. *Environmental science & technology*, 47(22), 12632-12647.
- Hemmings, P. (2016): *Policy Challenges for Agriculture and Rural Areas in Norway*. Paris: OECD
- Hörtenhuber S. und Zollitsch W. 2009: Treibhausgasemissionen aus der Milchviehhaltung – Zur Bedeutung der Systemgrenzen. 36. *Viehwirtschaftliche Fachtagung; Raumberg-Gumpenstein; Österreich*: S. 137-144.

- Identitas (2022): <https://tierstatistik.identitas.ch/de/fig-cattle-calvingNumbers.html>; letzter Zugriff : 06.01.2022
- IPCC (2006): S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara & K. Tanabe (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Hayama: IPCC/IGES.
- IPCC (2019): D. Blain, F. Agus, M. A. Alfaro & H. Vreuls (Eds.), 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- Kanton Solothurn (2019). Landschaftsqualität Massnahmenkatalog. https://so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-alw/pdf/2015_agrarpolitische_massnahmen/Direktzahlungen/Massnahmenkatalog_Landschaftsqualität.pdf .
- Korkaric M., Hanke I., Grossar D., Neuweiler R., Christ B., Wirth J., Hochstrasser M., Dubuis P.-H., Kuster T., Breitenmoser S., Egger B., Perren S., Schürch S., Aldrich A., Jeker L. und weitere (2020). Datengrundlage und Kriterien für eine Einschränkung der PSM-Auswahl im ÖLN: Schutz der Oberflächengewässer, der Bienen und des Grundwassers (Metaboliten), sowie agronomische Folgen der Einschränkungen. Agroscope Science, 106. 31 S. <https://doi.org/10.34776/as106g>
- Kupper T., Häni C., Neftel A., Kincaid C., Bühler M., Amon B. und VanderZaag A. (2020): Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage – A review. Agriculture, Ecosystems and Environment 300, 106963
- Louhichi K., Ciaian P., Espinosa M., Perni A., Gomez y Paloma S. (2018) Economic impacts of CAP greening Application of an EU-wide individual farm model for CAP analysis (IFM-CAP) European Review of Agricultural Economics 45 (2), 205-238
- Münger A., Denninger T., Martin C., Eggerschwiler L. und Dohme-Meier F. (2018). Methanemissionen von weidenden Milchkühen: Vergleich zweier Messmethoden. Agrarforschung Schweiz 9 (6): 180–185, <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/38600>
- Meier, M., Moakes, S., Mäschi, A., Spengler, A., Steiner, F., Böhler, D., Leiber, F. (2017). Lebenstagesleistung und Klimabilanz der Schweizer Milchproduktion: Schlussbericht. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL). Frick; Schweiz.
- Möhring A., Mack G., Zimmermann A., Ferjani A., Schmidt A., Mann S. (2016). Agent-based modeling on a national scale – Experiences from SWISSland. Agroscope Science, 30, 56 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/35451>
- Möhring A. & Mann S., (2020). "Causes and impacts of the mis-representation of agricultural policy – The case of food supply security payments in Switzerland," Journal of Policy Modeling, Elsevier, vol. 42(2), 466-482.
- Montarella, L. Trends in land degradation in Europe. In: SIVAKUMAR, M.V.K. & NDIANG'UI, N., eds. Climate and land degradation. New York, Springer, 2007. S. 83-104.
- OECD (1993). Core set of indicators for environmental performance reviews.
- OECD (1994). Environmental indicators: OECD core set.
- Paul S. und Alewell C. (2018): An assessment of CO2 emission factors of drained organic soils in the Swiss GHG inventory. Report on behalf of the Federal Office for the Environment, Bern.
- Prechsl, U.E., Wittwer, R., van der Heijden, M.G.A., Lüscher, G., Jeanneret, P. & Nemecek, T. (2017). Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops: Life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment. Agricultural Systems, 157, 39-50.
- Richner, W., S. Sinaj (2017): Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz. Bern: Agroscope. www.grud.ch
- Roesch A., Gaillard G., Isenring J., Jurt C. und andere (2016): Umfassende Beurteilung der Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben. Agroscope Science, 33. 278 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/35544>
- Roesch A., Marton S., Thalmann C., Schader C., Grenz J, Gaillard G. (2018): Messung der Nachhaltigkeit auf Betriebsebene: welches Instrument für welchen Zweck? Agrarforschung Schweiz, 9, (10), 2018, 332-339. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/39764>

- Roesch, A., Nyfeler-Brunner, A., and Gaillard, G. (2021). Sustainability assessment of farms using SALCA sustain methodology. *Sustainable Production and Consumption* 27, 1392-1405.
- Röös, E., Sundberg, C., Tidåker, P., Strid, I., and Hansson, P. A. (2013). Can carbon footprint serve as an indicator of the environmental impact of meat production? *Ecological Indicators* 24, 573-581.
- SBV (2019). Fokus: Wirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Fokus/FOKUS02_DE.pdf.
- Schader, C., Jud, K., Meier, M.S., Kuhn, T., Oehen, B., Gattinger, A. 2014: Quantification of the effectiveness of greenhouse gas mitigation measures in Swiss organic milk production using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 73: 227-235.
- Schader, C.; Baumgart, L.; Landert, J.; Muller, A.; Ssebunya, B.; Blockeel, J.; Weissshaidinger, R.; Petrsek, R.; Mészáros, D.; Padel, S.; Gerrard, C.; Smith, L.; Lindenthal, T.; Niggli, U.; Stolze, M. (2016): Using the Sustainability Monitoring and Assessment Routine (SMART) for the Systematic Analysis of Trade-Offs and Synergies between Sustainability Dimensions and Themes at Farm Level. *Sustainability* 2016, 8, 274.
- Schader, C., Curran, M., Heidenreich, A., Landert, J., Blockeel, J., Baumgart, L., Ssebunya, B., Moakes, S., Marton, S., Lazzarini, G., Niggli, U., Stolze, M. (2019): Accounting for uncertainty in multi-criteria sustainability assessments at the farm level: Improving the robustness of the SMART-Farm Tool. *Ecological Indicators*. 106. 105503. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105503>
- Schaller, B., Nemecek, T., Streit, B., Zihlmann, U., Chervet, A. & Sturny, W. G. (2006). Vergleichsöko-bilanz bei Direktsaat und Pflug. *Agrarforschung Schweiz* 13, 482-487.
- Schläpfer, F. (2020). External costs of agriculture derived from payments for agri-environment measures: framework and application to Switzerland. *Sustainability* 12, 6126.
- SCNAT (2020). Übermässige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer. *Swiss Academies Factsheets*, Vol. 15(8).
- Swissherdbook bulletin (2019). Rindviehzucht aktuell, Ausgabe 3/2019.
- Tiemeyer B., Freibauer A., Borraz E. A., et al. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application, *Ecological Indicators*, Volume 109, 2020, 105838, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>
- Thalmann, C. und Grenz, J., 2017: Nachhaltigkeit mit RISE. *B&B Agrar*, 6, 21-24.
- UBA (2019). Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze (Stand 02/2019).
- Wall, E., Simm, G., Moran, D. 2009: Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal*, 4 (3): 366-376.
- Weltbank (2020). World Development Indicators – GDP (current US\$). <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., und Mouchet, C. (2008). Assessing farm sustainability with the IDEA method—from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. *Sustainable development*, 16, 4, 271-281.
- Zandonella, R., Sutter, D., Liechti, R., von Stokar, T. (2014). Volkswirtschaftliche Kosten des Pestizideinsatzes in der Schweiz – Pilotrechnung. https://www.infras.ch/media/filer_public/27/11/27118743-4623-4a7e-9d0d-47ca920e3ebf/vw-kosten-pestizideinsatz_schlussbericht.pdf.

Anhang

7 Bewertung verschiedener existierender Indikatoren hinsichtlich ihrer Eignung im IDZ-System

Für jedes Umweltthema wurden mehrere existierende Indikatoren auf ihre Eignung hinsichtlich der Verwendung in einem Direktzahlungssystem geprüft. Hierfür wurde als erster Schritt basierend auf existierenden Grundlagen (z.B. Roesch et al. 2016; Roesch et al. 2018; Nathan und Reddy 2010 und Referenzen darin) eine Kriterienmatrix erarbeitet, die verschiedene Aspekte der Indikatoren umfasst (Tabelle 16). Anschliessend haben 16 Projektmitglieder (inklusive Auftraggeber) eine Gewichtung der Kriterien und Unterkriterien vorgenommen. Die Gewichtung des Kriteriums mal die Gewichtung des Unterkriteriums ergibt die finale Gewichtung (FG). Über Diskrepanzen bei den individuellen Gewichtungen wurde im Projektteam diskutiert, bevor man sich auf eine finale Gewichtung geeinigt hat. Am meisten Gewicht erhielt das Unterkriterium «Umweltrelevanz», gefolgt von «Sensitivität auf Massnahmen des Landwirts/der Landwirtin», «Politikrelevanz», «Überprüfung der Datenqualität» (inwiefern die Daten, mit denen der Indikator berechnet wird, überprüft oder plausibilisiert werden können) und «Genauigkeit der Variablenwerte» (Angabe der Genauigkeit der für die Berechnung des Indikators benötigten Eingangsdaten).

Tabelle 16: Kriterienmatrix zur Eignung von Indikatoren für ein Direktzahlungssystem, inklusive der finalen Gewichtung (FG) jedes Unterkriteriums.

Kriterium	Unterkriterium	FG
1 Kommunizierbarkeit (5%)	1.1 Verständlichkeit des Konzepts (60%)	3%
	1.2 Komplexität der Berechnungsmethode (40%)	2%
2 Relevanz (25%)	2.1 Umweltrelevanz (60%)	15%
	2.2 Politikrelevanz (40%)	10%
3 Sensitivität (15%)	3.1 Anzahl Faktoren, die Indikator beeinflussen (30%)	4.5%
	3.2 Sensitivität auf Massnahmen des Landwirts/der Landwirtin (70%)	10.5%
4 Wissenschaftlichkeit (15%)	4.1 Wissenschaftliche Anerkennung (50%)	7.5%
	4.2 Nachvollziehbarkeit (50%)	7.5%
5 Anwendbarkeit (20%)	5.1 Dauer Datenerhebung (40%)	8%
	5.2 Operationalisierbarkeit (Bund/Kanton) (30%)	6%
	5.4 Quantifizierbarkeit (30%)	6%
6 Qualität (20%)	6.1 Überprüfung Datenqualität (50%)	10%
	6.2 Genauigkeit Variablenwerte (50%)	10%

Anschliessend haben drei Experten/Expertinnen des Agroscope-Projektteams jeden Indikator systematisiert, d.h. sie haben für jedes Unterkriterium eine Punktzahl zwischen 1 (schlecht) und 5 (gut) gegeben. Jeder/jede Experte/Expertin war für zwei bis drei Umweltthemen zuständig. Es wurde den Experten/Expertinnen überlassen, ob sie die Systematisierung für einzelne Indikatoren oder für die Indikatorsysteme vornehmen wollten. Da die Punktevergabe mit einer gewissen Ungenauigkeit verbunden ist und eine subjektive Komponente enthält, wurden die Systematisierung jeweils von einem zweiten Projektmitglied überprüft und bei Bedarf bereinigt. Die Experten/Expertinnen haben sich insbesondere an den Indikatorsystemen RISE, SALCA, SMART, ZA-AUI, IDEA und KSNL orientiert. Es war aber stets möglich und erlaubt, andere geeignete Indikatoren oder Indikatorsysteme zu analysieren. Obwohl sich die Experten/Expertinnen bezüglich der Gewichtung abgesprochen haben, können die Bewertungen über die verschiedenen Umweltthemen hinweg nur bedingt miteinander verglichen werden. Innerhalb eines Umweltthemas sind die Bewertungen jedoch konsistent.

Mithilfe der Systematisierung der einzelnen Indikatoren (Punkte 1-5) sowie der finalen Gewichtung (0-100%) konnte jeder Indikator bewertet werden; je höher ein Indikator bewertet wird, desto geeigneter scheint er a priori für das IDZ-System zu sein. Die maximal erreichbare Punktzahl für jeden Indikator beträgt 5 Punkte. Im Folgenden werden wir vertieft auf die verschiedenen bewerteten Indikatoren eingehen.

Tabelle 17: Bewertung der Indikatoren für ihre Eignung in einem Direktzahlungssystem (5=geeignet, 1=ungeeignet).

	Biodiversität	Treibhausgase	Ammoniak	Nitrat	Phosphor	PSM	Erosion	Humus		
KSNL	a) Median Feldgrösse	4.3	4.2	4.3	4.1	4.3	4.3	3.2	3.2	
	b) Fruchtarten-diversität	3.5								
REPRO	a) Beweidungs-koeffizient	3.9	3.9	3.6	3.1	3.2		3.6	3.2	
	b) Biodiversitäts-potential	3.3								
RISE	a) Verteilung ökol. Infrastruktur	4.2	3.8	3.6	3.8	3.6	a) PersisTox	3.8	3.1	3.3
	b) Vielfalt der LW-Produktion	3.7					b) Integrierter Pflanzenschutz	3.4		
	c) Intensität LW-Produktion	3.6								
	d) Ökologische Infrastruktur	3.5								
ZA-AUI		3.1	3.6	4.3	3.6	3.6	a) Anzahl Interventionen	3.5	3.3	3.4
							b) Risiko aquatischer Ökotox.	3.4		
SALCA		3.1	3.5	4.1	3.4	3.4			3.6	3.4
SMART			3.4						3.0	3.0
Sonstige	a) IP-Suisse (seltene Nutzpflanzen und Nutztiere)	4.3	SAFE	3.3	MOTIFS	3.3	a) IDEA	3.8	IDEA	3.0
	b) heutiges DZ-System (BFF)	3.9					b) 3V (Einsatz von Pflanzenschutzmittel mit hohem Risiko ja/nein)	4.1		

7.1 Biodiversität

Die Biodiversität ist ein sehr komplexes Umweltthema, das in viele verschiedene Unterthemen aufgeteilt werden kann. Dementsprechend sind auch die systematisierten und bewerteten Biodiversitätsindikatoren sehr unterschiedlich gestaltet. Da keiner der untersuchten Indikatoren alle Aspekte der Biodiversität abdeckt, müssten mehrere Indikatoren kombiniert werden, um das Umweltthema vollständig abzudecken. Im Folgenden werden wir auf die Indikatoren eingehen, die besonders gut bewertet wurden.

Von den bewerteten Indikatoren (Tabelle 17) gab es drei, die besser als die anderen Indikatoren bewertet wurden (zwischen 4.2 und 4.3 Punkten; vierbester Indikator liegt bei 3.9 Punkten):

Median Feldgrösse: Dieser Indikator wird im KSNL (Breitschuh et al., 2008) verwendet. Er wurde sehr gut bewertet, weil er sehr einfach bestimmbar und operationalisierbar ist und aktuelle Studien belegen, dass die Feldgrösse (unabhängig von korrelierten Variablen wie z.B. Bewirtschaftungsmassnahmen) einen direkten positiven Einfluss auf die Biodiversität ausübt (Sirami et al. 2019 und darin enthaltene Referenzen; Martin et al. 2020). Nichtsdestotrotz entschieden wir uns dagegen, den Indikator ins IDZ-System aufzunehmen. Die Landwirtschaft in der Schweiz ist im Vergleich zu anderen Ländern wie z.B. Frankreich oder Deutschland kleinräumig bzw. zergliedert; die mittlere Parzellengrösse beträgt nur ungefähr 1.5 ha. Eine substantielle Verkleinerung der Parzellengrösse ist mit einem markanten Mehraufwand für die Landwirte und Landwirtinnen verbunden.

