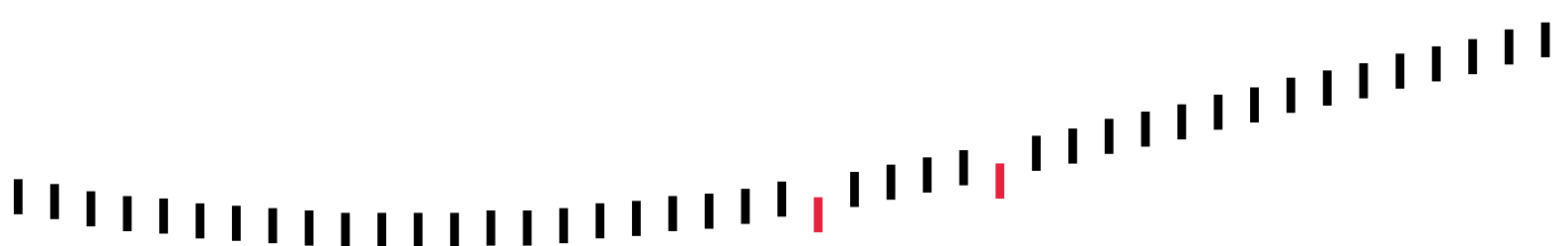


Schlussbericht

VOBU organische Bodensubstanz

Basel , 08.04.2024

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)



Impressum

VOBU von Maßnahmen zum Schutz und Aufbau der Organischen Bodensubstanz

Schlussbericht

08.04.2024

Auftraggeberin: BAFU

Autorinnen und Autoren: Niclas Meyer, Stefanie Zeeb, Dominic Voll

Kooperationspartnerin: Sina Schneider (EcoLot GmbH)

Verantwortlich seitens Auftraggeberin: Elena Havlicek

Projektleitung seitens Auftragnehmerin: Niclas Meyer

Projektbearbeitung: Niclas Meyer, Stefanie Zeeb, Dominic Voll, Sina Schneider

BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG

Aeschengraben 9

CH-4051 Basel

T +41 61 262 05 55

contact@bss-basel.ch

www.bss-basel.ch

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

© 2025 BSS Volkswirtschaftliche Beratung AG

Inhalt

1. Einleitung.....	1
1.1 Ausgangslage	1
1.2 Handlungsbedarf	4
1.3 Ziele der Analyse	5
1.4 Vorgehen	5
2. Beschrieb Nullszenario und der Vergleichsszenarien.....	6
2.1 Untersuchungszeitraum und räumliche Eingrenzung.....	6
2.2 Untersuchungsszenarien.....	6
2.3 Alternative Instrumente	9
2.4 Hintergrund und Umfeld	11
3. Relevanzanalyse	12
4. Auswirkungen der Szenarien	14
4.1 Darstellung des Vollzugs.....	14
4.2 Wirkungsmodell.....	16
4.3 Erwartete Wirkungen.....	16
5. Synthese / Folgerungen	41
5.1 Bilanz der Wirkungen	41
5.2 Effektivität, Effizienz und Verteilwirkungen	46
5.3 Würdigung der Ergebnisse.....	47
5.4 Optimierungsbedarf und Empfehlungen	47
5.5 Grenzen der vorliegenden VOBÜ, Vertiefungsbedarf	48
A. Methodik	54
B. Auswirkungen auf die Sustainable Development Goals	58

Tabellen

Tabelle 1: Flächengrößenverhältnisse von Landwirtschaft und organischen Böden	1
Tabelle 2: Kohlenstoffgehalte und -vorräte nach Nutzung und Bodenklassifikation	2
Tabelle 3: Vor- und Nachteile der potenziellen alternativen Instrumente	10
Tabelle 4: Relevanz der Auswirkungskriterien	12
Tabelle 5: Exemplarische Berechnung der THG-Emissionen im zeitlichen Verlauf	18
Tabelle 6: Kostensätze für Kohlenstoffäquivalente	21
Tabelle 7: Ermittlung der landwirtschaftlichen Wertschöpfung über Deckungsbeiträge (DB)	33
Tabelle 8: Berechnung der landwirtschaftlichen Betriebsgewinne im Nullszenario	35
Tabelle 9: Berechnung der landwirtschaftlichen Betriebsgewinne im Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»	37
Tabelle 10: Gegenüberstellung der Wirkungen der Szenarien	43
Tabelle 11: Erläuterung der RFA-Prüfpunkte	47
Tabelle 12: Vergleich der im Untersuchungszeitraum entstehenden Emissionen und Kosten ..	54
Tabelle 13: Ermittlung der Produktionswerte von Wiesen und Weiden	55
Tabelle 14: Ermittlung des Produktionswertes	57
Tabelle 15: Die Auswirkungen auf die Sustainable Development Goals	58

Abbildungen

Abbildung 1: Ablauf der VOBÜ	5
Abbildung 2: Wirkungsmodell	16
Abbildung 3: Verschiedene Schätzungen für THG-Emissionen pro Jahr	17
Abbildung 4: Entwicklung der C-Vorräte im Nullszenario	19
Abbildung 5: Verlauf der THG-Emissionen im Szenario «Maximaler OBS-Schutz»	22
Abbildung 6: Verlauf der THG-Emissionen im Szenario «Differenzierter OBS-Schutz»	25
Abbildung 7: Vergleich der kumulierten THG-Emissionen der Szenarien	26
Abbildung 8: Bilanz der künftigen betrieblichen Gewinne und gesellschaftlichen Kosten auf organischen Böden im Untersuchungszeitraum	45

Zusammenfassung

Bedeutung der organischen Bodensubstanz

Als organische Bodensubstanz (OBS) werden die Bodenbestandteile bezeichnet, die einerseits aus lebenden Organismen (Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere) und andererseits aus totem organischen Material bestehen. Dieses gelangt v.a. aus Pflanzenbewuchs auf und in den Boden und wird über chemische und biologische Prozesse ab- und umgebaut.

OBS ist sowohl in organischen und mineralischen Böden enthalten. Mineralböden bedecken den Grossteil der Schweiz und stellen die Mehrheit der agrarisch genutzten Böden. Bei organischen Böden handelt es sich um natürliche (d.h. nasse) oder entwässerte Halbmoor- und Moorböden, die eine kleine Fläche einnehmen aber sehr viel OBS enthalten.

Die OBS spielt für eine Vielzahl von Bodenfunktionen eine wichtige Rolle: Sie beeinflusst die Nährstoffverfügbarkeit, die Wasserspeicherung, die Pufferung und Filterung von Schadstoffen. Zudem ist die OBS ein wichtiger Kohlenstoffspeicher.

Problemstellung

Durch die Art und Weise, wie Böden genutzt und bewirtschaftet werden, kommt es vielerorts zu einem Abbau der OBS. Was mineralische Böden betrifft, kam das Projekt «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) zu dem Schluss, dass die OBS künftig wahrscheinlich zurückgehen wird.¹ Was organische Böden betrifft, ist das Problem deutlich grösser: Um organische Böden landwirtschaftlich nutzen zu können, wurden 17'000 ha an organischen Böden entwässert. Infolge der Entwässerung wird das organische Material mikrobiell zersetzt. Pro Jahr verlieren die entwässerten organischen Böden ca. 12.7 mm an Mächtigkeit. In den aktuellen Studien wird davon ausgegangen, dass es bei der aktuellen Nutzung durchschnittlich 113 bis 233 Jahre dauern wird, bis die landwirtschaftlich genutzten organischen Böden aufgezehrt sind. Vielerorts dürfte der organische Boden aber deutlich schneller verschwunden sein.

Je nach Material, das unter den organischen Böden zutage tritt, wird keine landwirtschaftliche Nutzung mehr möglich sein. Zudem werden beim Abbau der OBS grosse Mengen an Treibhausgasen (THG) freigesetzt. Es wird geschätzt, dass jährlich rund 740 Tausend Tonnen CO₂-eq aus trockengelegten organischen Böden in die Atmosphäre gelangen. Dies entspricht ungefähr 1.6% der jährlichen THG-Emissionen der Schweiz.

In diesem Lichte hat das Bundesamt für Umwelt BAFU BSS mit einer Untersuchung beauftragt, welche Auswirkungen eine Vorgabe zum langfristigen Schutz der OBS auf die Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft haben würde.

Untersuchungsszenarien

In der vorliegenden VOBÜ vergleichen wir in drei Untersuchungsszenarien:

¹ Eine Quantifizierung des Problems bietet das Projekt nicht an.

1. Nullszenario: Es werden keine zusätzlichen Massnahmen zum Schutz der OBS getroffen.
2. Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»: Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS werden vollumfänglich umgesetzt.
3. Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»: Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS werden differenziert nach Bodeneigenschaften umgesetzt. Tieftorfige Böden werden wiedervernässt und die landwirtschaftliche Nutzung eingeschränkt. Flachtorfige Böden können weiterbewirtschaftet werden.

Da es nach einschlägigen Studien 113 bis 233 Jahre dauern wird, bis die trockengelegten organischen Böden aufgezehrt sind, haben wir einen Untersuchungszeitraum von 200 Jahren gewählt.

Erwartete Auswirkungen aufs Klima

Innerhalb des Untersuchungszeitraums von 200 Jahren erwarten wir im Nullszenario allein auf landwirtschaftlich genutzten organischen Böden Treibhausgasemissionen von 50 bis 70 Mt CO₂-eq. Würden die vorgeschlagenen Massnahmen konsequent umgesetzt, könnten diese Emissionen auf ein Viertel bis Fünftel begrenzt werden (9.3 bis 18.7 Mt CO₂-eq).

Würden die Umweltprobleme ins Ausland verlagert?

Würden die Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS das Problem nicht lediglich ins Ausland verlagern? Da durch die Vernässung Landwirtschaftsflächen verloren gehen und die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen aber gleichbleiben dürfte, müssten potenziell mehr Agrargüter importiert werden. Und auch die Produktion der Importe im Ausland mag zu Umweltkosten führen. Hinzu kommen die Umweltkosten, die aufgrund potenziell längerer Transportwege entstehen. So kann es sein, dass das Umweltproblem lediglich exportiert wird.

Unser erste Einschätzung nach ist dieses Risiko, das auch als Leakage-Effekt bezeichnet wird, gering. Denn erstens wird in den europäischen Nachbarländern insgesamt nur wenig auf organischen Böden Landwirtschaft betrieben. Zweitens würde der Schutz der OBS dazu führen, dass die organischen Böden in der Schweiz langfristig fortbestehen würden und der gebundene Kohlenstoff nicht in die Atmosphäre gerät. Im Status quo würden die organischen Böden der Schweiz langfristig genauso verschwinden wie die organischen Böden im Ausland, vorausgesetzt, dass die organischen Böden im Ausland nicht irgendwann geschützt werden würden.