Diversität Nutzpflanzen und Nutztiere: Die Diversität von Nutzpflanzen (Sorten) und Nutztieren (Rassen) wird in unterschiedlicher Ausführung in verschiedenen Indikatorsystemen verwendet (z.B. RISE, SMART, IP-Suisse-Punktesystem). Der Indikator berücksichtigt die genetische Vielfalt und ist relativ einfach mess- und überprüfbar. Aus diesen Gründen ist er für das IDZ-System geeignet.

Verteilung ökologischer Infrastrukturen: Dieser Indikator wird in RISE verwendet und bezeichnet den Anteil der Betriebsfläche, die weniger als 50 m von einem ökologisch wertvollen Habitat entfernt liegt (z.B. Hecke, Bäume, Steinhäufen). Die Vernetzung ist ein wichtiger Aspekt der Biodiversität. Im jetzigen DZ-System gibt es bereits die Vernetzungsbeiträge, die einen ähnlichen Zweck erfüllen wie der Indikator «Verteilung ökologischer Infrastruktur» in RISE. Da die Vernetzungsbeiträge etabliert sind, ziehen wir diese dem RISE-Indikator vor.

Im Gegensatz zu den anderen Umweltthemen wird die Biodiversität bereits im heutigen DZ-System prominent berücksichtigt. Für den Vergleich mit den anderen Indikatoren haben wir den Indikator Biodiversitätsförderflächen (BFF) ebenfalls systematisiert und bewertet. Im Vergleich zu den anderen Indikatoren hat er relativ gut abgeschnitten (3.9 Punkte). Auch wenn das heutige DZ-System im Bereich Biodiversität relativ komplex ist, was zu einer geringeren Punktzahl im Vergleich zu den am besten bewerteten Indikatoren führte, so hat es den Vorteil, etabliert und den Landwirten und Landwirtinnen bekannt zu sein. Aus diesen Gründen soll das jetzige DZ-System im Bereich Biodiversität als Grundlage für die IDZ-Biodiversitätsindikatoren dienen. Im Monitoringprogramm ALL-EMA konnte gezeigt werden, dass BFF-Flächen tatsächlich eine höhere Biodiversität aufweisen. Erreicht werden mit dem heutigen System die Umweltziele für Biodiversität allerdings nicht. Mit dem IDZ-System könnten die Ziele aber erreicht werden, da das IDZ-System zu einer zusätzlichen Reduktion der Ammoniakemissionen und des Einsatzes von risikoreichen Pflanzenschutzmitteln animiert.

7.2 Treibhausgasemissionen

Für das Thema Treibhausgasemissionen wurden die Indikatoren der Systeme REPRO, KSNL, RISE, SAFE, SALCA, SMART und ZA-AUI analysiert. Dabei hat KSNL mit Abstand am besten abgeschnitten (4.2 Punkte), gefolgt von REPRO (3.9) und RISE (3.9).

Alle drei Indikatoren können jedoch nicht eins zu eins im IDZ-System verwendet werden und müssen deshalb angepasst werden. Grund dafür ist der hohe Aufwand für die Landwirte und Landwirtinnen bei der Datenerhebung (alle Indikatoren erreichen nur 1-2 von 5 Punkten) und die eher geringe Operationalisierbarkeit (0-3 Punkte). Die Operationalisierbarkeit ist insbesondere für den KSNL-Indikator schwierig, weil bei diesem die sogenannte «Ackerzahl» verwendet wird, die von der Bodenzahl (Ertragsfähigkeit landwirtschaftlicher Böden), dem Klima und Landschaftsmerkmalen (z.B. Hangneigung) abhängt. In Deutschland ist dieser Index kartiert, in der Schweiz hingegen nicht.

Aus diesem Grund wurden für die drei IDZ-Varianten eigene Treibhausgasindikatoren entwickelt, die sich bei der Berechnung aber an bestehenden Indikatorsystemen orientieren. Zudem wurde bei der Erstellung von geeigneten IDZ-Indikatoren teilweise auf IPCC-Richtlinien zurückgegriffen, auf denen viele der systematisierten Indikatoren basieren. IPCC bietet international anerkannte Richtlinien für die Berechnung von Treibhausgasemissionen auf nationaler Ebene (IPCC 2006, 2019). Diese können auch für die Berechnung der Treibhausgasemissionen auf Betriebsebene herangezogen werden.

7.3 Ammoniakemissionen

Für Ammoniak wurden die Indikatorsysteme KSNL und ZA-AUI besonders gut bewertet (beide 4.3 Punkte), gefolgt von SALCA (4.1). Sowohl der Indikator von ZA-AUI als auch jener von SALCA basieren auf dem Schweizer Modell Agrammon⁷, das von der HAFL entwickelt wurde.

Trotz seiner guten Bewertung ist die Verwendung des KSNL-Indikators problematisch. Die Berechnungsgrundlage des KSNL-Indikators ist nicht genügend beschrieben, um sie detailliert nachvollziehen zu können (3 Punkte). Zudem bezieht sich die Berechnung auf die in Deutschland verwendete Düngeverordnung. Da für die Schweiz mit der GRUD (Grundlagen für die Düngung; Richner und Sinaj 2017) ein geeignetes schweizerisches Dokument vorliegt, in dem typische Werte wie Nährstoffgehalte festgelegt sind und an dem sich die Landwirte und Landwirtinnen orientieren sollen, ist die Entwicklung eines Indikators für Schweizer Verhältnisse anzustreben.

Auch die folgenden Aspekte der Indikatoren ZA-AUI und SALCA sind problematisch: Der Erhebungsaufwand für ZA-AUI und SALCA ist ziemlich hoch (3 respektive 2 Punkte). Zudem können die benötigten Inputdaten in manchen Fällen kaum plausibilisiert werden (3 Punkte).

Aus diesen Gründen haben wir für das detaillierte System einen einfachen Indikator entwickelt, der sich auf das Schweizer Modell Agrammon stützt. Für die einfache und die mittlere Variante wurde dieser Indikator weiter (stark) vereinfacht.

7.4 Nitrat und Phosphor

Für die Nitratauswaschung wurden die folgenden Indikatorsysteme bewertet: KSNL, RISE, ZA-AUI, SALCA, MOTIFS und REPRO. Die beiden Systeme KSNL (4.1 Punkte) und RISE (3.8 Punkte) wurden am besten bewertet.

Zwar ist der Aufwand der Datenerhebung bei KSNL nicht sehr gross, aber eine detaillierte Einsicht in die Berechnungsmethodik ist für Dritte nicht möglich (3 Punkte). KSNL berechnet eine N-Bilanz auf Betriebsebene (N-Bilanz: N-Zukauf von Dünge- und Futtermitteln minus N-Verkauf mit den Marktprodukten). Eine parzellenscharfe Betrachtung kann die Umweltwirkungen besser abbilden.

In RISE wird aus der Menge des ausgebrachten N je ha LN mithilfe einer einfachen (stückweise) linearen Funktion das Auswaschungsrisiko von Nitrat ins Grundwasser bewertet. Dieser Ansatz vereinfacht die für die Nitratauswaschung wichtigen Prozesse stark (fehlende Bilanzierung, Betrachtungsweise auf Betriebsebene, Annahme der stückweisen linearen Zunahme der Auswaschung mit N-Eintrag). Ausserdem wird bei diesem Indikator nicht berücksichtigt, dass unterschiedliche Kulturen und Böden unterschiedliche Nährstoffanforderungen haben. Vorteile dieses Indikators sind jedoch die einfache Berechnungsmethode (4 Punkte) und der geringe Datenerhebungsaufwand (4 Punkte). Als erste Näherung, um stark überdüngte Flächen zu verhindern, wird deswegen ein ähnlicher Ansatz im einfachen System verwendet.

Um die Umweltwirkungen genauer zu erfassen und kultur- und standortangepasstes Düngen zu fördern, ohne gleichzeitig einen zu grossen Aufwand bei der Datenerfassung und Operationalisierung zu generieren, wurde ein spezifischer IDZ-Indikator für das detaillierte IDZ-System hergeleitet. Dieser Indikator stützt sich auf das bei Agroscope vorhandene Expertenwissen. Für die mittlere Variante wurde dieser Indikator vereinfacht.

Für den Phosphoreintrag in Gewässer wurde ebenfalls die Methode KSNL am besten bewertet (4.3), was vor allem auf eine gute Bewertung bei der geringen Dauer der Datenerhebung (5 Punkte) sowie der hohen Reaktion des Indikators auf Massnahmen des Landwirts zurückzuführen ist (5 Punkte). Wie bei Nitrat fehlt aber eine detaillierte Einsicht in die Berechnungsmethodik (3 Punkte). Zudem wird der P-Saldo ebenfalls nur auf Betriebsebene erfasst.

⁷ www.agrammon.ch

Komplexere Methoden wie etwa SALCA (3.4) berücksichtigen zwar verschiedene Pfade des P-Austrags, kommen aber wegen der aufwändigen Datenerfassung und der beschränkten Möglichkeit, durch Massnahmen vom Landwirt direkt beeinflusst zu werden, für das IDZ-Projekt nicht infrage.

Deshalb wurde auch für den Indikator P-Eintrag in Gewässer im Rahmen des IDZ-Projekts für das detaillierte System ein Indikator hergeleitet, der auf bei Agroscope vorhandenem Expertenwissen sowie in der Schweiz bereits eingesetzten Methoden basiert. In der einfachen und mittleren Variante ist Phosphor nicht enthalten.

7.5 Pflanzenschutzmittel

Im Bereich Pflanzenschutzmittel (PSM) wurde der Indikator «Pflanzenschutzmittel mit besonderem Risiko» besonders gut bewertet (4.1 Punkte). Danach folgen mit etwas Abstand die Indikatoren «RISE_Persis_ToX», «IDEA_Pflanzenschutz» und «normierter Behandlungsindex», die alle die gleiche Punktzahl erreicht haben (3.8 Punkte).

Der am besten bewertete Indikator «Pflanzenschutzmittel mit besonderem Risiko» ist ein sehr simpler Indikator. Die für die Berechnung nötigen Eingangsdaten können problemlos überprüft werden (4 Punkte), sind schnell zu erheben (5 Punkte), und der Indikator hat immerhin eine mittlere Umweltrelevanz (3 Punkte). Aus diesen Gründen wird er leicht modifiziert (andere Pflanzenschutzmittelliste, basierend auf Risiko-Scores) ins IDZ-System aufgenommen, und zwar für die einfache Variante sowie für einen Teilaspekt der mittleren Variante.

Der Indikator «RISE-Persis_ToX» wäre für ein IDZ-System potenziell ebenfalls geeignet (Überprüfbarkeit 4 Punkte, Erhebungsdauer 4 Punkte, Umweltrelevanz 3 Punkte). Ein Vorteil dieses Indikators ist, dass er etwas quantitativer (3 statt 2 Punkte) und sensitiver auf Massnahmen der Landwirtin ist (5 statt 4 Punkte) als der Indikator «Pflanzenschutzmittel mit besonderem Risiko». Nachteilig wirkt sich die Vernachlässigung wichtiger Aspekte wie z.B. die ausgebrachte Menge aus (nur Anzahl Applikationen werden berücksichtigt).

Der «normierte Behandlungsindex» nach KSNL hat eine geringe Umweltrelevanz (2 von 5 Punkten), weswegen dieser Indikator (zumindest als alleiniger Indikator) nicht für das IDZ-System geeignet ist. Ansätze des weitverbreiteten Indikators Behandlungsindex fliessen aber in die mittlere Variante ein, in Kombination mit dem Indikator «Pflanzenschutzmittel mit besonderem Risiko».

Der Indikator «IDEA_Pflanzenschutz» hat einen höheren Datenerhebungsaufwand (3 Punkte) und eine geringere Überprüfbarkeit (3 Punkte) als die Indikatoren «Pflanzenschutzmittel mit besonderem Risiko» und «RISE-Persis_ToX», weswegen er für das IDZ-System etwas weniger geeignet ist.

Für den detaillierten Indikator wurde in Zusammenarbeit mit Fachexperten und Fachexpertinnen ein erster Vorschlag für ein Punktesystem entwickelt, das auf Risiko-Scores basiert. Somit basieren die IDZ-Indikatoren für alle drei Varianten auf derselben Grundlage.

7.6 Erosion

Die Bewertungen der sechs untersuchten Indikatorsysteme für den Bereich Erosion (SALCA, REPRO, ZA-AUI, KSNL, RISE und SMART) unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bewertung nicht sehr stark voneinander. Dies unter anderem auch deshalb, weil die meisten Methoden grundsätzlich auf der allgemeinen Bodenabtragungsgleichung beruhen. Die einzelnen Faktoren der Gleichung werden aber im Detail durchaus unterschiedlich parametrisiert. SALCA und REPRO haben eine Punktzahl von rund 3.6; SMART wird mit 3.0 am schlechtesten bewertet.

Positiv ist bei REPRO, dass nebst dem C-Faktor (abhängig von Bodenbedeckung und Bearbeitung) auch die Erosionsschutzmassnahmen direkt in die Berechnung einfließen. Die hohe Präzision ist aber mit einer aufwändigen Datenerhebung verbunden.

SALCA berücksichtigt zwar die meisten wesentlichen Einflussfaktoren; die Berechnungen auf der Basis etlicher Lookup-Tabellen sind aber eher unüblich und führen bei Veränderungen von Inputgrössen (wie etwa dem Flächenanteil gewisser Kulturgruppen) zu Sprüngen in der Masse des abgetragenen Bodenmaterials. Allen Methoden gemein ist der doch recht grosse Aufwand bei der Datenerhebung – vor allem bei der Ersterhebung.

Deshalb wird für den Indikator des detaillierten Systems eine einfachere Parametrisierung des Bodenabtrags vorgeschlagen, welche auf einer von Agroscope entwickelten GIS-Datenbank basiert, die Daten über das Erosionsrisiko

parzellenscharf zur Verfügung stellt. Im mittleren System soll dieser Indikator im Hinblick auf die mehrjährigen Angaben (Fruchtfolgen) vereinfacht werden. Im einfachen System fließen nur (sehr) wenige, einfach überprüfbare Variablen ohne Berücksichtigung der Hangneigung ein.