Allerdings konnten wir das Ausmass potenzieller Leakage-Effekte nicht vertieft untersuchen. Deshalb empfehlen wir, diesen Aspekt in einer Folgestudie zu untersuchen. Wir empfehlen dazu insbesondere Ökobilanzen des Gemüses, das in der Schweiz auf organischen Böden angebaut wird, mit den Ökobilanzen von importiertem Gemüse zu vergleichen. Der Schutz der OBS scheint einen vergleichsweise einfachen Weg darzustellen, die Treibhausgasemissionen der Schweiz zu reduzieren. Deswegen empfehlen wir, diese Option in weiteren Studien vertieft zu untersuchen.

Erwartete Auswirkungen für die landwirtschaftlichen Betriebe

Die vorgeschlagenen Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS hätten Auswirkungen auf die Unternehmen, deren Ausmass von den Bodentyp und Anbaupraktiken abhängt. Was mineralische Böden betrifft, gehen wir zwar davon aus, dass die vorgeschlagenen Massnahmen ohne

grosse wirtschaftliche Einschränkungen umgesetzt werden könnten. Was organische Böden betrifft, rechnen wir jedoch mit erheblichen Auswirkungen, wenn Massnahmen ergriffen werden müssen, um den Verlust von OBS zu begrenzen oder zu vermeiden. Zum Beispiel würde eine Wiedervernässung der trockengelegten Torfböden dazu führen, dass die Böden kaum noch bewirtschaftet werden können.

Wir schätzen, dass grob 800 bis 1'000 Betriebe, die Torfböden bewirtschaften, betroffen sein könnten. Dabei handelt es sich um rund 1.6% bis 2% der landwirtschaftlichen Betriebe der Schweiz. Diese müssten im Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz», die notwendigen Massnahmen wie bspw. Wiedervernässungen umsetzen. Wie wirksam andere Massnahmen, wie bspw. Überschüttungen sein könnten, ist Stand heute noch unklar.

Dabei ist aufgrund des fortschreitenden OBS-Rückgangs auch im Nullszenario mit Umsatzverlusten zu rechnen. Auf betroffenen mineralischen Böden kommt es zur Verringerung der Bodenqualität, zu vermehrten Bodenverlusten, höherem Betriebsmitteleinsatz, höheren Ertragsrisiken. Auf den organischen Böden wird es je nach Material, dass unter den abgebauten Böden zutage tritt, zu starken Ertragseinbussen kommen. Der Boden geht als Produktionsgrundlage verloren, was die langfristige Ernährungssicherheit gefährdet. Zudem fallen Kosten für die Tieferlegung der Drainagen sowie für potenzielle Überschüttungen an.

Weitere Auswirkungen

Dabei sind Treibhausgasemissionen und die Ertragseinbussen aber nicht das einzige Problem, dass durch die Trockenlegung entwässerter Böden entsteht: Die Böden gehen als Ressource für die Biodiversität, als Nährstoffpuffer und -speicher, als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf und für den Temperatenausgleich in Hitzeperioden verloren.

Bilanz

Nicht alle Auswirkungen konnten im Rahmen der Studie quantifiziert und monetarisiert werden. Allein die Kosten für die Betriebe sowie die externen Kosten, welche durch die Treibhausgasmissionen aus organischen Böden entstehen, konnten schätzungsweise monetarisiert werden.² Dabei konnten die potenziellen Leakage-Effekte, welche durch Gemüseimporte entstehen könnten, noch nicht einberechnet werden. Zudem weisen wir auf grosse Unsicherheiten bei der Schätzung der Kosten für die Betriebe hin.

Ohne Berücksichtigung der potenziellen Leakage-Effekte und unter dem Vorbehalt der genannten Unsicherheiten scheint das Kosten-Nutzen-Verhältnis im Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz» jedoch deutlich besser zu sein als im Nullszenario und im Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz». Das Potential des OBS-Schutzes ist gross. Deshalb empfehlen wir, die potenziellen Auswirkungen in weiteren Studien vertieft zu untersuchen.

² Im Untersuchungszeitraum entstünden im Nullszenario, bei einer Höhergewichtung heutiger Generationen, Kosten von 19 bis 25 Mrd. Franken. Bei einer Gleichgewichtung der Wohlfahrt künftiger Generationen ergeben sich externe Kosten von 49.1 bis 66.2 Mrd. Franken. Im Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz» liegen die Kosten deutlich niedriger: 2.4 bis 4.9 Mrd. CHF bei Höhergewichtung der Wohlfahrt heutiger Generationen; 7.8 bis 15.5 Mrd. CHF bei Gleichgewichtung der Wohlfahrt heutiger und zukünftiger Generationen. Die Kosten des Referenzszenarios «Differenzierter OBS-Schutz» liegen dazwischen.

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die organische Bodensubstanz ist ein wesentlicher Bestandteil des Bodens. Organische Bodensubstanz (OBS) besteht einerseits aus lebenden Organismen (Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren) und andererseits aus totem organischen Material. Dieses gelangt v.a. aus Pflanzenbewuchs auf und in den Boden und wird über chemische und biologische Prozesse ab- und umgebaut.

Im Kontext der OBS wird zwischen organischen und mineralischen Böden unterschieden, wobei beide OBS enthalten:

- Mineralböden bedecken den Grossteil der Schweiz und stellen die Mehrheit der agrarisch genutzten Böden. Mineralischen Böden sind durch Verwitterung aus dem anstehenden Gestein entstanden und bestehen vor allem aus mineralischen Partikeln und Körnern. Der Gehalt an OBS beträgt in diesen Böden meist nur wenige Prozent und ist im obersten Bodenhorizont am höchsten. Er spielt für eine Vielzahl von biologischen, chemischen und physikalischen Funktionen der Böden und gesamthaft für die Bodenqualität eine zentrale Rolle (Hagedorn et al. 2018).
- Bei organischen Böden handelt es sich um Böden, die über längere Zeiträume organisches Material akkumuliert haben. Der Pflanzenaufwuchs (z.B. aus Seggen, Erlen oder Torfmoosen) konnte über lange Zeiträume wegen Nässe nicht vollständig zersetzt werden und daraus hat sich eine Bodenschicht aufgebaut. Bei organischen Böden handelt es sich um natürliche (d.h. nasse) oder entwässerte Halbmoor- und Moorböden, die einen organischen Bodenhorizont von mind. 10 cm Stärke mit einem Mindestgehalt von 12% organischem Kohlenstoff haben (gemäss der Definition des Weltklimarates IPCC 2006)³.

Flächenmässig und in der Bedeutung für die Landwirtschaft dominieren die mineralischen Böden. Die Grössenverhältnisse zeigt die folgende Tabelle. Organische Böden machen lediglich 0,7% der gesamten Landesfläche aus und 1,6% der landwirtschaftliche Nutzfläche. Bei den übrigen Landwirtschaftsflächen handelt es sich um mineralische Böden.

Tabelle 1: Flächengrössenverhältnisse von Landwirtschaft und organischen Böden

Bodentyp und -nutzung	Fläche (ha)	Prozent
Landwirtschaftsfläche*	1'452'500	36% der gesamten Landesfläche
Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN)**	1'042'014	
davon Ackerfläche**	388'383	26.7% der Landwirtschaftsflächen *

³ Diese Definition unterscheidet sich von der bodenkundlichen Klassifikation. Gemäss dieser muss der organische Bodenhorizont einen Mindestgehalt von 30% organischem Kohlenstoff und mind. 40 cm Stärke haben (Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz 1996). Wir folgen in diesem Bericht der Definition des IPCC, da es uns ermöglicht, darauf aufbauende Studien und Auswertungen zu nutzen.

Bodentyp und -nutzung	Fläche (ha)	Prozent
		37.3% der LN
davon Freilandgemüse**	12'612	1.2% der LN 3.2% der Ackerfläche
Organische Böden***	28'000	0.7% der gesamten Landesfläche
davon landwirtschaftlich genutzt	17'000	1.2% der Landwirtschaftsfläche 1.6% der LN 61% der organischen Böden
davon Ackerfläche	9'700	2.4% der Ackerfläche 34% der organischen Böden
davon Gemüseproduktion	1'300	10% der Anbaufläche Freilandgemüse

Quellen : *BFS 2021; **BFS 2022a; *** Wüst-Galley et al. (2015)

1.1.1 Bedeutung der OBS

Die OBS spielt für eine Vielzahl von Eigenschaften und Funktionen, die wir den Böden zuschreiben eine wichtige Rolle: Sie beeinflusst die Nährstoffverfügbarkeit, die Wasserspeicherung, die Pufferung und Filterung von Schadstoffen, die Bodenstabilität sowie das Bodenleben in Masse und Diversität (Der Bundesrat 2023).

Die OBS besteht zu einem Grossteil aus organisch gebundenem Kohlenstoff (C) und ist ein bedeutsamer Kohlenstoffspeicher. Die Böden der Schweiz enthalten drei bis vier Mal so viel organischen Kohlenstoff wie die ober- und die unterirdische Biomasse und siebenmal mehr als die Atmosphäre in Form von CO₂ (Hagedorn et al. 2018). Die Erhaltung und der Ausbau dieser Speicherleistung ist ein wichtiger Hebel im Klimaschutz (Bundesrat 2023).

Hinsichtlich der C-Speicherung sind die organischen Böden von besonderer Bedeutung. Die organischen Böden der Schweiz machen nur 0.7% der Landesfläche aus (vgl. Tabelle 1), in ihnen sind aber ca. 32 Megatonnen (Mt) Kohlenstoff gespeichert. In den landwirtschaftlich genutzten Mineralböden (Acker und Grassland), die über 35% der Landesfläche ausmachen, sind ca. 77 Mt C gespeichert (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Kohlenstoffgehalte und -vorräte nach Nutzung und Bodenklassifikation

Bodentyp und -nutzung	Fläche in Tausend ha	Gehalt in t C/ha	Vorrat in Mt C
Organische Böden	28	1'000 – 1'500	32
Landwirtschaftlich genutzte mineralische Böden	1'450	50-60	77
Waldböden	1'310	143	188
Siedlungsböden	120	60	7
Natürliche mineralische Böden	280	Nicht bekannt	Nicht bekannt

Quelle: Bundesrat 2023

1.1.2 Problemstellung

Durch die Art und Weise, wie die Böden genutzt und bewirtschaftet werden, kommt es vielerorts zu einem Abbau der OBS. Das hat negative Folgen für die Umwelt und die Ernährungssicherheit.

Dabei müssen mineralische und organische Böden getrennt voneinander betrachtet werden. Denn erstens sind die Probleme, die diese Böden betreffen unterschiedlich. Zweitens unterscheiden sich die Massnahmen, die getroffen werden müssten, um diese Probleme zu adressieren.

Mineralische Böden

In mineralischen Böden wird der OBS-Gehalt durch Standortfaktoren wie Tongehalt, pH-Wert und Höhenlage beeinflusst, aber auch durch veränderliche Faktoren wie Temperatur, Niederschlag, Stau- und Grundwasser und die Bewirtschaftung. Ein gewisser Anteil der OBS ist durch Humifizierung und Bindung an mineralischen Bodenbestandteilen weitgehend vor Abbau geschützt. Ein anderer Teil unterliegt ständigen Auf- und Abbauprozessen.