7.7 Humus

Ein genügender Humusgehalt ist für die Bodenstruktur und -fruchtbarkeit von hoher Bedeutung. Deshalb erstaunt es nicht, dass gewisse Indikatorsysteme zur Bestimmung der Bodenqualität (fast) ausschliesslich diese Komponente berücksichtigen. Wie bei der Erosion liegen auch hier die Bewertungen aus den gewichteten Kriterien nahe beieinander: SMART (Bewertung=3.0) liegt hauptsächlich wegen der wenig objektiven Fragen (und deshalb auch wenig Möglichkeiten, die Aussagen des Betriebsleiters zu plausibilisieren (2 Punkte)) am unteren Ende der Indikatorsysteme, SALCA mit der Bewertung 3.6 schneidet am besten ab. Letzteres vor allem wegen der Berücksichtigung der für die Humusbilanz wichtigen Prozesse (4 Punkte), der wissenschaftlichen fundierten Methode (4 Punkte) sowie der trotzdem nicht sehr anspruchsvollen Berechnungslogik (3 Punkte). Für das IDZ-System werden deshalb die Berechnungen des Humusbilanzrechners von Agroscope, der in SALCA verwendet wird, als Grundlage für den (sehr stark vereinfachten) einfachen Indikator herangezogen. Die mittlere Variante basiert auf dem Massnahmenkatalog der im Rahmen des «Ressourcenprogramms Humus» des Kantons Solothurn entwickelt worden ist; dieser wurde nicht systematisiert und bewertet.

Der gemessene Humusgehalt war als Indikator in keinem der untersuchten Systeme vertreten. Im Rahmen der Bodenanalysen, die für den ÖLN mindestens alle zehn Jahre durchgeführt werden müssen, wird aber auch der organische Kohlenstoff- respektive Humusgehalt bestimmt. Für die Anwendung im IDZ-System müssten in Zukunft mehrere Proben pro Parzelle genommen werden, da der Humusgehalt räumlich stark variieren kann. Ausserdem müsste die heute bestehende Möglichkeit, den Humusgehalt von blossen Auge anhand einer Farbskala zu bestimmen, abgeschafft werden. Wenn auch relativ aufwändig, so liegt die Einbindung der Messung des Humusgehalts für das IDZ-System im Bereich des Möglichen. Der Humusgehalt müsste nicht jedes Jahr neu gemessen werden, man könnte die Auszahlungen bis zur nächsten Messung konstant halten. Wir berücksichtigen diesen Indikator für die detaillierte Variante.

8 SWISSland-Berechnungen: Umsetzung der einfachen IDZ-Variante

Im Folgenden beschreiben wir, wie die Indikatoren der einfachen IDZ-Variante (siehe Kapitel 10 Anhang) in SWISSland implementiert wurden.

8.1 Biodiversität

In der einfachen IDZ-Variante ändert sich nichts an den Vorgaben für den Erhalt von Biodiversitätsförderbeiträgen. Entsprechend wurden in SWISSland nur die Beitragshöhen für Biodiversitätsförderflächen (BFF) angepasst. Neu erhalten die in SWISSland modellierten Betriebe keine Beiträge mehr für BFF der Qualitätsstufe I (nur noch für Acker-BFF) und die Vernetzung, dafür jedoch einen um 50% erhöhten Beitragssatz für Biodiversitätsförderflächen der Qualitätsstufe II sowie Acker-BFF. Ein Betrieb kann weiterhin die ÖLN-Vorgabe von 7% BFF (3.5% für Spezialkulturbetriebe) nur mit BFF der Qualitätsstufe I erreichen, erhält für diese im IDZ-System aber keine Zahlungen mehr.

8.2 Emissionen

Emissionen werden in der einfachen IDZ-Variante über zwei Parameter abgebildet: über die Anzahl GVE pro Hektar sowie über die Menge an ausgebrachtem Stickstoff pro Hektar. Diese beiden Kenngrößen werden auf gesamtbetrieblicher Ebene modellendogen berechnet, d.h. ein Modellbetrieb in SWISSland kann beispielsweise über Anpassung des Tierbestands und der landwirtschaftlichen Nutzfläche die Anzahl GVE pro Hektar steuern. Neu sind sie über die Direktzahlung für Emissionsschutz direkt mit dem Einkommen eines Betriebs verknüpft. Für die Berechnung der Kenngrößen in SWISSland werden berücksichtigt:

- GVE pro Hektar: berücksichtigt sämtliche landwirtschaftliche Nutztiere eines Betriebs und setzt sie in Relation zur gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche des Betriebs.
- Ausgebrachter Stickstoff (in kg) pro Hektar: berücksichtigt neben Hofdüngeranfall und Mineraldüngereinsatz die Reduktion des N-Anfalls bei Weidehaltung. Der anfallende Stickstoff wird ebenfalls auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche des Betriebs gerechnet.

Die zur Berechnung der GVE pro Hektar sowie des ausgebrachten Stickstoffs pro Hektar notwendigen Daten sind bereits in SWISSland integriert und konnten unverändert übernommen werden. Angepasst wurden die Direktzahlungen sowie die Verknüpfung der IDZ-Direktzahlungen mit dem Betriebseinkommen einerseits und den gewählten Indikatoren (GVE/ha und kgN/ha) andererseits.

8.3 Pflanzenschutzmittel

Bis anhin wurden PSM in SWISSland nur als gesamtbetriebliche Kosten modelliert. Eine Aufschlüsselung nach Kultur, Pflanzenschutzmittel, Wirkstoff o.Ä. war auf Grundlage der Buchhaltungsdaten, auf denen das Modell aufbaut, nicht möglich. Es konnte lediglich festgestellt werden, ob ein Betrieb einen finanziellen Aufwand für Pflanzenschutz betreibt und wie hoch dieser Aufwand allenfalls ausfällt.

Für die Modellierung der einfachen IDZ-Variante ist dies nicht ausreichend. Insbesondere fehlen Informationen zur tatsächlichen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln pro Kultur und Betrieb sowie Informationen zu den zu erwartenden Mindererträgen pro Kultur bei Umstieg auf andere PSM respektive bei Verzicht auf PSM, falls keine Umstiegsmöglichkeit auf andere PSM (d.h. der Wirkstoff ist nicht ersetzbar) besteht.

Die tatsächlichen Anwendungen von PSM pro Kultur sind für die Gesamtheit der etwa 3'200 in SWISSland abgebildeten Betriebe nicht verfügbar. Als Datenquelle kommt deshalb der ZA-AUI-Datensatz des Jahres 2018 (zum Bearbeitungszeitpunkt war dies der aktuellste verfügbare Datensatz) zum Einsatz, bei dem für 228 Betriebe detaillierte Angaben zur Anwendung von PSM sowie den enthaltenen Wirkstoffen pro Kultur vorliegen. Dies erlaubte es, zumindest für die 228 im Datensatz abgebildeten Betriebe ein Bild zu zeichnen über:

- Den Einsatz von Risiko-PSM (RPSM; siehe Kapitel 10.4) aufgeschlüsselt nach Kultur und ZA-AUI-Betrieb

- Die Häufigkeit von RPSM-Anwendungen pro Kultur über die ZA-AUI-Betriebe hinweg
- Der Typ oder bei Mehrfachanwendungen die Typenkombination der eingesetzten RPSM (Insektizid, Herbizid, Fungizid, Akarizid). Dabei wurden analog dem Vorschlag der Parlamentarischen Initiative (19.475) drei Gruppen gebildet:
 - Gruppe 1: Verzicht Insektizide. Der Anwender benutzt Insektizide und/oder Akarizide und/oder Fungizide und hat damit in SWISSland die Option auf einen Verzicht auf Insektizide/Akarizide/Fungizide. Herbizide können weiter eingesetzt werden.
 - Gruppe 2: Verzicht Herbizide. Die Anwenderin benutzt Herbizide und hat damit in SWISSland die Option auf Herbizidverzicht. Insektizide/Akarizide/Fungizide können weiterhin eingesetzt werden.
 - Gruppe 3: Verzicht alle PSM. Der Betrieb verwendet sowohl Wirkstoffe aus Gruppe 1 als auch aus Gruppe 2. Ein Verzicht bedeutet einen Verzicht auf alle RPSM.
- Die Ersetzbarkeit der eingesetzten RPSM nach Kultur in Kombination mit der Studie von Korkaric et al. (2019) differenziert in «nicht ersetzbar», «schwierig ersetzbar» und «ersetzbar».

So konnte für jede Kultur eruiert werden, wie hoch der Anteil an RPSM-Anwendern ist, welchen Typ oder welche Typenkombination von RPSM die Anwender bei einer Kultur einsetzen, ob die verwendeten RPSM ersetzbar sind und wie hoch der Anteil an RPSM-Anwendern pro Kultur ist. Ein Beispiel: Brotgetreide wird im Jahr 2018 von 209 ZA-AUI Betrieben angebaut. Davon verwenden 10 Betriebe schwierig ersetzbare Herbizide der Kategorie RPSM, was einem Anteil von 4.8% aller Brotgetreide anbauenden ZA-AUI-Betriebe entspricht. Weitere 4 Betriebe (1.9%) verwenden nicht ersetzbare Insektizide der Kategorie RPSM. Es gibt bei Brotgetreide keinen Betrieb, der sowohl Herbizide als auch Insektizide der Kategorie RPSM einsetzt und einen Vollverzicht vornehmen müsste, um die IDZ-Zahlung für «Verzicht auf Pflanzenschutzmittel mit hohen Risikoscores» zu erhalten.

Für die zu erwartenden Mindererträge aufgrund des Verzichts auf spezifische Wirkstoffe oder aufgrund eines Umstiegs auf PSM ohne die betreffenden Risikowirkstoffe sind keine detaillierten Daten verfügbar. Agroscope führte jedoch im 2020 eine Delphi-Umfrage unter PSM-Experten zum Thema «Ertragsverluste bei Verzichte auf chemische Pflanzenschutzmittel» durch (Möhring et al., 2021). Die Ergebnisse dieser Umfrage werden als Grundlage für die zu erwartenden Mindererträge bei Verzicht auf RPSM angenommen. Dabei gilt:

- Nicht ersetzbare Wirkstoffe (Kategorie 5 nach Korkaric et al 2019): Die durch einen allfälligen Verzicht auf RPSM zu erwartenden Ertragsverluste entsprechen dem publizierten Wert der Agroscope-Studie (z.B. Raps, Teilverzicht Insektizide, nicht ersetzbar: 42.6% Ertragsverlust)
- Schwierig ersetzbare Wirkstoffe (Kategorien 3 und 4 nach Korkaric et al 2019): Die durch einen allfälligen Verzicht auf RPSM zu erwartenden Ertragsverluste entsprechen dem halben publizierten Wert der Agroscope-Studie (z.B. Raps, Teilverzicht Insektizide, schwierig ersetzbar: 21.3% Ertragsverlust). Es wird hier angenommen, dass es Alternativen für den Pflanzenschutz gibt, die allerdings nicht an die Effizienz des ursprünglich eingesetzten Wirkstoffs heranreichen. Es handelt sich hierbei um eine arbiträre Annahme, da keine belastbaren Daten vorliegen.
- Ersetzbare Wirkstoffe (Kategorien 1 und 2 nach Korkaric et al. 2019): Keine Reduktion des Ertrags. Es wird angenommen, dass die betroffenen RPSM problemlos und mit gleichbleibender Effizienz durch andere PSM ersetzt werden können.

Aufgrund der grossen Diskrepanz zwischen der Anzahl Betriebe in SWISSland (rund 3200 Betriebe) und im ZA-AUI-Datensatz (228 Betriebe im 2018 mit PSM-Anwendungen) wurde die vereinfachende Annahme getroffen, dass der Anteil an RPSM-Anwendern konstant bleibt. Am Beispiel «Brotgetreide» verdeutlicht bedeutet dies, dass 4.8% aller Brotgetreide kultivierenden Betriebe in SWISSland schwierig ersetzbare Herbizide der Kategorie RPSM einsetzen. Analoges gilt für alle anderen Kulturen. Die RPSM-Anwender wurden dabei pro Kultur zufällig ausgewählt. Die getroffene Zufallsauswahl bleibt jedoch im Anschluss über alle Modellrechnungen konstant, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Wie vorgesehen erhält somit ein Betrieb den Pflanzenschutzmittelbeitrag, wenn er keine RPSM verwendet. Die Implementierung der IDZ-Ausgestaltung mit negativen Beiträgen (-300 CHF/ha ab Verwendung von mehr als 5 unterschiedlichen RPSM-Wirkstoffen) war in SWISSland jedoch nicht möglich.

8.4 Boden

Als Anreiz zur Verbesserung der Bodenqualität sieht die einfache IDZ-Variante einen Bodenschutzbeitrag vor. Dieser wird pauschal für Dauergrünland bezahlt. Für die Ackerfläche berechnet sich der Beitrag aus der Differenz zwischen Kunstwiesen- und Zwischenfruchtfläche einerseits und der Hackfruchtfläche andererseits.

Um den Bodenschutzbeitrag abbilden zu können, wurde SWISSland um die Option des Zwischenfruchtanbaus erweitert. In SWISSland hat die Landwirtin oder der Landwirt neu die Wahl, Gründüngungen (Nicht-Leguminosen) als Zwischennutzung anzubauen. Die Daten über den zusätzlichen Arbeitsbedarf sowie die Saatgutkosten wurden dem Deckungsbeitragskatalog der Agridea, Ausgabe 2020, entnommen. Andere Zwischenkulturen wurden nicht implementiert, da Synergien zwischen Zwischenkultur und Hauptkultur in SWISSland nicht abgebildet werden können und das Hauptaugenmerk auf der Bedeckung von Boden durch Vegetation liegt.

9 Getroffene Annahmen für nicht verfügbare Daten der Beispielbetriebe

Für einige Daten, die in der ZA-AUI nicht enthalten sind, mussten Annahmen getroffen werden:

- Milchwahstoffgehalt: Es wurde angenommen, dass der Milchwahstoffgehalt 25 mg/dl (Wahstoff pro Milch) oder weniger beträgt, weil die Mehrheit der Betriebe des Ressourcenprojekts «Verminderung der Ammoniakverluste im Kanton Glarus 2011-2016» unter diesem Wert lagen (Weyermann und Baer 2017).
- Erosionsrisikopotential: Da die ZA-AUI-Daten nicht georeferenziert vorliegen, konnten die Parzellen nicht mit der Karte des Erosionsrisikopotentials verknüpft werden. Stattdessen wurde die Hangneigung als Proxy für das Erosionsrisiko genommen. Bei einer Hangneigung zwischen 6% und 18% wurde ein mittleres Erosionsrisiko angenommen, bei einer Hangneigung über 18% ein hohes Erosionsrisiko.
- Verwendung Humusbilanzrechner: Es ist nicht bekannt, ob die ZA-AUI-Betriebe den Humusbilanzrechner als Planungsinstrument einsetzen. Es wurde die Annahme getroffen, dass dies nicht der Fall ist.
- Mistkompostierung: Es wurde angenommen, dass kein Mist kompostiert wird.

Um die Datenextraktionen und Berechnungen zu vereinfachen, wurden des Weiteren folgende Annahmen getroffen:

- Es wurde angenommen, dass der prozentuale Anteil von Kunstwiesen respektive Hackfrüchten an der LN den Anteil von Kunstwiesen respektive Hackfrüchten in der Fruchtfolge auf Parzellenebene widerspiegelt.
- Es wurde angenommen, dass die Tiere der Kategorie Rindvieh, die im Anbindestall gehalten werden, nicht dieselben sind wie jene, die Vollweide haben (nur für 1 Betrieb relevant).