Im Nationalen Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) kamen die beteiligten Studienautorinnen und -autoren zu dem Schluss, dass die OBS künftig wahrscheinlich zurückgehen wird. Als wichtigen Faktor sehen sie den Klimawandel: Kommt es in den kommenden Jahrzehnten zu höheren Temperaturen und längere Dürreperioden, kommt es zu C-Verlusten im Boden (Hagedorn et al. 2018). Ein Verlust von OBS hat sowohl negative Folgen für den Boden selbst als auch für das globale Klima (Freisetzung von CO₂), den Landschaftswasserhaushalt (Minderung der Retention) und für das Grundwasser (Auswaschung von Nitrat). Bezüglich der Bodenfolgen sind die folgenden Bodenfunktionen gefährdet:

- Filter- und Pufferfunktion (Grundwasserbildner)
- Speicherfunktion
- Kompostierfunktion (Quellen und Senken für Nähr- und Schadstoffe)
- Lebensraum für Mikroorganismen und grössere Lebewesen

Einschränkungen dieser Funktionen führen zu einer Verschlechterung der Bodenstruktur, was sich wiederum auf die Tragfähigkeit und das Wasserspeichervermögen der Böden auswirkt. Bodenverdichtung und Erosion können Folgen einer schlechten Bodenstruktur sein, aber auch oberflächennahe Verschlammung, extremere Abflussspitzen und Austrocknung. Eine schlechte Nährstoffbindung und -verfügbarkeit führt zu Pflanzenschäden.

Eingeschränkte Bodenfunktionen wirken sich immer negativ auf die Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit der Böden aus.

Organische Böden

Viele organische Böden eignen sich gut für eine intensive landwirtschaftliche Nutzung, dazu müssen sie jedoch entwässert werden. Infolge der Entwässerung und der daraus folgenden Belüftung des Bodens wird die organische Substanz jedoch mikrobiell zersetzt, was zur Sackung und Schrumpfung der Böden führt.

Die grössten zusammenhängenden Flächen sind entwässerte Flachmoore in den Niederungen (v.a. Seeland, Plaine de l'Orbe, St. Galler Rheintal u.a.). Ca. 17'000 ha werden intensiv landwirtschaftlich genutzt und verlieren durchschnittlich 12.7 mm pro Jahr an Mächtigkeit (Wüst-Galley et al. 2019) – und zwar durch ihre Trockenlegung und die Art der Bewirtschaftung. Die Mächtigkeit der Torfböden schwankt von Ort zu Ort. Mancherorts sind noch mehrere Meter dicke Torfschichten vorhanden, an anderen Orten ist der mineralische Untergrund schon erreicht. Nach dem Abbau der organischen Bodenhorizonte werden sich die Bedingungen für die Landwirtschaft ändern. Je nach zutage tretendem Material wird die Bodenqualität weiterhin gut sein oder sie wird sich in unterschiedlichem Ausmass verschlechtern. Nach Angaben von Ferré et al. (2019) wird rund die Hälfte der Landwirtschaftsflächen deutlich an Qualität verlieren.

Durch die Entwässerung und einsetzende Mineralisation der organischen Substanz kommt es zu Emissionen von grossen Mengen von Kohlendioxid und je nach Bedingungen auch anderen Treibhausgasen (THG) und gelösten Stoffen. Neben dem Verlust der Produktionsgrundlage und der Gefährdung der Ernährungssicherheit sind die entstehenden Treibhausgasemissionen das grösste Problem, das mit dem Verlust von organischen Böden einhergehen.

Nach heutigem Kenntnisstand gelangen in der Schweiz jährlich 740 Tausend Tonnen CO₂-eq aus trockengelegten organischen Böden in die Atmosphäre (Leifeld et al. 2019). Dies entspricht ungefähr 1.6 % der jährlichen Treibhausgasemissionen der Schweiz (BAFU 2023a).

1.2 Handlungsbedarf

1.2.1 Marktversagen

Im Zusammenhang mit der Nutzung organischer Böden sehen wir zwei Marktversagen:

1. *Externe Kosten:* Die Art und Weise, wie organische Böden bewirtschaftet werden, führt zu externen Kosten. Es werden in erheblichem Masse Treibhausgase freigesetzt und damit zur Erderwärmung beigetragen. Diese externen Kosten müssen von der Allgemeinheit getragen werden. Weder die Landwirte, die organische Böden nutzen, noch die Konsumentinnen und Konsumenten müssen diese Kosten einpreisen.
2. *Informationsasymmetrien:* Die Konsumentinnen und Konsumenten können in der Regel nicht wissen, welche Produkte auf eine Art und Weise angebaut wurden, die dem langfristigen Erhalt der OBS schadet. Somit können sie dies in ihrer Konsumententscheidung nicht berücksichtigen.

1.2.2 Regulierungsversagen

Zudem sehen wir einige Regulierungsversagen.

1. *Verfassungsrechtlicher Schutz auf moortypische Pflanzengesellschaften beschränkt:* Der Schutz von Mooren ist zwar seit der Rothenthurm-Initiative in der Verfassung verankert (Art. 78 Abs. 5 BV). Umgesetzt in den Hochmoorverordnung, Flachmoorverordnung und Moorlandschaftsverordnung wurde der Schutz aber nur auf moortypische Pflanzengesellschaften bezogen und nicht auf die bodenkundliche Definition von Mooren. Nach Wüst et al. (2015) sind nur 10% der als organischer Boden klassifizierte Fläche in den nationalen Inventaren

enthalten und somit unter strengem Schutz. Die intensiv landwirtschaftlich genutzten Flachmoore (Seeland, Plaine de l'Orbe, St. Galler Rheintal etc.) fallen nicht unter diesen Schutz. Sie leiden dagegen vielerorts unter fehlenden Regulatorien in der Agrarpolitik, die die Erhaltung der Moorböden (z.B. durch ausreichende Wasserstände) nicht adressiert (Ferré et al. 2019).

2. *Umweltschädliche Subventionen:* Damit organische Böden landwirtschaftlich genutzt werden können, müssen sie trockengelegt werden. Die Trockenlegung ist aber aufwändig und teuer. Die Kosten für die notwendige Drainierung werden in der Regel zu je einem Drittel vom Bund, den Kantonen und Privaten getragen. Zudem führen Landwirtschaftssubventionen sowie Importzölle auf landwirtschaftliche Produkte zu einer höheren Nutzung und damit Belastung der OBS als unter freien Marktbedingungen der Fall wäre.

1.3 Ziele der Analyse

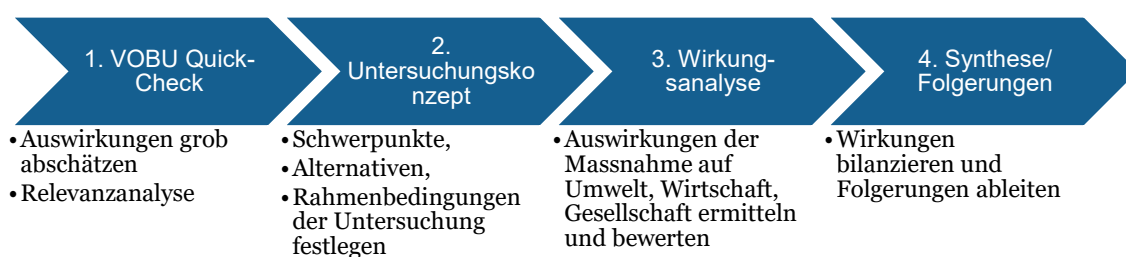
Ziel der VOBU ist, die Wirkung von Massnahmen zum Schutz und Aufbau von OBS auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu untersuchen.

1.4 Vorgehen

1.4.1 Prozess

Die Beurteilung der zu erwartenden Auswirkungen baut auf dem Instrument «Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen VOBU» des BAFU auf. Der Ablauf einer VOBU unterteilt sich grundsätzlich in fünf Schritte. (Den fünften Schritt, die Kommunikation der Ergebnisse haben wir hier ausgeklammert, da dies nach Abschluss der VOBU geschehen wird).

Abbildung 1: Ablauf der VOBU



1.4.2 Methoden

Die vorliegende VOBU stützt sich im Wesentlichen auf:

1. 18 Fachgespräche mit Fachleuten (siehe Liste in Anhang A.1)
2. Analysen sekundärstatistischer Daten
3. Analyse der Fachliteratur

2. Beschrieb Nullszenario und der Vergleichsszenarien

2.1 Untersuchungszeitraum und räumliche Eingrenzung

2.1.1 Untersuchungszeitraum

In den aktuellen Studien wird davon ausgegangen, dass es bei der aktuellen Nutzung durchschnittlich 113 bis 233 Jahre dauert (Wüst-Galley et al 2019), bis alle organischen Böden der Schweiz aufgezehrt sind. Deswegen betrachten wir einen Untersuchungszeitraum von 200 Jahren.

2.1.2 Räumliche Eingrenzung

Gegenstand der Analyse sind alle mineralischen und organischen Agrarböden in der Schweiz. Eine feinere Abgrenzung des Untersuchungsgebiets wurde im Falle der organischen Böden vorgenommen. Hier wurden die Flächen innerhalb der Landwirtschaftlichen Nutzfläche ohne die Flächenkategorie «Streuefläche» betrachtet. Die Abgrenzung der organischen Böden erfolgte nach der Erfassung von Wüst-Galley et al. (2015) und einer unveröffentlichten Flächenauswertung von Wüst-Galley, die auf der damaligen Erfassung basiert.

2.2 Untersuchungsszenarien

2.2.1 Nullszenario

Im Nullszenario werden keine Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS ergriffen.

Die bestehenden Regularien gelten weiterhin. Die Direktzahlungsverordnung (DZV) gewährleistet auf der Mehrheit der Agrarflächen die Einhaltung von gewissen Mindeststandards und gibt Anreize für OBS-schonende Massnahmen.

Die landwirtschaftlich genutzten Moorböden fallen nicht unter den verfassungsrechtlichen Schutz der Bundesinventare.⁴ Auf den Moorböden ausserhalb von anderweitig regulierten Flächen steuern die Landwirte die Bewirtschaftung nach betriebswirtschaftlichen Überlegungen. Die

⁴ Die in den Inventarflächen (1'600 ha Hoch- und Übergangsmoore und 1'200 ha Flachmoore) laut Wüst et al. (2015) vorkommenden Vegetationstypen sind innerhalb der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden nicht zu erwarten. Die extensive Nutzungskategorie «Streuefläche», innerhalb derer evtl. solche Vegetationstypen vorkommen könnten, wurde nicht in den Flächenumfang der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden aufgenommen.

Intensivnutzung erhält weiterhin hohe Subventionen über die DZV und indirekt über Drainagen und Überschüttungen, die bewilligt und teilweise finanziert werden.

Mineralische Böden:

- Die Böden werden weiter bewirtschaftet wie bisher.
- Die Bewirtschafter ergreifen keine zusätzlichen Massnahmen zum Schutz der organischen Bodensubstanz.

Organische Böden:

- Die Böden werden weiter bewirtschaftet wie bisher, bis sie komplett verschwunden sind.
- Weiterhin werden bei Bedarf Drainagen gelegt, Überschüttungen und Planierungen durchgeführt.