Bei der Berechnung des Nitratindikators der mittleren Variante wurde angenommen, dass die Betriebe einen parzellspezifischen Düngungsplan verwenden, weil dies die Grundvoraussetzung für die Berechnung des Indikators darstellt. Ohne diese Annahme wären die Nitratzahlungen der mittleren Variante Null.

10 Herleitung der Indikatoren der drei IDZ-Varianten

10.1 Biodiversität

10.1.1 Detaillierte Variante

Der Indikator der detaillierten Variante bezieht sich auf einen Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) des Betriebs und kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Der Wert wird am Ende mit der LN des Betriebs multipliziert. Der Indikator setzt sich aus drei Termen (X_1 , X_2 , X_3) zusammen, die jeweils mit unterschiedlichem Gewicht einfließen:

$$\text{Biodiv}_d = \text{Min}(1, 0.6 \times X_1 + 0.3 \times X_2 + 0.1 \times X_3) \quad (9)$$

pro ha LN

X_1 fließt mit dem meisten Gewicht ein (60%), während X_2 und X_3 weniger Gewicht erhalten (30% und 10%). X_1 beschreibt die BFF (Fläche und Anzahl verschiedener BFF), X_2 die Vernetzung und X_3 seltene Sorten und Arten. Die Gewichtung wurde so gewählt, dass die bisherigen Instrumente (BFF und Vernetzung) die Mehrheit der Zahlungen ausmachen (90%). Die BFF erhalten am meisten Gewicht, weil sie die Grundstruktur für die Biodiversitätsförderung wildlebender Arten darstellen. Neu wird auch die Förderung seltener/alter Rassen und Sorten, die in verschiedenen Indikatorsystemen berücksichtigt wird (z.B. RISE, SMART, IP-Suisse-Punktesystem), mit Direktzahlungen belohnt (10%).

X_1 und X_3 können Werte grösser als 1 annehmen. Damit kann eine Landwirtin oder ein Landwirt auch die maximalen Biodiversitätsgelder erhalten, ohne in allen drei Termen das Maximum zu erreichen.

Term x_1 : BFF

$$X_1 = R \times \text{Flächenanteile}_{BFF} + R \times 3 \times \text{Flächenanteile}_{BFF_{\text{wertvoll}}} + (0.1 \times N_{BFF} - 0.1) - R \times 0.07 \quad (10)$$

In X_1 fließen folgende Aspekte ein: i) die BFF-Flächen, je grösser desto besser; ii) die Anzahl BFF-Typen, je mehr desto besser.

Bei der Berechnung der Flächenanteile fließen Hochstamm-Feldobstbäume, Nussbäume etc. mit einer Fläche von 1 a pro Baum in die Formel ein. Wie in der Formel zu sehen ist, erhalten wertvolle BFF mehr Zahlungen als andere BFF. Als erste Annahme könnten die heutigen QII-Flächen sowie BFF, die im Ackergebiet liegen (ohne den zukünftigen BFF-Typ «weite Reihen»), als wertvoll eingestuft werden. Es wird allerdings empfohlen, die Unterteilung zwischen wertvollen und nicht-wertvollen BFF-Flächen nochmals mit verschiedenen Experten und Expertinnen zu prüfen. Abgeleitet aus den heutigen Direktzahlungen fließen die wertvollen BFF mit dreifachem Gewicht ein (Differenz QII-Fläche zu QI-Fläche). Indem nur die Flächenanteile von «gewöhnlichen» BFF-Flächen und wertvollen BFF ohne weitere Differenzierung einfließen, wird die bestehende Zahlungsformel, in der fast jede BFF mit einer anderen Zahlung verknüpft ist, stark vereinfacht.

In unserer Formel führen wir einen regionsspezifischen Gewichtungsfaktor R ein, der sich an den UZL-Hauptregionen orientiert. Damit tragen wir dem Umstand Rechnung, dass in den Bergen deutlich mehr Flächenanteile mit UZL-Qualität erreicht werden sollen als in den tieferen Lagen (BAFU und BLW 2013):

- Mittelland, tiefe Lagen im Jura: $R = 4$
- Alpen: $R = 1$
- Hoher westlicher Jura, tiefe Lagen in den Alpen: $R = 2$
- Tiefe Lagen im Wallis: $R = 1.5$
- Südlicher Alpenrand: $R = 2.5$

Ein gleich grosser Betrieb im Mittelland muss also deutlich weniger BFF aufweisen als ein Betrieb in den Alpen, um denselben Wert für X_1 zu erhalten.

Nebst der BFF-Fläche ist es für die Biodiversität zudem förderlich, wenn es möglichst viele unterschiedliche Lebensräume auf einem Betrieb gibt, was zu einer Erhöhung der Beta-Diversität führt. Als ersten Proxy für die Lebensräume schlagen wir die BFF vor, da diese ohnehin bereits erfasst werden. Unterschiedliche BFF-Typen (z.B. Hecken, Blühstreifen) stellen unterschiedliche Nischen dar; dies zeigt sich z.B. daran, dass mit den verschiedenen BFF unterschiedliche Ziel- und Leitarten verknüpft sind (BAFU und BLW 2016). Um die Vielfalt der Nischen zu berücksichtigen, wird die Anzahl von BFF-Typen (N_{BFF}), die auf einem Betrieb vorkommen, in der Formel berücksichtigt. Hierbei ist es allerdings ratsam, extensive und wenig intensive Wiesen zu einem BFF-Typ zusammenzufassen. BFF-Flächen mit unterschiedlicher Qualität (z.B. extensive Wiese QI und extensive Wiese QII) gelten nicht als unterschiedliche BFF-Typen. Wichtig ist zudem, dass die Anzahl an BFF (oder BFF-Gruppen), die für die Direktzahlungen definiert werden, sich über die Zeit nicht ändert.

Die Minusterme in Gleichung 10 sind aus den Anforderungen des ÖLN abgeleitet. Wer die Minimalanforderungen des ÖLN einhält (7% BFF, keine wertvollen Flächen, nur ein BFF-Typ), soll keine zusätzlichen Zahlungen im Rahmen des IDZ-Systems erhalten. Dies stellt eine Änderung zum heutigen System dar.

Minimal- und Maximalschwelle: Bei einem Indikatorwert von 0 erhält der Betrieb keine Zahlungen, bei einem Indikatorwert von 1 100% der Zahlungen. Dazwischen wird linear interpoliert. Negative Zahlungen gibt es im Bereich Biodiversität nicht, da mit der Vorgabe des ÖLN (Anteil BFF mindestens 7% respektive 3.5% für Spezialkulturen) bereits ein vergleichsweise hoher Standard sichergestellt wird.

Term X_2 : Vernetzung

Die Vernetzung ist ein wichtiger Aspekt der Biodiversität. Es gibt verschiedene Vernetzungsprogramme, bei denen Landwirte und Landwirtinnen mitmachen können. Dieser Term ist als binäre Variable konstruiert: Macht die Landwirtin oder der Landwirt bei einem Vernetzungsprojekt mit, ist $X_2=1$, ansonsten $X_2=0$.

Term X_3 : Seltene Nutzpflanzen und Nutztiere

$$X_3 = \frac{\text{Tiere}_{\text{seltene}}}{\text{Tiere}} + \frac{\text{LN}_{\text{seltene}}}{\text{LN}} \quad (11)$$

Der Landwirt oder die Landwirtin soll neu auch belohnt werden, wenn er seltene Nutzpflanzen und Nutztiere kultiviert beziehungsweise hält. Als Grundlage für die Liste seltener Sorten und Rassen können z.B. die Pro-Specie-Raraliste und die Fructus-Liste dienen; auch eine Liste mit seltenen Graspflanzen könnte für diesen Zweck erstellt werden. $\frac{\text{Tiere}_{\text{seltene}}}{\text{Tiere}}$ und $\frac{\text{LN}_{\text{seltene}}}{\text{LN}}$ stellen den Anteil von seltenen Nutztieren (pro Kopf) auf dem Betrieb dar respektive den Anteil der LN, auf dem seltene Sorten angepflanzt wird. Die Verwendung der Anzahl Tiere statt der GVE wird damit begründet, dass jedes Individuum (Nutztiere) für die Biodiversität gleich viel zählen sollte, unabhängig von seinem Gewicht.

10.1.2 Mittlere Variante

Der Biodiversitätsbeitrag der mittleren Variante richtet sich nach den heutigen Biodiversitätsbeiträgen für QI, QII und Vernetzung entsprechend Direktzahlungsverordnung (DZV; BLW 2020). Die in der DZV festgelegten Beiträge für BFF auf Ackerflächen werden allerdings um 50% erhöht, um dem Biodiversitätsdefizit auf Ackerflächen entgegenzuwirken. Zusätzlich wird ein Beitrag für seltene/alte Nutzpflanzen und -tiere bezahlt. Der Betrag pro 1 ha seltene Nutzpflanze respektive pro 15 seltene Tiere beläuft sich auf 200 CHF; ein Betrieb kann für die Förderung seltener Nutzpflanzen und -tiere jedoch maximal 2000 CHF erhalten.

Minimal- und Maximalschwelle: Da sich dieser Indikator am bestehenden Direktzahlungssystem orientiert, ist die Minimalschwelle dieselbe wie die des ÖLN (7% BFF respektive 3.5% für Spezialkulturen); eine eindeutige obere Grenze gibt es nicht. Von negativen Zahlungen im Bereich Biodiversität sehen wir ab, da mit der ÖLN-Vorgabe bereits ein vergleichsweise hoher Standard sichergestellt wird.

10.1.3 Einfache Variante

In der einfachen Variante werden die QI-Beiträge gestrichen mit Ausnahme der Acker-BFF. Zudem werden die Vernetzungsbeiträge gestrichen. Als Ausgleich werden die QII-Beiträge und die Acker-BFF um 50% erhöht. BFF mit Qualitätsstufe I wie z.B. extensive Wiesen können weiterhin bestehen, um die Anforderungen an den ÖLN bezüglich

BFF zu erfüllen; im Gegensatz zum heutigen System werden diese Flächen aber nicht mehr bezahlt, solange sie nicht zusätzlich Qualitätsstufe II aufweisen.

Minimal- und Maximalschwelle: Die Minimalschwelle ist dieselbe wie die des ÖLN (7% BFF respektive 3.5% für Spezialkulturen); eine eindeutige obere Grenze gibt es nicht. Von negativen Zahlungen im Bereich Biodiversität sehen wir ab, da mit der ÖLN-Vorgabe bereits ein vergleichsweise hoher Standard sichergestellt wird.

10.2 Ammoniakemissionen

10.2.1 Detaillierte Variante

Der Indikator Ammoniakemissionen orientiert sich am Modell Agrammon, das für die Berechnung der nationalen Ammoniakemissionen verwendet wird. Da für die Berechnung mit Agrammon relativ viele, z.T. schwer überprüfbare Variablen erfasst werden (z.B. Zeitpunkt der Hofdüngerausbringung, direkt ohne Lagerung ausgebrachter Mist, Häufigkeit Aufräumen des Güllelagers, Angaben zur Fütterung von Rindvieh), leiten wir im Folgenden einen vereinfachten Indikator her. Für die Herleitung des Indikators haben wir uns an den Werten aus der technischen Dokumentation von Agrammon orientiert mit folgenden Ausnahmen:

- Für die Güllelagerung haben wir Werte in % Total Ammonia Nitrogen (TAN) aus (Kupper et al. 2020) verwendet (Standard: 16% TAN für Rindvieh, 15% TAN für Schweine; 73% respektive 64% Reduktion dieser Werte für eine feste Abdeckung aus Holz oder Beton), um keine Annahmen über die Grösse der Hofdüngelager treffen zu müssen und unsere Berechnungen konsistent in % TAN durchzuführen.
- Für die Emissionsfaktoren der Hofdüngerausbringung haben wir die Werte aus SALCA verwendet, die sich an den Studien Sintermann et al. 2011, Sintermann et al. 2012 und Häni et al. 2016 orientieren.

Die Ammoniakemissionen aus dem Mineraldüngereinsatz tragen weniger als 10% zu den Gesamtemissionen bei, weswegen wir diese im Indikator vernachlässigen (allenfalls könnte in Zukunft Harnstoff berücksichtigt werden, da dessen Emissionsfaktor deutlich höher ist als jener anderer Mineraldünger). Stattdessen fokussieren wir uns auf die Emissionen aus der Tierhaltung. Bisher ist der Hofdüngeraustausch in der Indikatorberechnung nicht berücksichtigt. Für eine einheitliche Systemgrenze der Indikatoren (Hofator) wäre es allerdings besser, diesen in Zukunft einzubeziehen.

Bisher wurden Formeln für die Tierkategorien Rindvieh, Schweine, Lege- und Junghennen, Mastpoulet und Masttruten sowie Kleinwiederkäuer hergeleitet, die am meisten zur Produktion von Fleisch und Milch beitragen. Nach demselben Konzept können Formeln für weitere Tierkategorien (z.B. Pferde und übrige Equiden, Bisons) hergeleitet werden.

In erster Linie hängen die Ammoniakemissionen von der Anzahl Tiere ab. Weil unsere Bezugsgrösse die landwirtschaftliche Nutzfläche darstellt, fliessen somit Tierdichten (in GVE/ha) als wichtige Variablen in die Formeln ein. Um den Effekt von Reduktionsmassnahmen wie z.B. Vollweide oder Phasenfütterung zu quantifizieren, haben wir für jede der beschriebenen Tierkategorien ein Referenzsystem definiert. Danach wurde der Effekt der verschiedenen Reduktionsmassnahmen (in %) durch Änderungen dieses Referenzsystems quantifiziert.

In allen Referenzszenarien haben wir angenommen, dass Gülle mit Schleppschlauch ausgebracht wird, dass Mist innerhalb von vier Stunden eingearbeitet wird und dass das Güllelager abgedeckt ist. In die Erstellung der Referenzszenarien sind die Umfrageergebnisse der HAFL aus dem Jahr 2015 eingeflossen, z.B. bei der Schätzung einer repräsentativen Weidedauer oder repräsentativen Stallsystemen (Kupper et al. 2018), sowie die Standardwerte in Agrammon. Die Referenzszenarien sowie deren Ammoniakemissionen sind in Tabelle 18 beschrieben.

Weil die Lagerungs- sowie Ausbringungsemissionen bereits mit der Revision der Luftreinhalteverordnung (12.2.2020) reduziert werden sollen, beschränken wir uns bei den Reduktionsmassnahmen im IDZ-Indikator auf solche, die mit der Fütterung oder Emissionen im/auf Stall/Laufhof/Weide zusammenhängen. Viele dieser Massnahmen sind auf der Homepage www.ammoniak.ch für verschiedene Tierkategorien zusammengestellt; diese Homepage wurde im Rahmen des Projekts «Wissenstransfer Ammoniak» erstellt, das vom BLW und vom BAFU finanziert wird. Für das IDZ-System haben wir uns auf jene Massnahmen beschränkt, die laut «Wissenstransfer Ammoniak» von Bund, Kantonen und Forschung für eine generelle Umsetzung in der Schweiz empfohlen werden, deren Minderungseffekt quantifiziert ist und die nicht bereits mehrheitlich umgesetzt sind. Zusätzlich haben wir nach Rücksprache mit

Experten und Expertinnen die Fütterung beim Rindvieh (durch den Milchharnstoffgehalt) und die verschiedenen Stallsysteme bei Schweinen (Labelstall versus konventioneller Stall) einbezogen.