2.2.2 Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

Die Landwirte werden verpflichtet, Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS zu ergreifen, damit der Rückgang der OBS gestoppt wird

Mineralische Böden

Die Landwirte verstärken ihre Massnahmen, die OBS zu erhalten und zu fördern. Sie erhöhen die Bodenbedeckung (z.B. durch Zwischensaat), reduzieren die Bodenbearbeitung, setzen mehr organische Düngung ein und optimieren Fruchtfolge etc.

Organische Böden

Für die landwirtschaftlich genutzten organischen Böden bedeutet die Vorgabe zum Schutz der OBS, dass einschneidende und aufwändige Massnahmen ergriffen werden müssen. Die Böden müssen der aeroben Zersetzung entzogen und dazu ganzjährig vernässt werden. Dies hat zur Folge, dass eine landwirtschaftliche Nutzung so wie bisher nicht mehr möglich ist. Grundsätzlich denkbar und erwogen wird auch, die Vernässung mit einer Überdeckung mit mineralischem Material zu kombinieren, so dass die darunterliegenden organischen Bodenhorizonte nicht von der mechanischen Bodenbearbeitung betroffen sind (>70 cm Schichtstärke) und dennoch permanent im Grundwasser liegen. Das würde eine landwirtschaftliche Nutzung prinzipiell erlauben, die Methode ist aber praktisch und wissenschaftlich noch wenig abgesichert. Im wissenschaftlichen Diskurs zur klimaverträglichen Moornutzung ausserhalb der Schweiz spielt diese Idee praktisch keine Rolle und auch hierzulande sind wissenschaftliche Evidenz und praktisches Erfahrungswissen bislang begrenzt und müssen überprüft werden. Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden die Massnahme der Wiedervernässung ohne Überschüttung betrachtet.

- Die rund 17'000 ha landwirtschaftlich genutzten und mehrheitlich tiefentwässerten Moorböden werden aus der intensiven Nutzung herausgenommen.
- Durch bauliche Massnahmen werden die Böden soweit möglich **bis auf 0 bis 10 cm** unter Geländeoberkante vernässt. Ein tieferer Wasserspiegel erschwert die Entwicklung einer für C-Bindung und Biodiversität nützlichen Pflanzendecke (Kreyling et al 2021). Ein höherer Wasserstand birgt die Gefahr, dass hohe Methanemissionen entstehen (Leifeld et al. 2019).

- Auf den Vernässungsflächen werden soweit möglich alternative Nutzungen etabliert. Grundsätzlich denkbar sind Paludikulturen (Nassreis, Medizinal-, Faser- oder Energiepflanzen) oder extensive Weidehaltung (z.B. Wasserbüffel, Geflügel oder Extensivrinder- oder -pferderassen). Wenn keine Nutzung erfolgt, werden die Vernässungszonen sich selbst überlassen oder bei Bedarf gepflegt.
- In den Übergangs- und Randzonen wird es Flächen geben, die durch die Massnahmen nasser werden als heute, aber noch regulär bewirtschaftet werden können. Wir gehen davon aus, dass mit einigen technischen Anpassungen (kleinere Maschinen, angepasste Bereifung, temporäre Absenkung des Grundwasserspiegels, etc.) die Nutzung erhalten werden kann.

2.2.3 Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

In diesem Referenzszenario gehen wir davon aus, dass die Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS so ausgestaltet werden, dass ein Kompromiss zwischen dem Bodenschutz, Klimaschutz und den betriebswirtschaftlichen Interessen der Landwirte gefunden wird.

Deshalb werden Flächen mit mutmasslich hohem C-Vorrat stärker geschützt und dadurch die landwirtschaftliche Nutzung eingeschränkt. Auf anderen Flächen verzichtet man auf Einschnitte für die Landwirtschaft. Die Wasserstände werden in den Vernässungsflächen so eingestellt, dass sie eine Folgenutzung grundsätzlich ermöglichen. Dieses Vorgehen wurde von mehreren der Fachleute empfohlen, die wir interviewt haben.

Mineralische Böden:

- Gleiche Massnahmen wie in Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz».
- In der Folge können die OBS-Gehalte in den mineralischen Ackerböden erhalten und erhöht werden.

Organische Böden:

Die Massnahmen richten sich nach der vorhandenen Torfmächtigkeit. Die Massnahmen zum Erhalt der organischen Böden konzentrieren sich auf die tieftorfigen Flächen, auf flachtorfigen Böden werden die Voraussetzungen für die Landwirtschaft aufrechterhalten.

Auf tieftorfigen Flächen (>90 cm Torfmächtigkeit) werden folgende Massnahmen erfolgen:

- keine weiteren baulichen Änderungen: keine neuen Drainagen, keine Überschüttungen.
- Das Grundwasserniveau wird zu Beginn auf ca. 30 cm unter Flur eingestellt.

Die Vernässung schützt die tiefer liegenden, geringzersetzten Torfschichten, die sehr empfindlich auf Entwässerung reagieren und sowohl eine hohe C-Freisetzungsdynamik als auch ein hohes Freisetzungspotential haben (vgl. Hagedorn et al. 2018). Die stark vererdeten und vermulmten Oberböden liegen dagegen weiterhin trocken. Sie haben aufgrund der durchlaufenen Degradationsprozesse einen höheren mineralischen Anteil und sind tendenziell in einem stabileren Zustand (Burgos, mündl.). Dieses Vorgehen ist der Versuch, Rahmenbedingungen so zu definieren, dass eine standortangepasste Nutzung grundsätzlich möglich erscheint, dies aber unter dem Vorzeichen eines konsequenten Boden- und Ressourcenschutzes.

Die Folgenutzung kann sich an die neuen Bedingungen durch technische Innovationen anpassen (z.B. Fahrzeuge, Robotik, intelligente Drainagesysteme) oder mit einer Extensivierung reagieren (Umwandlung in Dauergrünland).

Es ist schwer vorherzusagen, wie sich die Böden unter diesen Bedingungen langfristig weiterentwickeln werden. Die Hoffnung ist, dass sich die Bodenverhältnisse stabilisieren, die Flächen mehr oder wenig nutzbar bleiben und die weiteren C-Verluste niedrig sind. Möglich ist aber auch, dass es innerhalb der nächsten Dekaden zu einer weiteren Torfzersetzung und Sackung kommt und die Flächen dann zu nass für eine weitere Bewirtschaftung im herkömmlichen Sinn werden.

Es liegen zurzeit keine flächendeckenden Daten über Mächtigkeit und Zustand der organischen Böden vor. Wenn wir für dieses Szenario Angaben über Flächenanteile machen, kann dies nur als grober Anhaltspunkt verstanden werden. Wir stützen uns auf eine mündliche Auskunft von Herrn Burgos, der einige der jüngsten Bodenkartierungen im Seeland und im St. Galler Rheintal geleitet hat und von schweizweit 5'000 bis 6'000 ha tieftorfigen Böden innerhalb der Flachmoorebenen ausgeht. Dieser Flächenumfang entspricht ca. einem Drittel der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden.

Flachtorfige und antorfige Flächen (10 bis 90 cm Torfmächtigkeit)

- Keine Änderung der Nutzungsbedingungen
- Neue Drainagen und Überschüttungen werden gestattet, um die landwirtschaftliche Produktion aufrecht zu erhalten.
- Mittelfristig werden diese Flächen einen mineralischen Oberboden haben. Entweder als Folge von Torfschwund und Degradation oder als Folge der Überschüttung mit mineralischem Fremdmaterial.

2.3 Alternative Instrumente

Kann der Schutz und Aufbau der OBS auch mit anderen Massnahmen erreicht werden? Falls ja, sind diese Alternativen möglicherweise effizienter als die oben beschriebene Vorgabe zum Schutz der OBS?

Grundsätzlich können die folgenden Instrumente genannt werden:

1. CO₂-Steuer: Laut der ökonomischen Theorie wäre dies der effizienteste Weg mit den externen Kosten umzugehen, die durch Treibhausgasemissionen entstehen. Politisch ist diese aber schwer umsetzbar. Sie müsste für die gesamte Wirtschaft eingeführt werden
2. Carbon Farming und CO₂-Zertifikate: Der Handel mit Zertifikaten ermöglicht es Dritten, Rechte zu kaufen bzw. die aktuellen Bewirtschafter dafür zu zahlen, die organische Bodensubstanz zu schützen.
3. Importzölle für Gemüse streichen: Inländische Gemüsebauern profitieren von Schutzzöllen.
4. Freiwillige Label: Etiketten weisen die Konsumentinnen darauf hin, dass Produkte auf Torfböden angebaut wurden.
5. Direktzahlungsverordnung: Die Massnahmen und Fördersummen werden stärker auf den Schutz der OBS ausgerichtet.
6. Keine Genehmigung oder keine Subventionierung von neuen Drainagen durch Bund, Kantone und Gemeinden: Die organischen Böden müssen regelmässig drainiert werden. Aktuell stehen

im Seeland vielerorts wieder Drainagen an. Zu zwei Dritteln werden die Kosten meist vom Bund und Kantonen getragen.

7. Verschärfung der Gewässerschutzverordnung (GSchV): Viele Regionen des Mittellandes weisen bereits hohe Belastungen des Grundwassers auf, was auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung zurückgeführt wird. Eine Verschärfung der Gewässerschutzverordnung mag dazu führen, dass die betroffenen Böden weniger intensiv bewirtschaftet werden (Düngung, Pflanzenbedeckung). Dies mag sich positiv auf den Erhalt der organischen Bodensubstanz auswirken.