Die berücksichtigten Massnahmen sind in Tabelle 18 dargestellt. Für Bio- und Chemowäscher wurde der Mittelwert der beiden Massnahmen genommen. Für die Phasenfütterung und N-angepasste Fütterung bei Schweinen haben wir eine Reduktion von -22.6% TAN pro GVE angenommen (basierend auf Alig et al. 2015). Eine Alternative wäre es, den Rohprotein-Gehalt der Rationen in die Berechnung aufzunehmen (nach Agrammon oder nach Suisse-Bilanz).

Bis auf den Effekt des Milchharnstoffgehalts konnten alle Reduktionsmassnahmen nach Agrammon berechnet werden. Der Milchharnstoffgehalt fliesst folgendermassen in unsere Berechnung ein: Wir setzen die Referenz bei 25 mg/dl (Harnstoff pro Milch) an, d.h. bei Milchharnstoffgehalten ≤ 25 mg/dl werden die Ammoniakemissionen mit einem Faktor 1 multipliziert (bleiben unverändert); dies, weil die Mehrheit der Betriebe des Ressourcenprojekts «Verminderung der Ammoniakverluste im Kanton Glarus 2011-2016» in diesem (guten) Bereich lagen (Weyermann und Baer 2017). Ab 25 mg/dl nehmen wir an, dass die Ammoniakemissionen um 3% pro mg/dl zunehmen (abgeleitet aus van Duinkerken et al. (2011)).

Somit ergeben sich für die verschiedenen Tierkategorien folgende Gleichungen:

Rindvieh

$$Z_1 = 23 \text{ kg NH}_3\text{N} \times \text{GVE}_{\text{Rindvieh}} \times 1.03^{\text{Milchharnstoffwert}-25} \times [1 - 0.25 \times \text{Anteil_GVE_Vollweide}] \times [1 - 0.18 \times \text{Anteil_GVE_Anbindestall}] \times [1 - 0.37 \times \text{Anteil_GVE_Anbindestall_und_Vollweide}] \times [1 - 0.03 \times \text{Anteil_GVE_Fressstände}] \times [1 - 0.06 \times \text{Anteil_GVE_geneigte_Stallböden}] \quad (12)$$

23 kg NH₃N ist der Referenzwert für die Ammoniakemissionen pro GVE (siehe Tabelle 18), Anteil_Rind_Vollweide, Anteil_Rind_Anbindestall usw. ist der Anteil der Tiere der Kategorie Rindvieh in GVE auf der Vollweide bzw. im Anbindestall. Bei den anderen Tierkategorien (siehe andere Formeln) bezieht sich der GVE-Anteil selbstverständlich auf die jeweilige Tierkategorie. Für Rindvieh im Anbindestall **und** auf der Vollweide (-38%), werden die Terme Vollweide (-26%) und Anbindestall (-18%) auf null gesetzt. Milchharnstoffgehalt in mg pro dl Milch; Werte <25 mg/dl werden auf 25 mg/dl gesetzt.

Konventioneller Stall Schweine:

$$Z_2 = 25 \text{ kg NH}_3\text{-N} \times \text{Schweine_GVE} \times [1 - 0.23 \times \text{Anteil_GVE_Phasenfütterung}] \times [1 - Y \times \text{Anteil_GVE_emissionsminderndes_Stallsystem}] \quad (13)$$

Mit $Y = 0.37$ für Bio- oder Chemowäscher, $Y = 0.08$ für impulsarme Zulüftung (Annahme: nicht kombinierbar)

Label-Stall Schweine:

$$Z_3 = 35 \text{ kg NH}_3\text{-N} \times \text{Schweine_GVE} \times [1 - 0.23 \times \text{Anteil_GVE_Phasenfütterung}] \times [1 - 0.17 \times \text{Anteil_GVE_Aussenklimastall}] \quad (14)$$

Legehennen und Junghennen:

$$Z_4 = 23 \text{ kg NH}_3\text{-N} \times \text{Geflügel_GVE} \times [1 - \text{ST} \times \text{Anteil_Massnahme}] \quad (15)$$

Mit $\text{ST} = 0.20$ für Trocknung mit Kotbandentmistung, $\text{ST} = 0.17$ häufig entmisten, $\text{ST} = 0.27$ für beide Massnahmen. Geflügel_GVE bezieht sich nur auf die Kategorien Lege- und Junghennen.

Mastpoulet und Masttruten:

$$Z_5 = 18 \text{ kg NH}_3\text{-N} \times \text{Geflügel_GVE} \quad (16)$$

Geflügel_GVE bezieht sich nur auf die Kategorien Mastpoulet und -truten.

Kleinwiederkäuer:

$$Z_6 = 16 \text{ kg NH}_3\text{-N} \times \text{Kleinwiederkäuer_GVE} \quad (17)$$

Diese Emissionen werden alle aufsummiert und durch die LN des Betriebs dividiert, womit man den Ammoniak-Indikator (in kg NH₃-N pro ha und Jahr) erhält:

$$\text{Amm}_d = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6) / \text{LN} \quad (18)$$

Die kritischen Eintragsraten von Ammoniak werden v.a. im Mittelland, im Jura, am nördlichen und am südlichen Alpenhang sowie im Tessin überschritten. Als Verfeinerung könnte man die Zahlungen dieses Indikators auf Gebiete beschränken, die sich in der Nähe dieser Überschreitungen befinden.

In dem hier vorgeschlagenen Indikator schneiden tierfreundliche Stallsysteme (Laufställe bei Rindvieh, Labelställe mit Auslauf bei Schweinen) schlechter ab, weil diese mehr Ammoniak emittieren. Im BTS-Programm werden tierfreundliche Stallsysteme hingegen honoriert. Alternativ zu dem hier skizzierten System könnte auch ein Indikator verwendet werden, der nicht zwischen diesen Stallsystemen unterscheidet, wenn gleichzeitig die BTS-Beiträge gestrichen werden. Des Weiteren ist es möglich, dass die Definitionen der Stallsysteme in Agrammon geschärft werden müssten, um verlässlich auf Einzelbetriebe angewandt werden zu können.

Minimal- und Maximalschwelle: Für Werte von 0 kg NH₃-N /[ha×yr] erhält der Landwirt oder die Landwirtin die vollen Zahlungen, für Werte >40 kg NH₃-N /[ha×yr] keine Zahlungen mehr. Dazwischen wird linear interpoliert. Für die Variante mit negativen Zahlungen werden für Emissionen über >40 kg NH₃-N /[ha×yr] lineare Abzüge gemacht.

Tabelle 18: Zusammenfassung der Referenzsysteme und der Reduktionsmassnahmen. Zu den Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Massnahmen geben die Formeln Auskunft.

Tierkategorie	Referenz	Referenzwert (kg-N/GVE)	Massnahme	Reduktion
Rindvieh	150 Weidetage pro Jahr mit 10 Stunden auf der Weide und 14 Stunden im Laufstall; an 215 Tagen 24 Stunden im Laufstall; Laufstall verfügt über Laufhof, der ganzjährig 1-2 Stunden pro Tag benutzt wird; Vollgülle; keine Mehrplätze	23	Bedarfsgerechte, ausgeglichene Fütterung	Abhängig vom Milchwahnharnstoffwert
			Fressstand erhöht zum Laufgang	-3%
			Boden mit Quergefälle und Harnsammelrinne, Schieberentmischung	-6%
			Anbindestall	-18%
			Vollweide	-25%
			Anbindestall + Vollweide	-37%
Schwein	Labelställe mit Mehrflächenbuchten und Auslauf, Vollgülle	35	Phasenfütterung Mastschweine	-23%
			Impulsarme Zulüftung	-8%
			Abluftreinigungssysteme	-37%
	Konventionelle Ställe ohne Auslauf, Vollgülle	25	Phasenfütterung Mastschweine	-23%
			Aussenklimastall	-17%
Lege-/Junghennen	Kotbandentmischung ohne Trocknung mit Getränke nippel und 2 Mal pro Monat Reinigung (Standard in Agrammon); Freilandauslauf	23	Kotbandentmischung mit Trocknen	-20%
			Kotbandentmischung mit häufigem Entmisten	-17%
			Kotbandentmischung mit Trocknen und häufigem Entmisten	-27%
Mastpoulet, Masttruten	Bodenhaltung, kein Freilandauslauf	17	keine	
Kleinwiederkäuer	16 Stunden pro Tag auf der Weide, 220 Weidetage	16	keine	

10.2.2 Mittlere Variante

Für den Indikator der mittleren Variante haben wir den Indikator der detaillierten Variante vereinfacht. Neu wird keine Unterscheidung mehr nach Tierkategorie gemacht. Von den Reduktionsmassnahmen werden nur noch die Massnahmen für Rindvieh, die einen relativ hohen Effekt haben können (Vollweide, Anbindestall und Milchwahnhstoffgehalt), berücksichtigt. Die Beschränkung auf die Kategorie Rindvieh wird damit begründet, dass diese am meisten zu den Schweizer Ammoniakemissionen beiträgt. Des Weiteren wird der Indikator nicht mehr in kg TAN/ha ausgedrückt; stattdessen kann er, analog zum Indikator der einfachen Variante, Werte zwischen 0 und 1 annehmen.

$$Amm_m = 1 - 0.66 \times 1.03^{\text{Milchwahnhstoffwert}-25} \times \frac{\text{GVE}}{\text{ha}} \times (1 - 0.25 \times \text{Anteil_GVE_Vollweide} - 0.18 \times \text{Anteil_GVE_Anbindestall} - 0.37 \times \text{Anteil_GVE_Vollweide_Anbindestall}) \quad (19)$$

Im Ergebnis wird jeder Landwirt und jede Landwirtin Beiträge erhalten, der weniger als 1.5 GVE pro Hektar und damit unterdurchschnittlich viele Tiere hält, bei Vollweidehaltung und Anbindestall auch Betriebe mit einer Tierdichte bis zu 2.4 GVE/ha.

Wie auch bei der detaillierten Variante kann als widersprüchlich wahrgenommen werden, dass hier Anbindeställe gegenüber Laufställen bevorzugt werden, während im BTS-Programm Laufställe gegenüber Anbindeställen honoriert werden, auch wenn die Beiträge in sich umwelt- bzw. tierschutzökonomisch konsistent begründet sind. Alternativ zu dem hier skizzierten System könnte auch der Bonus für Anbindeställe entfallen, wenn gleichzeitig die BTS-Beiträge gestrichen werden (siehe auch Kapitel 10.2.1).

Minimal- und Maximalschwelle: Bei einem Wert von $Amm_m = 1$ erhält der Betrieb die maximalen Zahlungen, bei einem Wert von $Amm_m = 0$ keine Direktzahlungen. Dazwischen wird linear interpoliert. Für die Variante mit negativen Zahlungen werden für negative Indikatorwerte lineare Abzüge gemacht.

10.2.3 Einfache Variante

Hier wird derselbe Indikator wie für die Treibhausgasemissionen verwendet (einfache Variante; siehe Kapitel 10.1.3).

10.3 Nitrat und Phosphor

10.3.1 Detaillierte Variante

Ein parzellenspezifischer Düngungsansatz hat einen deutlich grösseren Bezug zur Nitrat- und Phosphorauswaschung als ein gesamtbetrieblicher Ansatz. Mit einer betrieblichen Düngebilanz wie z.B. der Suissebilanz kann der Fall eintreten, dass die Düngebilanz zwar ausgeglichen ist, aber doch signifikante Nitratauswaschungen auftreten, da auf den einen Parzellen deutlich zu viel und auf anderen deutlich zu wenig Dünger ausgebracht worden ist. Zudem ist der optimale N-Input je nach Kultur unterschiedlich hoch. Um eine grosse Wirkung zu erzielen, animiert der detaillierte Indikator den Betriebsleiter zu parzellenspezifischem Denken.

Für Stickstoff wurde ein Indikator entwickelt, der sich aus den folgenden drei Termen zusammensetzt (mit gleicher Gewichtung, d.h. Gewicht=1/3),

3. A) Gibt es einen parzellenspezifischen Düngungsplan? Antwort: ja/nein
Dies definiert den «Minimalstandard»; ist dieser nicht erfüllt, gibt es für den ersten Term keine Zahlungen.
B) Falls Antwort «ja»: N-Überschüsse bis 20 kg N/ha im Vergleich zur Düngungsnorm werden ohne finanzielle Abzüge toleriert, um den Bewirtschaftenden einen gewissen Spielraum zuzugestehen (z.B. Düngung für Mehretrag). Bei höheren Überschüssen sinkt die Auszahlung linear, bis der N-Überschuss 50 kg N/ha beträgt. Die Berechnungen werden gemäss GRUD auf Parzellenebene durchgeführt.
4. Sinngemäss gleich wie beim ersten Term 1), aber die Frage und die Überschüsse beziehen sich auf einen standortangepassten und nicht bloss parzellenspezifischen Düngungsplan gemäss GRUD. Beim standortangepassten Düngungsplan wird die Düngungsnorm korrigiert, z.B. mithilfe der Nmin-Methode (Richner und Sinaj 2017). Ein standortangepasster Düngungsplan führt zu einem höheren administrativen Aufwand, erhält aber präzisere Empfehlungen für die Düngung, da gemessene Bodenproben, Klima und andere Faktoren in die Düngung einfließen. Ein standortangepasster Düngungsplan ist zwingend parzellenspezifisch.

5. Der dritte Term berücksichtigt den nach der Methode Vetsch (2000) berechneten Nitratindex. Dieser erlaubt die Beurteilung der landwirtschaftlichen Bodenbewirtschaftung bezüglich des Nitrat-Auswaschungspotentials. Dabei werden nicht nur die einzelnen Kulturen berücksichtigt, sondern auch die Kombination der Kulturen in der Fruchtfolge. Weitere wichtige Einflussgrößen sind die Anbautechnik und die Winterbedeckung. Eine Fruchtfolgeplanung ist auch für den ÖLN vorgeschrieben. Es ist klar belegt, dass eine winterliche Bodenbedeckung, eine angepasste Fruchtfolge und eine konservierende Bodenbearbeitung zu weniger Nitratauswaschung führen (Braun et al., 1997; Nievergelt, 1997).