Tabelle 3: Vor- und Nachteile der potenziellen alternativen Instrumente

Alternative	Vorteile	Nachteile
CO ₂ -Steuer	– Laut der volkswirtschaftlichen Theorie das effizienteste Mittel zur Internalisierung externer Kosten – Einnahmen können genutzt werden, um andere Steuern zu reduzieren (Double Dividend)	– Politisch schwer Umsetzbar, da sie für die gesamte Wirtschaft und auch das Ausland eingeführt werden müsste um effizient zu Wirken
Carbon Farming und CO ₂ -Zertifikate	– Marktorientierte Lösung – Ordnungspolitik: Niedrigere Eingriffstiefe	– Monitoring aufwändig – Hängt von der Zahlungsbereitschaft Dritter ab – Schwierig innerhalb von wenigen Jahren, langsame Entwicklung und grosser Schwankungsbereich – Persistenz von Kohlenstoff-Aufbau kann nicht gewährleistet werden.
Importzölle streichen	– Wettbewerbsverzerrungen werden abgeschafft – Konsumentenpreise sinken	– Nicht zielgenau; wirkt auf Bewirtschafteter mineralischer Böden starker als auf die von organischen Böden. – Ertragsausfälle bei den betroffenen Gemüsebauern
Freiwillige Label	– Marktorientierte Lösung – Erhöht Produkttransparenz und ermöglicht Konsumentinnen informierte Kaufentscheidungen zu treffen – Ordnungspolitik: Niedrigere Eingriffstiefe	– Wirksamkeit fraglich – Umsetzung aufwändig
Nutzung der DZV	– Ordnungspolitik: Anreize, statt Verbote; weniger drakonisch – Nutzung bewährter Vollzugsstrukturen – Fehlanreize der DZV können eliminiert werden: Zuckerrüben ermöglichen sehr hohe Beiträge, die Kultur ist jedoch ungünstig für die OBS.	– Für Gemüsebauern spielen die Direktzahlungen i.d.R. keine Rolle, da sie viel höhere Verkaufserlöse erzielen können. Hier also keine Wirksamkeit – Ob für andere Betriebe noch ein Potential vorhanden wäre, eine schonendere Bewirtschaftung von Mineralböden zu erreichen ist fraglich, da nicht jede Kultur die Möglichkeit bietet. – Kosten für die öffentliche Hand

Alternative	Vorteile	Nachteile
Keine Drainagen auf organischen Böden	– Lässt sich effektiv vollziehen. Ohne Subventionen gibt es keine Drainagen und die Torfböden vernässen wieder. – Einsparung von Kosten	– Drakonischer Einschnitt und negative Auswirkungen auf die betroffenen Landwirte – Für eine effektive Vernässung der organischen Böden bräuchte es weiterführende bauliche Massnahmen und Pufferzonen – Massnahme nur für organische Böden. Mineralische Böden sind zwar auch z.T. drainiert, ihr Gehalt an OBS wird aber nicht in dem Masse durch Drainage beeinflusst.
Verschärfung der GSchV	– Stärkerer Wasserschutz	– Wenig zielgerichtet: Wasserverschmutzung und Belastung organischer Böden nicht immer kongruent – Starke negative Konsequenzen für die Landwirte

Keine der alternativen Instrumente allein scheint auszureichen, um die erklärten Ziele der Verordnungsanpassung zu erreichen. Keine der Alternativen scheint effektiver und effizienter zu sein als die vorgeschlagene Verordnungsanpassung. Es mag sich jedoch als empfehlenswert herausstellen, einzelne der hier genannten alternativen Instrumente mit der Anpassung der VBBo zu kombinieren – eine Anpassung der DZV z.B. könnte Anreize für die Landwirte schaffen, für Kulturen zu wählen, die weniger stark zum Abbau der OBS beitragen. Ob höhere Beiträge für schonende Bodenbearbeitung und Bodenbedeckung einen Effekt zeigen könnten ist fraglich, da nicht jede Kultur die Möglichkeit zur Umsetzung bietet.

2.4 Hintergrund und Umfeld

Der Schutz der OBS liegt im Einklang zahlreicher Strategien und Ziele, zu denen sich der Bundesrat bekannt hat, sowie Zielen, die in der Verfassung verankert sind.

- **Moorschutz:** In den Bundesinventaren sind naturnahe Moorbiotope erfasst und streng geschützt, von denen laut Wüst 2'800 ha organischen Boden haben. Weil sie ungünstigen Bedingungen ausgesetzt sind (Entwässerung, Nährstoffeintrag, etc.) ist die Erhaltung dieser Böden und Biotope derzeit nicht gesichert, denn die Torfzehrung schreitet fort (Wüst et al. 2019). Zurzeit werden daher Massnahmen formuliert (Einrichtung von Pufferzonen, Anhebung des Wasserspiegels, Extensivierung, etc.), die zu einer Verbesserung der Situation führen sollen.
- Hinsichtlich der Nachhaltigkeit verlangt die schweizerische **Bundesverfassung** (Art. 73 BV) ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits.
- **Klimaziele:** Die Schweiz hat das Übereinkommen von Paris am 6. Oktober 2017 ratifiziert. Sie ist damit ein Reduktionsziel von minus 50 Prozent bis 2030 gegenüber 1990 eingegangen, unter teilweiser Verwendung von ausländischen Emissionsminderungen.

- Im **Bundesgesetz über die Ziele im Klimaschutz**, die Innovation und die Stärkung der Energiesicherheit (indirekter Gegenvorschlag zur Gletscher-Initiative) ist das Ziel definiert, dass die Schweiz bis 2050 klimaneutral wird.⁵
- **Klimastrategie Landwirtschaft:** «Bodenstruktur und -fruchtbarkeit werden allgemein verbessert und dauerhaft erhalten. Mit einem gezielten Management des Umsatzes an organischer Substanz (Humusbilanz) wird die Kohlenstoffspeicherung gefördert und die spezifischen C-Optima angestrebt. Die Kohlenstoffbilanz landwirtschaftlich genutzter Flächen soll positiv sein, und insgesamt sollen die Treibhausgasemissionen der nationalen landwirtschaftlichen Produktion gegenüber 1990 um 40 Prozent gesenkt werden. Die Kohlenstoffspeicherung durch Landnutzung und Landnutzungsänderungen soll die C-Verluste (z.B. Emissionen als Folge des Grünlandumbruchs oder der Bewirtschaftung ehemaliger Moore) mindestens ausgleichen.»
- **«Strategie nachhaltige Entwicklung 2030»** des Bundesrates: Ziel 4.2: «Die Funktionen des Bodens sind langfristig erhalten. Bodennutzungen führen zu keiner Degradierung, und wo möglich werden Böden und ihre Funktionalität wiederhergestellt.»
- **Bodenstrategie:** Ziele: «ZL4: Kompensation des Verlusts von organischer Bodensubstanz infolge landwirtschaftlicher Nutzung mineralischer Böden. ZL5: Minimierung des Verlusts von organischer Bodensubstanz infolge landwirtschaftlicher Nutzung organischer Böden.»
- **Versorgungssicherheit:** Art. 104 BV: «1 Der Bund sorgt dafür, dass die Landwirtschaft durch eine nachhaltige und auf den Markt ausgerichtete Produktion einen wesentlichen Beitrag leistet zur: a. sicheren Versorgung der Bevölkerung; b. Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen und zur Pflege der Kulturlandschaft; c. dezentralen Besiedlung des Landes.»

3. Relevanzanalyse

Mit der Relevanzanalyse haben wir zu Beginn des Projekts auf Basis eigener Erfahrungen und Expertise sowie bereits vorliegender Informationen mögliche Auswirkungen der Massnahmen abgeschätzt und die Stärke bzw. die Relevanz dieser Auswirkungen bewertet. Die Relevanzanalyse wird in einer VOBu typischerweise vor der vertieften empirischen Analyse durchgeführt. Sie dient dazu, die Untersuchungsschwerpunkte zu priorisieren. Es handelt sich bei der Relevanzanalyse also nicht um einen Vorgriff auf die Ergebnisse.

In der nachfolgenden Tabelle stellen wir die Ergebnisse der Relevanzanalyse dar. Zusammengefasst erwarten wir relevante Auswirkungen in den folgenden Wirkungsbereichen, die im VOBu-Leitfaden definiert sind.

Tabelle 4: Relevanz der Auswirkungskriterien

Auswirkungskriterium	Relevanz	Begründung, Kommentar
U1 Klima	Hoch	Freisetzung von CO ₂ und anderen THG

⁵ Art. 12 hält programmatisch fest, dass Vorschriften anderer Erlasse, insbesondere z.B. im Bereich der Landwirtschaft (also auch die VBBo) «so ausgestaltet werden und angewendet werden sollen, dass sie zur Erreichung der Ziele dieses Gesetzes beitragen sollen. Für die VBBo sind dies insbesondere der Beitrag zum Netto-Null-Ziel der Schweiz durch die Vermeidung von CO₂-Emissionen (Art. 3) sowie die Nutzung von Böden im Rahmen von Negativemissionstechnologien (Art. 2).

Auswirkungskriterium	Relevanz	Begründung, Kommentar
U2 natürliche Vielfalt	Mittel	Wiedervernässung schafft naturraumtypische Lebensräume, OBS wirkt sich positiv auf Biodiversität aus.
U3 Natürliche Produktionsfaktoren	Hoch	Die Sicherung der OBS ist zentral für die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit. Andererseits verringert ein Ausschluss organischer Böden aus der Produktion die Ernährungssicherheit. Beitrag zur Filterung und Bindung von Nähr- und Schadstoffen, zum Schutz des Trinkwassers.
G1 Gesellschaft	gering	Durch die Anpassungen entstehen keine Wirkungen auf Gleichberechtigung, Chancengleichheit, Generationengerechtigkeit.
G2 Gesundheit	gering	Die Anpassung hat keine Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit. Geringe Auswirkung im Hinblick auf Hitzeentwicklung im urbanen Raum.
W1 Unternehmen	hoch	Bewirtschafter/Beansprucher von Boden, also insb. Landwirtschaft, müssen sich an die neue Vorgabe halten, was u.U. zu Mehrkosten oder Nutzungseinschränkungen führen kann, aber hilft, den Boden als Produktionsgrundlage sowie die langfristig wichtige OBS zu erhalten. Stark betroffen sind die Bewirtschafter von organischen Böden, da eine herkömmliche Bewirtschaftung ohne Verlust an OBS nicht möglich wäre.
W2 Haushalte	gering	Für Konsument/innen wird ein Beitrag zur langfristigen Ernährungssicherheit geleistet, weil die OBS ein Schlüssel für die Bodenfruchtbarkeit und damit die landwirtschaftliche Produktion darstellt. Die Anpassungen haben kaum Einfluss auf: – Verfügbarkeit, Vielfalt, Qualität von Produkten und Dienstleistungen – Preise von Produkten und Dienstleistungen – Zugang zu korrekten und verständlichen Informationen
W3 Arbeitnehmende	gering	Müssen Betriebe schliessen, wird es zum Verlust von Arbeitsplätzen kommen.
W4 öffentliche Hand	mittel	– Im Falle des Referenzszenarios werden für die Neuordnung und Vernässung der Gebiete Gutachten und Planungsaufträge notwendig, Bau- und Verfahrenskosten fallen an, Flächen müssen ggf. aufgekauft werden. – Informationsmassnahmen müssen durchgeführt werden – Massnahmen, um negative Auswirkungen auf betroffene Landwirtschaftsbetriebe abzufedern (Kompensationen, Umschulungen, etc)
W5 Gesamtwirtschaft (makro)	keine	Die Anpassung fördert oder stärkt nicht Markteintrittsbarrieren, wettbewerbshemmende Regelungen, wettbewerbshemmendes Verhalten und wettbewerbsfördernde Information und Wahlmöglichkeiten für Kunden.; Die Anpassung reduziert/erhöht nicht die steuerliche Attraktivität für Unternehmen und Privatpersonen, die Wettbewerbsfähigkeit Schweizer Unternehmen, die Rechtssicherheit & Stabilität von Rahmenbedingungen. Die int. Akzeptanz der Regulierung ist gegeben.; Es werden keine Handelshemmnisse für ausländische Konkurrenten z.B. durch technische Vorschriften geschaffen, der Marktzugang zu internationalen Märkten bleibt gleich.; Das Bruttoinlandprodukt (real, pro Kopf), dessen langfristiges Wachstum sowie die Stabilität der konjunkturellen Entwicklung wird nicht beeinflusst.; Die Produktivität (Arbeit, Kapital und Ressourcen) wird nicht erhöht oder verringert.; Es gibt keine Verteilungswirkungen (sozial, regional, zukünftige Generationen) durch die Anpassung.