Die vorherigen Ausführungen können durch die folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\text{Nitrat}_d = \sum_{i=1}^p \frac{a_i}{a_{tot}} \left\{ \frac{1}{3} \times \left[PD - \frac{\ddot{U}N_{parz} - 20}{30} \right] + \frac{1}{3} \times \left[SD - \frac{\ddot{U}N_{sta} - 20}{30} \right] \right\} + \frac{1}{3} \times (1 - \text{Nitratind}_{norm}) \quad (20)$$

| $\ddot{U}N_{parz}, \ddot{U}N_{sta} \in [20, 50]$

wobei:

i	Laufindex über alle p Parzellen
a_i	Fläche der Parzelle i (in ha)
a_{tot}	Fläche aller berücksichtigter Parzellen (in ha)
PD	falls ein parzellenspezifischer Düngungsplan vorhanden ist $\rightarrow PD=1$, ansonsten $PD=0$
$\ddot{U}N_{parz}$	Überschuss N (in kg/ha) bei parzellenspezifischem Düngungsplan gemäss GRUD
SD	falls ein standortspezifischer (und parzellenspezifischer) Düngungsplan vorhanden ist $\rightarrow SD=1$, ansonsten $SD=0$
$\ddot{U}N_{sta}$	Überschuss N (in kg/ha) bei standortangepasstem Düngungsplan. Berechnungen gemäss GRUD
Nitratind_{norm}	Nitratindex/105: normierter Nitratindex gemäss Nitrogäu (Nitratindex wird mit dem theoretisch höchsten Wert von 105 normiert, gute landwirtschaftliche Praxis ergibt Werte zwischen 4 und 70).

$\ddot{U}N_{parz}$ - und $\ddot{U}N_{sta}$ -Werte <20 kg N/ha werden auf 20 kg N/ha gesetzt, Werte >50 kg N/ha werden auf 50 kg N/ha gesetzt. Die drei Beiträge des Nitratindikators (Gleichung 20) werden gleich gewichtet, weil keine Informationen vorliegen, welche eine andere Gewichtung nahelegen würden.

Minimal- und Maximalschwelle: Der Indikator kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Bei einem Indikatorwert von 1 erhält die Landwirtin oder der Landwirt die vollen Zahlungen, unter einem Wert von 0.5 werden keine Zahlungen mehr ausgeschüttet (respektive negative Zahlungen für die entsprechende Ausgestaltung). Dazwischen wird linear interpoliert.

Phosphor ist nicht so mobil wie Stickstoff. Wenn der P-Gehalt einer Parzelle deutlich zu hoch ist, muss über mehrere Jahre signifikant reduziert gedüngt werden, um einen angemessenen P-Gehalt im Boden zu erreichen. Wie Formel 20 zeigt, müssen die Empfehlungen der GRUD befolgt werden, um Zahlungen zu erhalten. Im Rahmen vom ÖLN muss jeder Landwirt und jede Landwirtin etwa alle 8-10 Jahre eine Bodenuntersuchung zur Bestimmung der Gehaltsklasse (A, B, C, D, E) durchführen. Auch beim P-Indikator gilt ähnlich wie beim Nitratindikator, dass ein wirkungsvoller Anreiz besonders dann erreicht wird, wenn parzellenspezifisch analysiert wird.

Die Formel für eine Auszahlung aufgrund angepasster P-Düngung kann deshalb einfach gehalten werden:

$$\text{Phosphor}_d = \sum_{i=1}^p \frac{a_i}{a_{tot}} \times 0.5 \times \{PD + PG\} \quad (21)$$

i	Laufindex über alle p Parzellen
a_i	Fläche der Parzelle i
a_{tot}	Fläche aller berücksichtigter Parzellen
PD	$PD=1$, falls ein parzellenspezifischer Düngungsplan vorliegt, sonst $PD=0$
PG	$PG=1$, falls Düngungsplan gemäss Gehaltsklasse eingehalten wird, sonst $PG=0$.

Es besteht die Möglichkeit, diese beiden Nährstoffindikatoren auf Gebiete zu beschränken, in welchen die entsprechenden Umweltprobleme (z.B. Eutrophierung) auftreten. Voraussetzung dafür wären die benötigten Grundlagen, wie z.B. vollständige Kartierungen der Zuströmbereiche.

Minimal- und Maximalschwelle: Der Indikator kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Bei einem Indikatorwert von 1 erhält der Betriebsleiter die vollen Zahlungen, unter einem Wert von 0.5 keine Zahlungen mehr (respektive negative Zahlungen für die entsprechende Ausgestaltung). Dazwischen wird linear interpoliert.

10.3.2 Mittlere Variante

Der Nitrat-Indikator der mittleren Variante beruht auf der Erkenntnis, dass eine parzellenspezifische Düngung die Grundlage ist, die N-Auswaschung wirksam zu verringern. Abgeleitet vom Nitrat-Indikator der detaillierten Variante wird ein Beitrag auf Basis der folgenden Formel ausbezahlt:

$$\text{Nitrat}_m = \sum_{i=1}^p \frac{a_i}{a_{tot}} \left\{ \left[PD - \frac{\dot{U}N_{parz} - 20}{30} \right] \right\} \quad (22)$$

$|\dot{U}N_{parz} \in [20,50]$

i	Laufindex über alle p Parzellen
a_i	Fläche der Parzelle i
a_{tot}	Fläche aller berücksichtigter Parzellen
PD	$PD=1$, falls ein parzellenspezifischer Düngungsplan vorliegt, sonst $PD=0$
$\dot{U}N_{parz}$	Überschuss N (in kg/ha) bei parzellenspezifischem Düngungsplan gemäss GRUD

$\dot{U}N_{parz}$ -Werte <20 kg N/ha werden auf 20 kg N/ha gesetzt, Werte >50 kg N/ha werden auf 50 kg N/ha gesetzt.

Damit wird in der mittleren IDZ-Variante nur der erste Term des Indikators der detaillierten Variante berücksichtigt. Für einen Überschuss von maximal 20 kg-N/ha pro Parzelle gemäss parzellenspezifischer Düngungsplan wird die maximale Zahlung ausgeschüttet. Bei höheren N-Überschüssen nimmt der Indikatorwert linear ab, bis dieser bei Überschüssen von mehr als 50 kg-N/ha den Wert Null annimmt.

Phosphor-Emissionen werden über die im parzellenspezifischen Düngungsplan berechnete Nitratauswaschung nur indirekt berücksichtigt, d.h. es für die mittlere und einfache Variante gibt es keinen eigenen Phosphor-Indikator mehr.

Minimal- und Maximalschwelle: Der Indikator kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Bei einem Indikatorwert von 1 erhält der Betriebsleiter die vollen Zahlungen, bei einem Wert von 0.5 keine Zahlungen mehr. Für die Ausgestaltung mit negativen Zahlungen treten diese bei Werten zwischen 0 und 0.5 auf. Zwischen den Werten wird linear interpoliert.

10.3.3 Einfache Variante

Hier wird derselbe Indikator wie für die Treibhausgasemissionen verwendet (einfache Variante; siehe Kapitel 10.1.3).

10.4 Pflanzenschutzmittel

10.4.1 Detaillierte Variante

Ziel der Agrarpolitik ist es, das Risiko von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren (z.B. Aktionsplan PSM). Im kürzlich erschienenen Bericht von Korkaric et al. (2020) wurden sogenannte Risiko-Scores entwickelt. Mit diesen Risiko-Scores wurden Ranglisten erstellt und die PSM-Wirkstoffe mit den höchsten Risiko-Scores für das Grundwasser (Metaboliten), das Oberflächengewässer sowie Bienen identifiziert. Für die detaillierte Variante schlagen wir ein Punktesystem vor, das auf solchen Risiko-Scores basiert.

Für den Indikator differenzieren wir für die drei Umweltbereiche Grundwasser, Oberflächengewässer und Bienen. Somit sind drei Teil-Bereiche berücksichtigt, die alle mit dem gleichen Gewicht in das Punktesystem einfließen. Der Grund für die Differenzierung ist, dass die Risiko-Scores der verschiedenen Umweltbereiche nicht vergleichbar sind.

Als Beispiel beschreiben wir im Folgenden, wie die Punkte für das Grundwasser bestimmt werden. Dasselbe Prozedere wird für die anderen Bereiche durchgeführt.

Für jeden Wirkstoff, den der Betrieb eingesetzt hat, wird dessen Risiko-Score für das Grundwasser auf die Wirkstoffmenge normiert (RS_{norm}), die auf dem Betrieb ausgebracht wurde:

$$RS_{norm} = AR_{Betrieb} \times \frac{RS}{AR} \quad (23)$$

Wobei RS der Risiko-Score ist, $AR_{Betrieb}$ die gesamtbetriebliche Applikationsrate (total auf dem Betrieb ausgebrachte Menge des Wirkstoffs geteilt durch die landwirtschaftliche Nutzfläche des Betriebs; g/ha) und AR die mittlere ausgebrachte Applikationsrate⁸ pro behandelte Fläche (g/ha), die bei der Herleitung der Risiko-Scores verwendet wurde (siehe Korkaric et al. 2020).

Nun wird RS_{norm} in eine bestimmte Punktzahl (P) umgerechnet; Grund dafür ist, dass die Risiko-Scores mehr als eine Größenordnung umspannen und ohne Umrechnung nur die Wirkstoffe mit dem allerhöchsten Risiko für den Indikator eine Rolle spielen. Aus diesem Grund wird die Wurzel von RS_{norm} genommen; für eine Vereinheitlichung der verschiedenen Umweltbereiche wird ausserdem der Wirkstoff mit dem höchsten Risiko-Score (RS_{max}) auf 10 Punkte normiert.

$$P = \sqrt{RS_{norm}} \times \frac{10}{\sqrt{RS_{max}}} \quad (24)$$

Wir veranschaulichen das Vorgehen mit konkreten Zahlen. Ein Betrieb besitzt 5 ha landwirtschaftliche Nutzfläche; auf 1 ha Eiweisserbsen bringt er das Pflanzenschutzmittel Pethoxamid mit einer Menge von 1200 g/ha aus, d.h. leicht mehr als die mittlere Anwendungsmenge des Wirkstoffs pro ha (1158 g/ha). Da der Wirkstoff aber nur auf einem Fünftel der gesamten LN ausgebracht wurde, ist RS_{norm} deutlich kleiner als RS (48.3):

$$RS_{norm} = \frac{1200}{5} \times \frac{48.3}{1158} = 10.0 \quad (25)$$

Für Grundwasser ist der Wirkstoff S-Metolachlor jener mit dem höchsten Risiko-Score (199.9). Die Anwendung mit Pethoxamid ergibt somit folgende Punktzahl:

$$P = \sqrt{10.0} \times \frac{10}{\sqrt{199.9}} = 2.2 \quad (26)$$

Dieses Vorgehen wird nun für jeden Wirkstoff sowie die Habitate Oberflächengewässer und naturnahe Habitate wiederholt. Jeder Wirkstoff erhält somit drei verschiedene Punktzahlen. Alle Punkte werden am Ende zusammengezählt zu einer Gesamt-Punktzahl (diese berücksichtigt bereits die LN des Betriebs). Für Pyrethroide müssen sowohl das Verhältnis $\frac{RS}{AR}$ als auch RS (falls relevant für RS_{max}) zu repräsentativen Werten vereinheitlicht werden, weil die Pyrethroide aufgrund der unterschiedlich guten Datenlage als einheitliche Gruppe bewertet werden sollten (siehe Korkaric et al. 2020).

Die Berücksichtigung von Massnahmen, die zu einer Verringerung der Drift oder der Abschwemmung beitragen, ist im Rahmen des IDZ-Systems komplex, weil solche Massnahmen je nach Wirkstoff und Ort der Applikation gesetzlich bereits vorgeschrieben sind. Das IDZ-Konzept beruht auf dem Grundsatz, für gesetzlich vorgeschriebene Massnahmen keine indikatorbasierten Direktzahlungen zu sprechen. Ausserdem gestaltet es sich als schwierig, diese Massnahmen in die oben beschriebenen Formeln einzubauen, weil die Risiko-Scores verschiedene Eintragungspfade umfassen.

Stattdessen schlagen wir vor, dass der Betrieb die PSM-Zahlungen für die detaillierte Variante nur erhält, wenn er für alle PSM-Anwendungen Applikationstechniken verwendet, die die Drift und Abschwemmung um mindestens 75% verringern. Sollte die Revision des ÖLN dasselbe vorschreiben, entfällt dieses Einstiegskriterium für den PSM-Indikator.

In der Studie von Korkaric et al. (2020) wird auch die Ersetzbarkeit der Wirkstoffe analysiert. Für das IDZ-System darf diese aber keine Rolle spielen, da für die Umweltwirkung nur die Ökotoxizität wichtig ist. Somit ist es möglich,

⁸ Wenn eine Landwirtin eine Menge grösser als AR ausbringt, weil sich die zugelassene Aufwandmenge von Kultur zu Kultur unterscheiden kann und auch wiederholte Anwendungen erlaubt sind, stellt dies kein Problem dar. Der Risiko-Score wird durch die Normierung einfach grösser, was legitim ist, weil eine grössere ausgebrachte Menge auch zu einem höheren potentiellen Risiko führt.

dass ein IDZ-System zu einer Verschiebung der Produktion zu Kulturen führt, die weniger Pflanzenschutzmittel benötigen.

Wenn die Verwendung der Wirkstoffe aus der Studie von Korkaric et al. (2020) mit einer Revision des ÖLN für die Antragsstellung von Direktzahlungen verunmöglicht wird, soll für das IDZ-System eine neue Liste erstellt werden, die die erlaubten Wirkstoffe mit dem höchsten Risiko enthält. Eine Überarbeitung der Liste wäre sowieso in regelmäßigen Abständen nötig, da immer neue Wirkstoffe auf den Markt kommen und andere verboten werden.

Minimal- und Maximalschwelle: Bei einer Gesamt-Punktzahl von 0 erhält der Betrieb die maximale Zahlung. Ab einem Wert von 15 erhält er keine Zahlungen mehr. Dazwischen wird linear interpoliert. Voraussetzung für den Erhalt von Zahlungen sind Massnahmen zur Verringerung der Drift und Abschwemmung um mindestens 75%. Für die Ausgestaltung mit negativen Zahlungen werden bei mehr als 15 Punkten lineare Abzüge gemacht.

10.4.2 Mittlere Variante

Im Bereich PSM wird eine hektarbasierte PSM-Prämie für den (teilweisen oder kompletten) Verzicht auf PSM mit hohem Risikopotential ausbezahlt. Konkret schlagen wir einen abgewandelten Behandlungsindex vor, der jedoch nur für Wirkstoffe mit einem hohen Risiko eingesetzt wird. Die Liste der Wirkstoffe mit den höchsten Risiko-Scores nach Korkaric et al. (2020) fürs Grundwasser umfasst 17 Wirkstoffe, darunter viele Herbizide. Manche dieser Wirkstoffe sind bereits nicht mehr zugelassen oder dürfen nur noch bis 2022 angewendet werden. Die Liste für Oberflächengewässer umfasst 15 Wirkstoffe, wobei die Insektizide mit Abstand die höchsten Risiko-Scores erzielen. Zwei der Wirkstoffe aus den Top 8 dieser Liste sind mittlerweile nicht mehr zugelassen (respektive es gelten nur noch Aufbrauchfristen). Für die Bienen gibt es 5 Wirkstoffe mit hohem Risikopotential, alles Insektizide. Ausser Spinosad sind alle bereits in der Liste für Oberflächengewässer enthalten. Für die Umsetzung im IDZ-System sollte man der Übersichtlichkeit halber eine eigene Liste für die Wirkstoffe mit den höchsten Risiko-Scores machen, die periodisch überprüft und auf den neusten Stand gebracht wird. Die PSM dieser Liste sollten im PSM-Verzeichnis gekennzeichnet werden.

Für die Wirkstoffe auf der Liste wird ein abgewandelter Behandlungsindex gerechnet, das heisst die tatsächlich ausgebrachte Menge pro ha ($AR_{parzelle}$) wird durch die mittlere ausgebrachte Menge⁹ pro ha (AR , siehe Korkaric et al. 2020) dividiert (BI_{PSM}). Diese Werte werden flächengewichtet aufsummiert zu BI_{tot} :

$$BI_{Wirkstoff} = \frac{AR_{parzelle}}{AR} \quad (27)$$

$$BI_{tot} = \sum_{Wirkstoff} BI_{Wirkstoff} \times Fläche_{Wirkstoff} \quad (28)$$

Wobei $Fläche_{Wirkstoff}$ der Anteil der Fläche, auf der der Wirkstoff ausgebracht wurde, an der Gesamtfläche (LN) ist. Man kann BI_{tot} auch berechnen, indem man die Wirkstoffmenge, die auf dem gesamten Betrieb eingesetzt wurde, durch die mittlere ausgebrachte Applikationsrate AR teilt, diese Werte alle aufsummiert und dann durch die LN dividiert. Man braucht folglich keine parzellenspezifischen Angaben, um diesen Indikator berechnen zu können.

Minimal- und Maximalschwelle: Setzt der Landwirt oder die Landwirtin keinen dieser Wirkstoffe ein, ist $BI_{tot}=0$ und der Landwirt erhält die ganzen Zahlungen. Ist der abgewandelte Behandlungsindex 0.2, erhält die Landwirtin oder der Landwirt keine Zahlungen. Dazwischen wird linear interpoliert. Für die Ausgestaltung mit negativen Zahlungen werden für $BI_{tot}>0.2$ lineare Abzüge gemacht.

10.4.3 Einfache Variante

Im Bereich PSM wird eine hektarbasierte PSM-Prämie für den Verzicht auf die PSM-Wirkstoffe mit hohem Risikopotential nach Korkaric et al. (2020) ausbezahlt (siehe Kapitel 10.4.2). Die ausgebrachte Menge ist irrelevant.

Minimal- und Maximalschwelle: Wird kein Wirkstoff mit hohem Risikopotential verwendet, erhält der Betrieb die vollen Zahlungen. Wird einer oder mehrere der Wirkstoffe eingesetzt, erhält der Betrieb keine Zahlungen mehr. Für die Ausgestaltung mit negativen Zahlungen gibt es einen pauschalen Abzug, wenn mehr als 5 Wirkstoffe mit hohem Risikopotential eingesetzt werden.

⁹ Im Gegensatz zu dem hier vorgestellten abgewandelten Behandlungsindex wird beim herkömmlichen Behandlungsindex durch die zugelassene Aufwandmenge dividiert, die sich von Kultur zu Kultur unterscheiden kann.

10.5 Erosion

10.5.1 Detaillierte Variante

Die Erosionsgefährdung wird mithilfe der allgemeinen Bodenabtragungsgleichung berechnet:

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P, \text{ wobei} \quad (29)$$

<i>A</i>	Langjähriger mittlerer jährlicher Bodenabtrag in t ha ⁻¹ ,
<i>R</i>	Regen- und Oberflächenabflussfaktor (durchschnittliche Erosivität der Niederschläge)
<i>K</i>	Bodenerodierbarkeitsfaktor
<i>L</i>	Hanglängenfaktor
<i>S</i>	Hangneigungsfaktor
<i>C</i>	Bodenbedeckungs- und Bearbeitungsfaktor (bewirtschaftungsbedingte Erosionsgefährdung)
<i>P</i>	Erosionsschutzfaktor (Einfluss verschiedener Anbautechniken, z.B. Konturpflügen).

Für eine optimale Wirkung ist es wichtig, auf Parzellenebene zu arbeiten, da erosionshemmende Massnahmen auf flachen Parzellen keine Wirkung erzielen. Massnahmen sind nur auf Parzellen mit potentieller standortbedingter Erosionsgefährdung ($R \times K \times L \times S$) wirksam. Entsprechend erfahren nur erosionsgefährdete Parzellen eine potentielle Belohnung durch die detaillierte Variante. Die standortbedingten Faktoren *R*, *K*, *L*, *S* können mithilfe der Erosionsrisikokarte (2×2m) in einer GIS-Anwendung abgeschätzt und auf Parzellenebene aggregiert werden. Das Resultat wird jeweils in den folgenden drei Kategorien ausgegeben: grün (kein Erosionsrisiko, vorwiegend flach), gelb (mittleres Erosionsrisiko) und rot (hohes Erosionsrisiko). Mit Hilfe von Schwellenwerten lässt sich jeder Parzelle eine Erosionsgefährdung zuordnen. Die dazu nötigen GIS-Datensätze stehen dem BLW zur Verfügung.

Für den Einfluss der Fruchtfolge auf die Erosionsgefährdung werden folgende Aspekte für Ackerland berücksichtigt:

6. Kunstwiese weist als Grünland ein geringes Erosionsrisiko auf; ausserdem gibt es «Carry-Over»-Effekte mit anderen Kulturen in der Fruchtfolge.
7. Hackfrüchte (Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben) zählen zu den erosionsgefährdeten Kulturen und sollten in der Fruchtfolge nicht zu oft vorkommen.
8. Winterbegrünung (Ziel: möglichst wenig Winter-Schwarzbrache). Die Länge der Periode mit Winter-Schwarzbrache ist hier nicht so wesentlich, sondern vielmehr, ob es überhaupt eine Winter-Schwarzbrache gibt.
9. Die Art der Bodenbearbeitung hat den grössten Einfluss auf das Erosionsrisiko. Hier werden vereinfacht nur die Varianten mit oder ohne Pflug unterschieden. Auch die Bearbeitungsrichtung spielt für die Erosionsgefährdung eine Rolle, wird aber nicht berücksichtigt, da sie schwierig zu kontrollieren ist.

Die vorherigen Ausführungen werden durch die folgende Formel ausgedrückt:

$$Ind_{Erosion_Ackerland} = \sum_{i=1}^p \frac{a_{i,A}}{a_{tot}} gew_i \times \{0.25 \times KW_i + 0.25 \times HF_i + 0.25 \times rH_{no_Wintbrache,i} + 0.25 \times rH_{no_Pflug,i}\} \quad (30)$$

wobei:

<i>i</i>	Laufindex über alle <i>p</i> Parzellen mit Ackerland (inklusive Kunstwiese)
<i>a_{i,A}</i>	Fläche der Parzelle <i>i</i> (Ackerland)
<i>a_{tot}</i>	Fläche aller Parzellen (Ackerland und Dauergrünland)
<i>gew_i</i>	Gewicht für Erosionsgefährdung: 0 für grün (keine Erosionsgefährdung), gelb=0.5, rot=1 (für Parzelle <i>i</i>)
<i>KW_i</i>	$KW_i = 1$, wenn relative Häufigkeit Kunstwiese in der Fruchtfolge (für Parzelle <i>i</i>) >30%; ansonsten $KW_i = 0$
<i>HF_i</i>	$HF_i = 1$, wenn relative Häufigkeit Hackfrüchte in der Fruchtfolge (für Parzelle <i>i</i>) <50%; ansonsten $HF_i = 0$ (Schwellenwert gemäss Schwertmann et al., 1987; Mosimann und Rüttimann, 2006)
<i>rH_{no_Wintbrache,i}</i>	relative Häufigkeit keine Winterbrache in der Fruchtfolge (für Parzelle <i>i</i>)
<i>rH_{no_Pflug,i}</i>	relative Häufigkeit kein Pflug in der Fruchtfolge (für Hauptfrucht, für Parzelle <i>i</i>).

Alle Graslandflächen auf erosionsgefährdeten Böden erhalten einen Wert von 1, da hier weniger Erosionserscheinungen auftreten. Dies kann formelmässig folgendermassen festgehalten werden:

$$Ind_{Eros_Dauergrünland} = \frac{1}{a_{tot}} \sum_{k=1}^n gew_i \times a_{k,D} \quad (31)$$

wobei:

k	Laufindex über alle k Parzellen mit Dauergrünland
$a_{k,D}$	Fläche der Parzelle k (Dauergrünland)
a_{tot}	Fläche aller Parzellen (Ackerland und Dauergrünland).

Die Skalierung mit a_{tot} stellt sicher, dass der Gesamtindikator Ind_{Eros} für Erosion als Summe von $Ind_{Eros_Ackerland}$ und $Ind_{Eros_Dauergrünland}$ im Intervall $[0, 1]$ liegt.

$$Ind_{Eros} = Ind_{Eros_Ackerland} + Ind_{Eros_Dauergrünland} \quad (32)$$

Minimal- und Maximalschwelle: Der Indikator kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Bei einem Wert von 0.5 erhält der Betrieb keine Zahlungen, bei einem Wert von 1 die maximalen Zahlungen. Bei der Ausgestaltung mit negativen Zahlungen treten diese zwischen 0 und 0.5 auf. Dazwischen wird linear interpoliert. Betriebe, die keine Flächen mit Erosionsgefährdung haben, können keine entsprechenden Zahlungen erhalten.

10.5.2 Mittlere Variante

In der detaillierten Variante werden Angaben über relative Häufigkeiten in der Fruchtfolge benötigt. Da Fruchtfolgen mehrere Jahre dauern, ist eine solche Berechnung sowie die Überprüfung vergleichsweise komplex. In der mittleren Variante schlagen wir deshalb einen Indikator vor, der die wichtigsten Faktoren für die Erosion (Kultur und Bodenbearbeitung) berücksichtigt, ohne auf die genauen Fruchtfolgen zurückzugreifen. Der Indikator liegt bisher erst als Konzept vor, die genauen Werte müssten noch bestimmt werden.

In einem ersten Schritt wird für unterschiedliche Hauptkulturen eine Basispunktzahl vergeben, wobei Kulturen mit geringer Erosionsgefährdung eine höhere Basispunktzahl erhalten als solche mit einer hohen Erosionsgefährdung (z.B. Kunstwiese=1, Körnermais=0). Anschliessend wird diese mit einem positiven Zwischenfruchtterm und einem Bodenbearbeitungsterm (je nach Wirkung im Vergleich zum Basiswert positiv oder negativ, z.B. -0.5 für Pflügen) korrigiert. Für die Herleitung der genauen Werte, sowohl für die Basispunktzahl als auch für den Zwischenfrucht- und den Bodenbearbeitungsterm, können berechnete C-Faktoren der ZA-AUI-Daten hinzugezogen werden. Für Parzellen mit Dauergrünland wird die Maximalpunktzahl vergeben. Die Punkte aller Parzellen werden am Ende flächengewichtet aufsummiert, um den Gesamtindikator zu erhalten.

10.5.3 Einfache Variante

In der einfachen Variante werden die Themen Erosion und Humus in einem Indikator zusammengefasst. Um einen Anreiz für die Verbesserung der Bodenqualität zu schaffen, wird ein Bodenschutzbeitrag für eine Fläche auf der Basis der folgenden Formel ausbezahlt:

$$\text{Bodenschutzbeitrag} = (\text{Kunstwiesenfläche} + \text{Zwischenfruchtfläche}) - \text{Hackfruchtfläche} + \text{Dauergrünlandfläche} \quad (33)$$

Der Bodenschutzbeitrag wird ausschliesslich für die Differenz aus Kunstwiesenfläche plus Zwischenfruchtfläche abzüglich Hackfruchtfläche (Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben) ausbezahlt. Die Anteile von Kunstwiese, Zwischenfrüchten und Hackfrüchten haben sowohl auf die Erosion als auch auf Humus einen Einfluss; zudem können diese Grössen einfach gemessen und kontrolliert werden. Da Erosion und Humusgehalt auf Dauergraslandböden ein geringeres ökologisches Problem darstellen, werden auf diesen Flächen die maximalen Beiträge pauschal ausbezahlt.

10.6 Humus

10.6.1 Detaillierte Variante

Um einen Anreiz für humusaufbauende Massnahmen zu schaffen, wird ein hektarbasierter Humusbeitrag ausbezahlt, der auf Messungen beruht. Dabei sind auf jeder Parzelle wegen hoher räumlicher Variabilität mehrere Messungen vorzunehmen. Der C-Gehalt der Proben muss in einem zertifizierten Labor mithilfe der Elementaranalyse durchgeführt werden. Bei dieser Methode werden messtechnisch künftig keine grösseren Änderungen erwartet (und damit keine Sprünge infolge der Methodik).

Im Folgenden wird die Bestimmung des Humusindikators detailliert beschrieben. In einem ersten Schritt wird sowohl der organische Kohlenstoffgehalt als auch der Tonanteil für jede Parzelle bestimmt, welche einen mineralischen Boden aufweist und als offene Ackerfläche genutzt wird. Um Sprünge bei Schwellenwerten zu vermeiden, wird für die Berechnung des Humusindikators aufgrund des Corg-Gehalts eine stückweise lineare Funktion verwendet. Für die Diskussion der Funktion verwenden wir die senkrechte fette blaue Linie bei einem Tongehalt von 30% (siehe Abbildung 12). Ist Corg kleiner als 75% des Corg-Gehalts bei Punkt B, wird der Humusindikator auf 0 gesetzt und damit mit keinen Direktzahlungen vergütet. Von diesem Punkt (Corg=75% vom Wert bei Punkt B) steigen die Direktzahlungen linear an bis zu einem Maximalwert von 1 bei Punkt D ("optimaler Wert"). Im Bereich von hohen und sehr hohen Corg-Gehalten wird eine reduzierte lineare Abnahme hinterlegt, wobei der Humusindikator bei Punkt F auf 0.5 sinkt. Noch höhere Corg-Gehalte kommen kaum vor. Zudem muss bei Corg-Gehalten von über 10% damit gerechnet werden, dass ein organischer Boden vorliegt. Damit wird der maximale Direktzahlungsbetrag nur ausbezahlt, wenn der Humusgehalt auf dem Zielwert (Punkt D) liegt.