Auswirkungskriterium	Relevanz	Begründung, Kommentar
W6 Innovation, Forschung, Bildung	gering	Es entsteht geringer Innovationsdruck. Es ist nicht davon auszugehen, dass es einen technologischen und sozialen Fortschritt gibt. Es wird kein neues geistiges Eigentum geschaffen. Der Boden als landschafts- und kulturgeschichtliches Archiv wird erhalten.
Z1 Regionen	mittel	Landwirtschaftliche geprägte Regionen sind stärker betroffen bzw. stärker auf diese Massnahme angewiesen. Insbesondere für entwässerte Torfböden relevant: Seeland, St. Galler Rheintal, Orbe-Ebene, Linth-Ebene, Gürbetal, Wauwiler Ebene. Dort sind nicht nur Landwirtschaftsbetriebe sondern auch Verarbeiter betroffen.
Z2 Ausland	keine	Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft im Ausland sind von den Anpassungen nicht betroffen

In der nachfolgenden Wirkungsanalyse fokussieren wir die Wirkungsbereiche die mindestens mit «mittel» bewertet wurden: Klima, natürliche Vielfalt, Natürliche Produktionsfaktoren, Unternehmen, öffentliche Hand, Regionen.

4. Auswirkungen der Szenarien

4.1 Darstellung des Vollzugs

4.1.1 Mineralische Böden

Referenzszenarien «Maximaler OBS-Schutz» und «Differenzierter OBS-Schutz»

- Die bestehenden Regularien der Direktzahlungsverordnung sind gut geeignet, die Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS auf mineralischen Böden umzusetzen und sollen beibehalten werden. Die Massnahmen «schonende Bodenbearbeitung» und «angemessene Bodenbedeckung» wurden neu eingeführt und sind für den Schutz der OBS sehr nützlich.
- Das Wissen in der Bauernschaft, welche Bedeutung die OBS für die Bodenqualität hat und wie die OBS-Gehalte in ihren Böden beeinflusst werden können, sollte verbessert werden. Ein wachsender Anteil der Landwirte erkennt, wie wichtig die OBS für ihre Zukunft ist und interessiert sich für die Themen Humus, Bodenstabilität, Wasserspeicherung, Klimaresilienz etc. Jetzt sollte mit gezielten Weiterbildungsangeboten, betriebsspezifische Beratung durch Einrichtungen wie Agridea, Bauernverband (hohe Akzeptanz) das Knowhow für praktische Massnahmen vermittelt und vertieft werden. Ausserdem sollte Bodenkunde in der Ausbildung der Landwirte wieder mehr Gewicht erhalten.
- Die Fachstellen für Bodenschutz erheben Daten über die C-Gehalte im Boden und verfügen im Einzelfall Massnahmen zur Verbesserung. Punktuell können sie Fehlentwicklungen vermeiden bzw. korrigierend eingreifen, wie das bei Erosionsschäden der Fall ist (Feststellung des Schadens, Meldung an das Amt für Landwirtschaft, Forderung eines Massnahmenplans vom Bewirtschafter, bei Einhaltung keine Kürzung der Direktzahlungen).
- Für die kantonalen Bodenfachstellen entsteht durch die Einführung einer rechtlichen Vorgabe zum Schutz der OBS eine Handhabe gegen grobe Verstösse und Fehlentwicklungen.

4.1.2 Landwirtschaftlich genutzte organische Böden:

Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

- Keine weiteren Drainagen werden subventioniert oder zugelassen.
- Keine Überschüttungen werden bewilligt, subventioniert oder geduldet.
- Auf Grundlage von hydrologischen Gutachten, die erkunden, welche Massnahmen zur Vernässung nötig sind und welche Auswirkungen sie auf die Gebiete haben, wird eine Konzeption erstellt, die die künftige Flächennutzung festlegt.
- Die festgelegten Zonen werden gemäss Konzeption vernässt. Schritte hierfür sind das Verschiessen von Drainagen und Gräben, das Errichten von Dämmen, Infrastruktur zur Überwachung und Steuerung der Pegelstände, Abdichtungen, um die Auswirkungen auf Nachbarflächen im Einzelfall abzumildern.
- Die Ertragsausfälle bzw. Mindereinnahmen der Landwirtschaft werden innerhalb einer 20-jährigen Frist kompensiert.
- Die Landwirte erhalten Beratung und Unterstützung bei der Etablierung neuer Nutzungsformen. Hier können Methoden zur Anwendung kommen, wie sie für hydrologische Pufferzonen von Mooren von Agroscope entwickelt wurden. Ein Beispielbetrieb könnte Erfahrungen sammeln und für die Bauernschaft bereithalten.

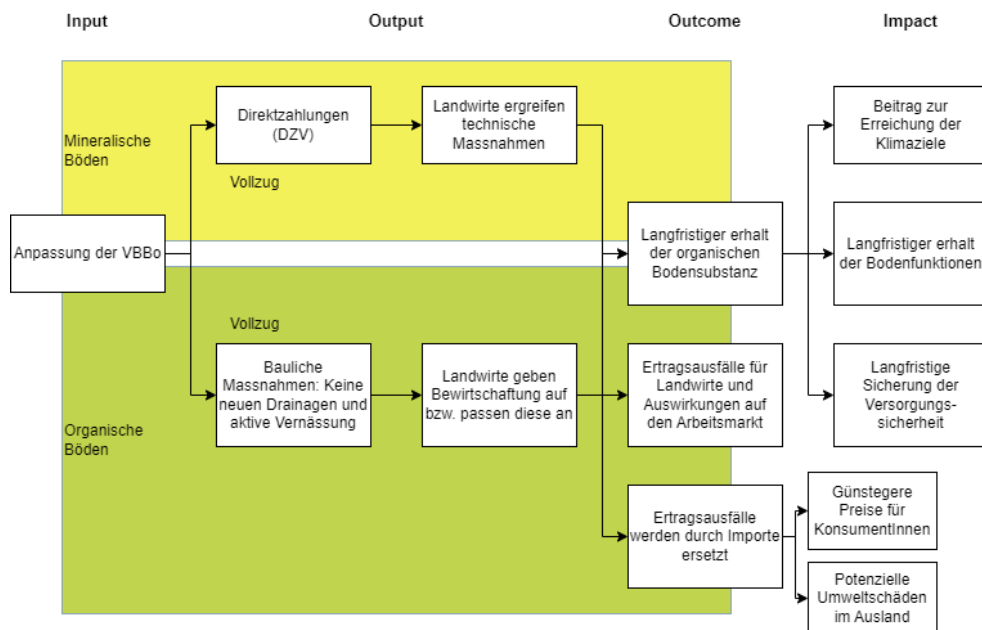
Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

- Auf Grundlage von bodenkundlichen und hydrologischen Gutachten, die die Mächtigkeit und den Zustand des Torfkörpers erkunden, welche Massnahmen zur Vernässung nötig sind und welche Auswirkungen sie auf die Gebiete haben, wird ein Konzept für die betroffenen Gebiete erstellt, das Vorrangflächen für Bodenschutz und Vorrangflächen für Landwirtschaft abgrenzt.
- Vorrangflächen für Bodenschutz sind - mit Zu- und Abstrichen, die der Flächenarrondierung und der hydrologischen Umsetzbarkeit geschuldet sind - Flächen mit tieftorfigen Böden. Sie werden auf 30 cm unter Flur vernässt. Drainagen und Überschüttungen sind dort nicht gestattet.
- Auf den an- und flachtorfigen Flächen soll die Landwirtschaft Vorrang haben. Wenn es zu einer Überschüttung und Planierung von Flächen kommen soll, muss der Versuch unternommen die Risiken zu minimieren:
 - Die Statik des Untergrundes muss für die Auflast des Materials geeignet sein. Böden mit einer bereits heute hohen mineralischen Komponente sind für Überschüttungen besser geeignet als tiefgründige organische Böden, wie die Arbeit von Oechslin et al. (2022) im St. Galler Rheintal erbracht hat.
 - Die Risiken für Bodenverdichtung durch die Baumaschinen sind sehr hoch. Entsprechende Gegenmassnahmen müssen konsequent angewandt werden.
 - Es ist zu prüfen, ob vor einer Überschüttung die vorhandenen Drainagen in den organischen Bodenhorizonten verschlossen werden können und das Grundwasserregime künftig so eingestellt werden kann, dass die organischen Bodenhorizonte dauerhaft vernässt sind. Möglicherweise gelingt so es im Einzelfall, die organischen Horizonte vor einer weiteren Zersetzung zu schützen (vgl. Guenat 2022).

4.2 Wirkungsmodell

Im Wirkungsmodell fassen wir die Wirkungsannahmen zusammen, die wir in der anschliessenden Wirkungsanalyse untersuchen.

Abbildung 2: Wirkungsmodell



Quelle: Eigene Darstellung

4.3 Erwartete Wirkungen

4.3.1 U1 Klima

Nullszenario

Im Nullszenario gehen wir von einer Abnahme der OBS auf organischen Böden und teilweise auf Mineralböden aus. Die Emissionen, die auf organischen Böden entstehen, sind jedoch deutlich grösser und die Emissionen von Mineralböden sind nicht seriös quantifizierbar. Deshalb fokussieren wir hier auf die organischen Böden.

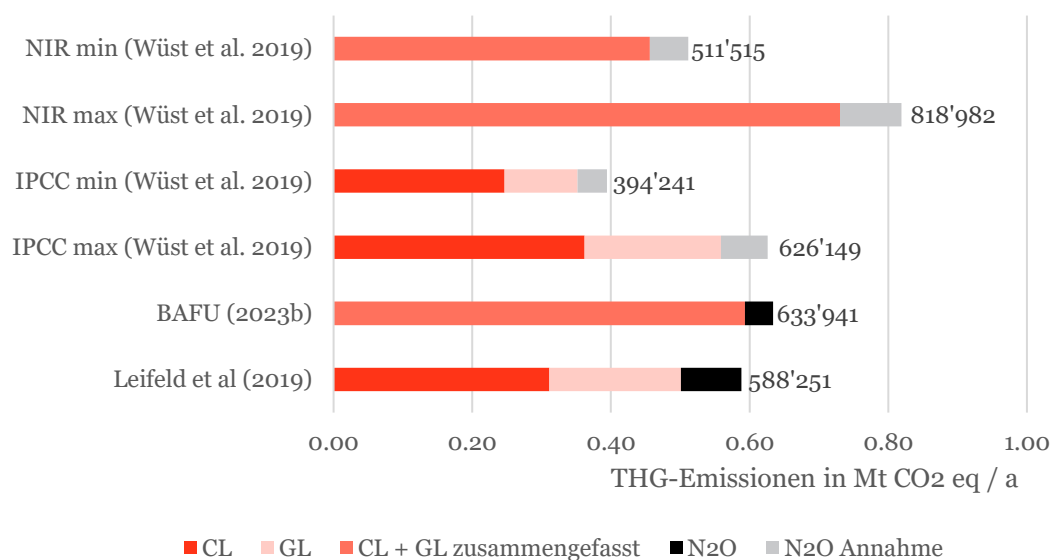
Bleiben die *organischen Böden* im Nullszenario weiter trockengelegt, wird Kohlenstoff v.a. in Form von Kohlenstoffdioxid freigesetzt, daneben entstehen gelöste Kohlenstoffverbindungen und Methan (zusammengefasst wird von C-Verlusten gesprochen). Die Zersetzung des organischen Materials wird direkt durch die Entwässerung verursacht. Faktoren wie die Bodenbearbeitung und die Düngung beschleunigen diesen Prozess noch zusätzlich (z.B. Wessolek et al. 2002). Methan (CH₄) entsteht anoxisch in Nassböden und spielt zurzeit aufgrund der tiefen Grundwasserstände in den landwirtschaftlich genutzten organischen Böden bei den THG-Emissionen eine eher untergeordnete Rolle. Als weiteres THG entsteht bei der Mineralisierung der organischen

Böden Lachgas (N₂O). Die Lachgasemissionen können sehr unterschiedlich sein, eher hoch bzw. sehr hoch sind sie auf stickstoffreichen, aufgedüngten Böden (Leifeld et al 2019).