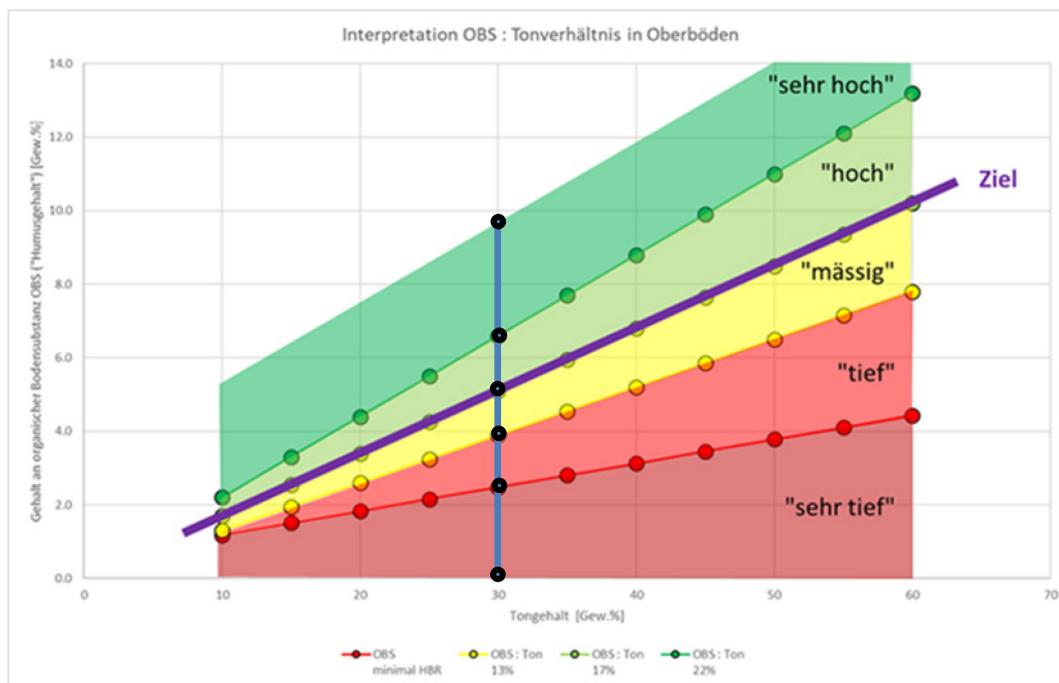


Abbildung 12: Verschiedene Ton-Humus-Verhältnisse, inklusive farblich dargestellten Bewertungen. Aus Johannes et al. (2017).

Zur Veranschaulichung wird in Abbildung 13 der Verlauf des Humusindikators in Abhängigkeit von Corg gezeigt.

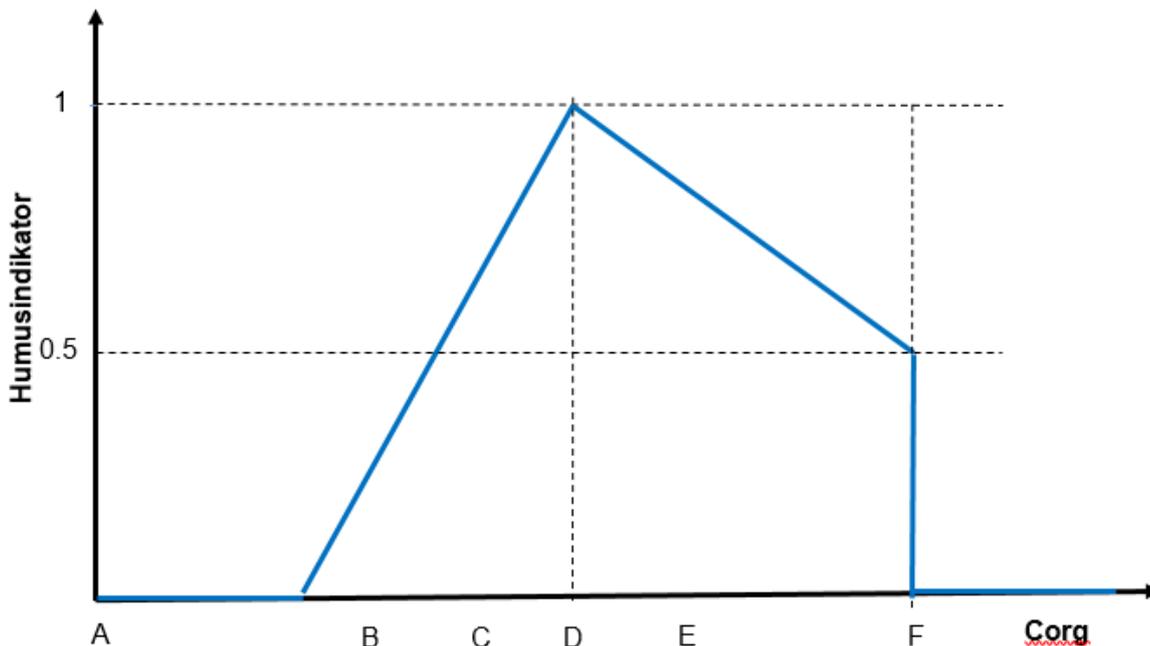


Abbildung 13: Humusindikator in Abhängigkeit von Corg. Die Buchstaben A bis F beziehen sich auf Abbildung 12.

Die oben beschriebene Methode ist nur für mineralische Böden anwendbar. Da organische Böden einem starken Humusverlust unterliegen (hohe CO₂-Emissionen), werden je Hektar organischem Ackerboden 200 CHF abgezogen (d.h. der maximale Bodenschutzbetrag).

Minimal- und Maximalschwelle: Der Indikator kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Bei einem Wert von 0.5 erhält der Betrieb keine Zahlungen. Maximale Abzüge (für die Ausgestaltung mit negativen Zahlungen) werden für einen Wert von 0 fällig, maximale Zahlungen bei einem Wert von 1. Dazwischen wird linear interpoliert.

10.6.2 Mittlere Variante

Bei der mittleren Variante orientieren wir uns am Massnahmenkatalog, welcher für das Ressourcenprogramm Humus des Kantons Solothurn entwickelt worden ist (SOBV, 2019). Dabei werden folgende Aspekte bewertet:

- Jährliche Berechnung der Humusbilanz vorhanden (ja/nein)
Diese Berechnung soll mit dem Humusbilanzrechner von Agroscope durchgeführt werden (<https://www.humusbilanz.ch/>): "In der Humusbilanz werden die Zufuhr und der Abbau von organischer Substanz verglichen. Der Abbau durch Humusmineralisierung wird unter Berücksichtigung von Tongehalt, pH-Wert und Hackfrucht- bzw. Kunstwieseanteil an der Fruchtfolge berechnet. Für die Zufuhr werden die Ernterückstände der angebauten Kulturen und Zwischenkulturen sowie die ausgebrachten organischen Dünger berücksichtigt. Es werden nur die Parzellen mit Ackerfläche (inkl. Kunstwiesen) betrachtet."
- Mistkompostierung (Kompostierung von frischem Mist zu Mistkompost (in Tonnen))
- Untersaat/Einsaat in eine Hauptkultur (Fläche in ha)
- Frühe & späte Gründüngung (Saat vor und nach dem 1. September, muss über Winter stehenbleiben (Fläche in ha))
- Gründüngung vor Winterkultur (Fläche in ha)
- Zwischenfutter (Saat vor 1. Sept) (Fläche in ha)
- Kunstwiese mit Luzerne oder mehrjährige Kunstwiese (Fläche in ha)
- Ganzjährige Bodenbedeckung auf allen Ackerflächen (ja/nein)

Dieser Massnahmenkatalog berücksichtigt die wichtigsten Einflussgrößen der Humusbilanz und erlaubt eine hohe Flexibilität. Die jährliche Berechnung der Humusbilanz dient zur Sensibilisierung und kann helfen, die passenden Massnahmen auszuwählen.

Um für den Humusindikator der mittleren Variante eine Minimal- und Maximalschwelle einzuführen, ist eine Normierung nötig. Am einfachsten kann dies durch eine Umlegung der im Ressourcenprogramm vorgeschlagenen Frankenbeträge auf eine Punkteskala erreicht werden. Daraus kann (mit geringfügiger Vereinfachung) die folgende Tabelle abgeleitet werden:

Massnahme	Punkte
Jährliche Berechnung der Humusbilanz vorhanden?	ja=1 Pkt./Betrieb, nein=0 Pkte.
Frühe Gründüngung	1 Pkt./ha
Späte Gründüngung	0.5 Pkte./ha
Gründüngung vor Winterkultur	1 Pkt./ha
Grünschnittrogen	1 Pkt./ha
Zwischenfutter	0.5 Pkte./ha
Kunstwiese mit Luzerne oder mehrjährige Kunstwiese	1.75 Pkte. /ha
Dauergrünland	1 Pkt./ha
Ganzjährige Bodenbedeckung auf allen Ackerflächen	3 Pkte./Betrieb
Mistkompostierung	0.2 Pkte./Tonne Mist
Dauergrünland	1 Pkt./ha
Organischer Ackerboden	-1 Pkt./ha

Die Punkte aller Massnahmen werden aufaddiert und durch die gesamte LN des Betriebes dividiert. Gesamtpunktzahlen über 1 Pkt. pro ha LN werden auf 1 Pkt. pro ha LN limitiert. Konsistent mit der detaillierten Variante wird für Dauergrünland ein Pauschalbeitrag pro ha bezahlt, während für organische Ackerböden eine finanzielle Bestrafung (gleicher Absolutwert) erfolgt.

Minimal- und Maximalschwelle: Der Indikator kann Werte zwischen 0 Punkten/ha und 1 Pkt./ha annehmen. Die maximale Auszahlung wird bei 1 Pkt./ha erreicht. Betriebe mit 0.5 Punkten/ha erhalten keine Zahlungen. Für Betriebe mit einem Humusindikator unter 0.5 Punkten/ha sind bei der Ausgestaltung mit negativen Zahlungen entsprechende Abzüge fällig. Zwischen den Werten wird linear interpoliert.

10.6.3 Einfache Variante

Hier wird derselbe Indikator wie bei der Erosion verwendet (siehe Abschnitt 10.5.3).

Literaturverzeichnis zum Anhang

- Alig M., Prechsl U., Schwitter K., Waldvogel T., Wolff V., Wunderlich A., Zorn A. und Gaillard G. (2015). Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. *Agroscope Science*, 29. 160 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/35019>
- BAFU und BLW (2013): Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft. Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL). ISBN 978-3-905 733-27-3
- BAFU und BLW (2016): Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633: 114 S.
- BLW (2020). Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft vom 23. Oktober 2013 (Stand: 18. August 2020) (Direktzahlungsverordnung, DZV). Bundesamt für Landwirtschaft, Bern
- Braun M., Rolli D., Prasuhn V. (1997): Verminderung des Nährstoffeintrages in Gewässer durch Massnahmen in der Landwirtschaft, Schriftenreihe Umwelt Nr. 293, S. 45-46, S. 56, BUWAL.
- Breitschuh G., H. Ecker, I. Matthes und J. Strümpfel (2008): Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft. KTBL-Schrift 466. Darmstadt: KTBL
- Häni C., Sintermann J., Kupper T., Jocher M., Neftel A. (2016): Ammonia emission after slurry application to grassland in Switzerland. *Atmospheric Environment*, 125, 92-99
- Johannes A., Matter A., Schulin R., Weisskopf P. & Boivin P. (2017). Optimal organic carbon values for cropped soil structure quality. Does clay content matter? *Geoderma* 302, 14-21; ergänzt durch den "minimalen Humusgehalt" aus dem Humusbilanz-Rechner Agroscope.
- Korkaric M., Hanke I., Grossar D., Neuweiler R., Christ B., Wirth J., Hochstrasser M., Dubuis P.-H., Kuster T., Breitenmoser S., Egger B., Perren S., Schürch S., Aldrich A., Jeker L. und weitere. Datengrundlage und Kriterien für eine Einschränkung der PSM-Auswahl im ÖLN: Schutz der Oberflächengewässer, der Bienen und des Grundwassers (Metaboliten), sowie agronomische Folgen der Einschränkungen. *Agroscope Science*, 106. 31 S. <https://doi.org/10.34776/as106g>
- Kupper T., Bonjour C., Menzi H., Bretscher D. und Zaucker F. (2018): Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU
- Kupper T., Häni C., Neftel A., Kincaid C., Bühler M., Amon B. und VanderZaag A. (2020): Ammonia and greenhouse gas emissions from slurry storage – A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 300, 106963
- Martin A. E., Collings S. J., Crow S. et al. (2020): Effects of farmland heterogeneity on biodiversity are similar to – or even larger than – the effects of farming practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 288, 106698
- Möhring A., Drobnik T., Mack G., Ammann J., El Benni N. (2021): Naturalertragseinbussen durch Verzicht auf Pflanzenschutzmittel im Ackerbau: Resultate einer Delphi-Studie. *Agroscope Science*, 125. 31 S. <https://doi.org/10.34776/as125g>
- Mosimann T., Rüttimann M. (2006): Berechnungsgrundlagen zum Fruchtfolgefaktor zentrales Mittelland 2005 im Modell Erosion CH (Version V2.02), 30 S.
- Nathan H. S. K., Reddy B. S. (2010): Selection Criteria for Sustainable Development Indicators. Indira Gandhi Institute of Development Research, Mumbai. <http://www.igidr.ac.in/pdf/publication/WP-2010-013.pdf>; letzter Zugriff am 20.08.2020
- Nievergelt J., 1997: Lysimeterversuch 1981 bis 1996: N-Auswaschung in Fruchtfolgen, *Agrarforschung* (5), 209-212.
- Richner W., Sinaj S. (2017): Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz. Bern: Agroscope. www.grud.ch

- Roesch A., Marton S., Thalmann C., Schader C., Grenz J., Gaillard G. (2018): Messung der Nachhaltigkeit auf Betriebsebene: welches Instrument für welchen Zweck? Agrarforschung Schweiz, 9(10), 332-339. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2018/10/messung-der-nachhaltigkeit-auf-betriebsebene-welches-instrument-fuer-welchen-zweck/>
- Roesch A., Gaillard G., Isenring J., Jurt Vicuña Muñoz C., Keil N., Nemecek T., Rufener C., Schüpbach B., Umstätter C., Waldvogel T., Walter T., Werner J., Zorn A. (2016): Umfassende Beurteilung der Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben. Agroscope Science, 33. 278 S. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/35544>
- Schwertmann U., Vogl W., & Kainz M. (1987). Bodenerosion durch Wasser. Ulmer Verlag, 64 S.
- Sintermann J., Amman C., Kuhn U., Spirig C., Hirschberger R., Gärtner A., Neftel A. (2011): Determination of field scale ammonia emissions for common slurry spreading practice with two independent methods. Atmos. Meas. Tech., 4, 1821-1840, <https://doi.org/10.5194/amt-4-1821-2011>
- Sintermann J., Neftel A., Amman C., Häni C., Hensen A., Loubet B., Flechard C.R. (2012): Are ammonia emissions from field-applied slurry substantially over-estimated in European emission inventories? Biogeosciences, 9, 1611-1632, <https://doi.org/10.5194/bg-9-1611-2012>
- Sirami C., Gross N., et al. (2019). Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. Proceedings of the National Academy of Science, 116 (33), 16442-16447; <https://doi.org/10.1073/pnas.1906419116>
- van Duinkerken G., Smits M. C. J., André G., Šebek L. B. J., Dijkstra J. (2011). Milk urea concentration as an indicator of ammonia emission from dairy cow barn under restricted grazing. J. Dairy Sci. 94: 321-335, <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2263>
- Vetsch A., 2000. Nitratindex. Dokumentation zum Einschätzungssystem der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung bezüglich der Gefährdung von Nitrat auswaschung ins Grundwasser.
- Weyermann I. und Baer U. (2017). Ressourcenprojekt zur Verminderung der Ammoniakverluste im Kanton Glarus. Schlussbericht 2011-2016. Bericht über das Jahr 2016.