Dafür, wie hoch die THG-Emissionen pro Jahr sind, gibt es verschiedene Schätzungen.

1. Wüst-Galley et al. (2019) stellen Berechnungen anhand unterschiedlicher Emissionsfaktoren an, die zum einen vom Nationalen Treibhausgasinventar (NIR) und
2. zum anderen vom Weltklimarat (IPCC) stammen. Die Berechnungen werden jeweils für Minimal- und Maximalwerte vorgenommen und haben ebenso Minimal- und Maximalwerte zum Ergebnis.
3. Eine weitere Quelle ist das THG-Inventar der Schweiz (BAFU 2023b), das die offiziell berichteten Emissionswerte enthält.
4. Eine weitere Schätzung haben wir einer Studie von Leifeld et al. (2019) entnommen, die nach Landnutzungen und emittierten Stoffen unterscheidet und ein differenziertes Bild aus der Forschung wiedergibt.

Abbildung 3: Verschiedene Schätzungen für THG-Emissionen pro Jahr



Hinweis: Die roten Balken geben die Emissionen von CO₂, CH₄ und DOC (=gelöste Kohlenstoffverbindungen) wieder, umgerechnet in CO₂-Äquivalente. Nicht alle Quellen differenzieren nach verschiedenen Landnutzungen. Diese sind abgekürzt «CL» steht für Ackerland, «GL» für tiefentwässertes und nährstoffreiches Grünland. Sofern die Quelle Aussagen darüber macht, ist schwarz die Emission von N₂O dargestellt. Macht die Quelle keine Aussagen über N₂O, haben wir einen Anteil von 10.6 % an den gesamten THG-Emissionen angenommen und die N₂O-Emissionen anteilmässig dazugerechnet. Dieser Prozentsatz ist der Mittelwert des N₂O-Anteils an den Gesamtemissionen bei BAFU (2023b) = 6.4% und bei Leifeld et al. (2019) = 14.8%.

Zusammenfassend reichen die Schätzungen für die jährlichen THG-Emissionen aus den landwirtschaftlich genutzten organischen Böden von 0.39 bis 0.82 Mt CO₂-eq pro Jahr. Dies entspricht ungefähr 0.9% bis 1.8% der jährlichen THG-Emissionen der Schweiz.⁶

⁶ Wir rechnen mit den 45.25 Mt CO₂-Äquivalenten die 2021 innerhalb der Schweiz ausgestossen wurden (BAFU, 2023). Die THG-Emissionen aus Böden sind in dieser Zahl laut BAFU (2023) nicht enthalten.

Wie entwickeln sich die THG-Emissionen mittel- und langfristig? Die C-Vorräte in den organischen Böden der Schweiz (ca. 28'000 ha in der Fläche) werden von Wüst-Galley et al. (2019) mit 32.4 Mt angegeben. Da keine Daten über die räumliche Verteilung der C-Vorräte vorliegen, gehen wir für unsere Berechnungen davon aus, dass die C-Vorräte gleichmässig über die organischen Böden verteilt sind und dass somit auf die landwirtschaftlich genutzten organischen Böden 19.7 Mt C entfallen.

Angaben zur Berechnung der künftigen C-Verluste

Die Studien, die sich mit der Ermittlung von C-Verlusten aus organischen Böden befassen, haben allgemein das Ziel, die *derzeitigen* Emissionen zu bestimmen. Diese werden über Emissionsfaktoren verschiedener Landnutzungskategorien und deren Flächenausdehnung bestimmt. Weil die C-Vorräte durch den Torfschwund abnehmen, können weder der jährliche C-Verlust noch der zugrundeliegende Emissionsfaktor als unveränderliche Grösse angenommen werden. Die Emissionsfaktoren müssen also in der Zukunft nachjustiert werden und eignen sich nicht zur Bestimmung langfristiger C-Verluste oder der Restlebensdauer der organischen Böden.

Mit welchem Tempo der Torfschwund mittel- und langfristig fortschreitet und mit welchen Emissionen von hochgradig zersetzten Folgeböden zu rechnen ist, ist wenig bekannt. Deshalb arbeiten wir mit einer Schätzung:

Wir nehmen an, dass sich die Torfzersetzung mit der Zeit verlangsamt. Unsere Annahme ist, dass die C-Verluste ein Produkt aus C-Vorrat und einer konstanten C-Verlustrate sind. Da die C-Verluste den C-Vorrat im Folgejahr schmälern, entstehen im Folgejahr kleinere C-Verluste. Zur Veranschaulichung hier eine Berechnung mit dem Emissionswert nach BAFU (2023b) als Ausgangspunkt:

Tabelle 5: Exemplarische Berechnung der THG-Emissionen im zeitlichen Verlauf

Ausgangswert für C-Vorrat	19'671'429 t
C-Verlust im 1. Jahr	161'840 t
Rückgang in %	0.8227%

Jahre ab heute	C-Verlust nach BAFU	Entwicklung des C-Vorrats
0	161'840	19'509'589
1	160'509	19'349'080
2	159'188	19'189'892
3	...	...

Diese Rechnung haben wir mit den verschiedenen Emissionswerten aus der Literatur durchgeführt, die wir bereits in Abbildung 3 dargestellt haben. Die THG-Emissionen wurden aus den C-Verlusten errechnet, indem mit einem Faktor für das Molekulargewicht

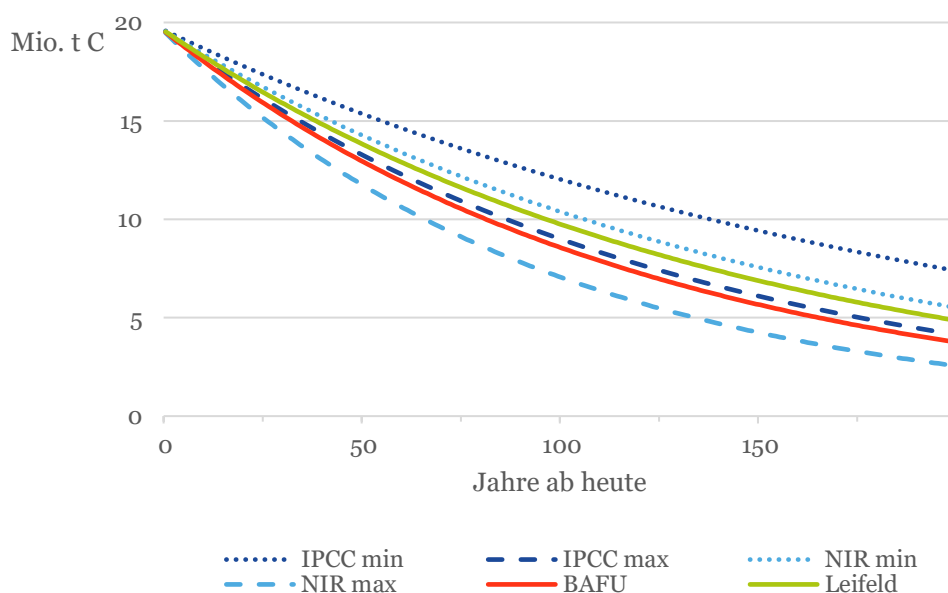
multipliziert wurde. Anschliessend wurden die Lachgasemissionen als prozentualer Anteil hinzuaddiert (in den Grössenverhältnissen wie in Abbildung 3 dargestellt).

Kommt es zu Übersättigungen mit mineralischem Material, ist anzunehmen, dass die C-Verluste auch dann hoch bleiben. Im laufenden Projekt «Klimarelevanz organischer Böden: Moorregeneration, Rewetting als Klimaschutzmassnahme II» des BAFU wurde ermittelt, dass die mineralische Übersättigung die Netto-Kohlenstoffverluste nicht entscheidend beeinflusst. Hingegen konnten die Lachgasemissionen in dem Projekt mit einer Übersättigung markant reduziert werden. Da die Lachgasemissionen von entwässerten organischen Böden sehr erratisch sind und die Forschungslage dünn ist, wäre es verfrüht, diese Aussage auf alle übersättigten Flächen zu verallgemeinern. Wir rechnen daher mit keinem Effekt der Übersättigungen auf die THG-Emissionen, der zu berücksichtigen wäre.

Fazit: Mit fortschreitender Torfmineralisation werden die C-Vorräte kleiner und die jährlichen Emissionen gehen zurück. Je nachdem, wie hoch die Anfangsemissionen angesetzt werden (vgl. Abbildung 3), dauert es kürzer oder länger bis die C-Vorräte aufgebraucht sind. Die Spanne reicht von 77 Jahren bis 160 Jahren.

Innerhalb der nächsten 200 Jahre ergeben sich bei diesem Szenario THG-Emissionen von 50 bis 70 Mt CO₂-eq. Legen wir die Emissionswerte aus dem Klimainventar (BAFU 2023b) zugrunde, wären es 62.3 Mt CO₂-eq.

Abbildung 4: Entwicklung der C-Vorräte im Nullszenario



Quelle: Eigene Berechnung aus C-Vorrat und C-Verlusten von Wüst-Galley et al. (2019), BAFU (2023b) und Leifeld et al. (2019)

Monetarisierung: Die externen Kosten, die durch die gerade beschriebenen Treibhausgasemissionen entstehen lassen, sich auch monetarisieren (Grundlagen und Vorgehen beschreiben wir in der folgenden Textbox). Bei der Monetarisierung von Treibhausgasemissionen wird zwischen dem Wohl heutiger und künftiger Generationen differenziert. Treibhausgase, insbesondere CO₂, verbleiben über lange Zeit in der Atmosphäre und ein erheblicher Teil der externen Kosten heutiger Emissionen tritt erst langfristig auf. Ein Teil der externen Kosten wird heutige Generationen gar nicht betreffen, künftige Generationen werden diese tragen müssen. Deshalb spielt es bei der Monetarisierung von Treibhausgasemissionen eine entscheidende Rolle, wie stark das Wohl künftiger Generationen gewichtet wird. Wie stark das Wohl künftiger Generationen gewichtet werden soll, ist jedoch eine ethische bzw. eine politische Frage, die wir nicht beurteilen wollen. Deswegen geben wir zwei Werte an. Bei einer Höhergewichtung heutiger Generationen (das heisst, dass das Wohl künftiger Generationen nicht berücksichtigt wird) ergeben sich im Nullszenario Kosten von 19.3 bis 25.0 Mrd. Franken. Bei einer Gleichgewichtung der Wohlfahrt künftiger Generationen ergeben sich externe Kosten von 49.1 bis 66.2 Mrd. Franken.

Methodik: Wie monetarisieren wir Treibhausgasemissionen?

Zur Monetarisierung der Treibhausgasemissionen stehen prinzipiell drei Ansätze zur Verfügung.

1. Der politisch definierte Preis der CO₂-Abgabe (120 Franken pro Tonne)⁷: Dieser Preis ist jedoch politisch definiert und ein stückweit willkürlich. Er umfasst nicht alle externen Kosten. Für die Beurteilung hier ist er also ungeeignet.
2. Kosten, die entstehen, wenn eine bestimmte Menge CO₂ durch Klimaprojekte (wie bspw. von MyClimate) kompensiert wird. Diese Kostensätze sind typischerweise niedrig. Die Wirksamkeit der Kompensation gilt jedoch als umstritten (Probst et al. 2023).
3. Die langfristigen und gesamthaften Kosten, die durch den CO₂-Ausstoss entstehen.

Wir konzentrieren uns auf den dritten Ansatz. Denn uns geht es darum, die externen Kosten der Treibhausgasemissionen gesamthaft zu erfassen.

Dazu stützen wir uns auf die Empfehlungen zur Monetarisierung von Umweltkosten des BAFU, die von Infras entwickelt wurden. Darin verweist Infras auf einen Ansatz, der vom deutschen Umweltbundesamts (UBA) empfohlen wird, und zwar im Bericht: «Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten» aus dem Dezember 2020. Der Ansatz geht davon aus, dass die Schäden, die durch THG-Emissionen entstehen, im Zeitablauf steigen werden. Beispielsweise da der Wert von Gebäuden und Infrastrukturen, die durch Extremwetterereignisse geschädigt werden, steigt. Demzufolge steigen auch die anzusetzenden Kostensätze im Zeitverlauf.

Davon ausgehend wurden vom UBA zwei Kostensätze ermittelt, die wir in einer aktualisierten Form verwenden und in der Tabelle 6 aufgeführt sind. Die beiden Kostensätze unterscheiden sich in der Diskontierung der Kohlenstoffkosten. Das UBA nimmt hier nach Konvention für die Zeitpräferenzrate entweder 1% an, was impliziert, dass heute

⁷ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/co2-abgabe/rueckverteilung.html>

eintretender Nutzen höher gewichtet wird als zukünftiger, oder 0%, was eine Gleichbehandlung zukünftiger Generationen bedeutet.

Je nach Gewichtung der Wohlfahrt künftiger Generationen ergeben sich Kostensätze von 284.55 Franken oder 860.61 Franken im Jahre 2050. Wenn die Kosten für zukünftige Generationen geringer gewichtet werden (bei einer Zeitpräferenzrate von 1%), bedeutet dies, dass Schäden, die in 30 Jahren entstehen, nur zu 74% berücksichtigt werden. Bei einer gleichgewichteten Bewertung werden die Kosten in der Zukunft zu 100% berücksichtigt.

Tabelle 6: Kostensätze für Kohlenstoffäquivalente

Gewichtung der Wohlfahrt künftiger Generationen	CHF/tCO _{2e} 2022 ⁸	CHF/tCO _{2e} 2050
Höhergewichtung der Wohlfahrt heutiger Generationen	235.8	284.55
Gleichgewichtung der Wohlfahrt heutiger und zukünftiger Generationen	804.9	860.61

Quelle: UBA 2023, Hinweis: Die Werte in CHF wurden mit dem mittleren Wechselkurs von 2022 berechnet (1.0051 EUR/CHF)

Der größte Teil dieser Differenz resultiert allein aus der Gewichtung des Wohlfahrtsverlusts für zukünftige Generationen im Vergleich zum Verlust der Wohlfahrt der jetzigen Generation. Wie stark die Wohlfahrt künftiger Generationen gewichtet wird, ist eine politische Entscheidung. Hierzu wollen wir keine Empfehlung abgeben. Deshalb geben wir beide Werte an.

Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

Mineralischen Böden: Die OBS-Gehalte in diesem Szenario werden in mineralischen Böden in Summe erhalten und aufgebaut. Wir rechnen nicht mit THG-Emissionen. Die Folgen des Klimawandels werden durch die günstigen OBS-Gehalte gedämpft, die Speicherleistung für Wasser wird erhöht.

Organische Böden: Um der Vorgabe zum Schutz der OBS nachzukommen, müssen die Böden wiedervernässt werden. In der Folge gehen die THG-Emissionen auf den organischen Böden innerhalb von einigen Jahrzehnten stark zurück. Sowohl die Emissionen von CO₂ als auch die von Lachgas können durch Vernässung mehr oder weniger sofort gestoppt werden (Leifeld et al. 2019). Anders ist das Bild bei den Methanemissionen, die in Folge einer Vernässung substanziell zunehmen werden. Eine Vorhersage für ehemals entwässerte und nährstoffreiche Standorte ist mit einer erheblichen Unsicherheit verbunden, da man über die genauen Einflussfaktoren noch

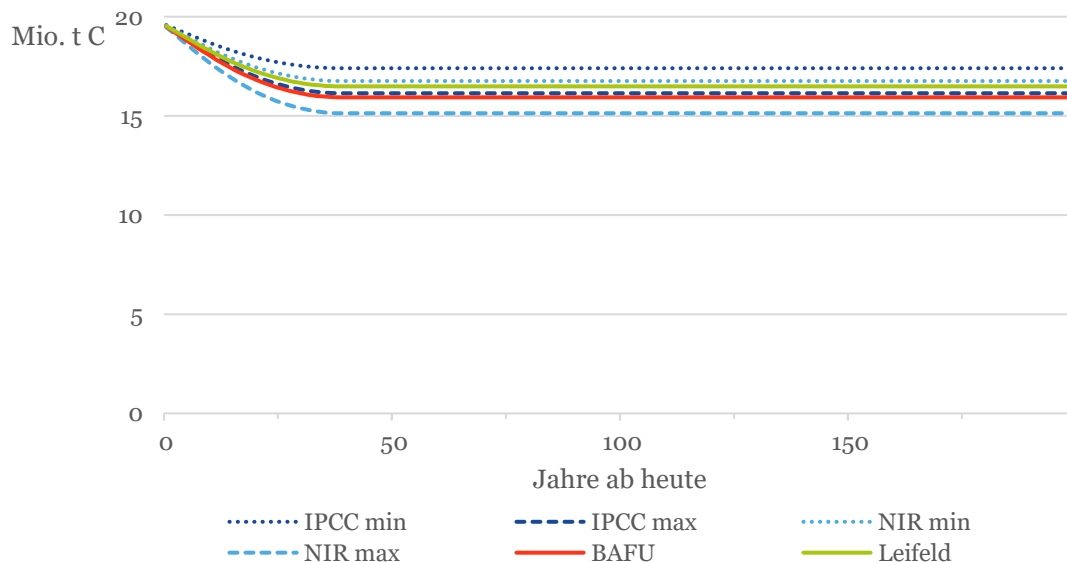
⁸ Mittlerer Wechselkurs im Jahr 2022 1.0051 EUR/CHF, <https://www.exchangerates.org.uk/EUR-CHF-spot-exchange-rates-history-2022.html>

zu wenig weiss⁹. Um hohe Methanemissionen zu vermeiden, sollten Überstauungen vermieden werden. GW-Flurabstände von 10 cm unter Flur gelten als ideal (Leifeld et al. 2019).

Wie sich die THG-Emissionen auf den Wiedervernässungsflächen mittel- bis langfristig entwickeln, kann nicht prognostiziert werden, da es bisher keine Evidenz darüber gibt. Für eine mittel- bis langfristige C-Speicherung spricht, dass sich wahrscheinlich torfbildende Vegetation einstellen wird, die Kohlenstoff im Boden akkumuliert, z.B. Seggenriede und Röhrichte. Für andauernde THG-Emissionen spricht, dass der Boden wahrscheinlich nicht flächendeckend und permanent mit den optimalen Grundwasserständen eingestaut werden kann (v.a. wegen Topografie und Wasserdargebot). Temporär und räumlich begrenzt wird es zu Überstauungen mit Methanfreisetzungen kommen, anderswo zu CO₂-Freisetzung infolge von Torfmineralisation. Günther et al. (2020) gehen davon aus, dass die Kohlenstoffbilanz nach 20 Jahren nach Wiedervernässung ausgeglichen sein wird. In unserer Berechnung der THG-Emissionen nehmen wir an, dass es 10 Jahre dauert, bis die Vernässungen vollzogen sind. Ab dann vergehen weitere 30 Jahre, bis die Emissionen auf null zurückgehen.

Wir schätzen die Summe der THG-Emissionen für den Betrachtungszeitraum von 200 Jahren auf 9.3 bis 18.7 Mt CO₂-eq. Gemäss den Emissionswerten aus dem Klimainventar (BAFU 2023b) wären es 14.6 Mt CO₂-eq. Diese Werte beinhalten nur die THG-Emissionen aus den betreffenden Schweizer Böden.

Abbildung 5: Verlauf der THG-Emissionen im Szenario «Maximaler OBS-Schutz»



Quelle: Eigene Berechnung aus C-Vorrat und C-Verlusten von Wüst-Galley et al. (2019), BAFU (2023b) und Leifeld et al. (2019)

⁹ Günther et al (2020) gehen von Methanemissionen auf wiedervernässten Torfen der gemässigten Klimazone von im Mittel 205,9 CH₄ kg ha⁻¹ a⁻¹ aus und verwenden diesen Wert für ihre Modellierungen. Das entspricht einem CO₂-Äquivalent von 7.0 t ha⁻¹ a⁻¹ (gerechnet mit einem 100-Jahres-GWP von 34). Leifeld et al. (2019) geben je nach vorangegangener Landnutzung zwischen 4.09 und 10.7 t CO₂-eq an.

Externe Kosten über 200 Jahre:

- 2.4 bis 4.9 Mrd. CHF bei Höhergewichtung der Wohlfahrt heutiger Generationen
- 7.8 bis 15.5 Mrd. CHF bei Gleichgewichtung der Wohlfahrt heutiger und zukünftiger Generationen.

Abseits der THG-Emissionen werden die Massnahmen auf den organischen und mineralischen Böden zur Folge haben, dass mehr Wasser in den Böden gespeichert wird. Dies dämpft die zu erwartenden Folgen des Klimawandels (höhere Speicherleistung von Niederschlagswasser, höhere Temperaturdämpfung, geringere Hitzebelastung durch höhere Verdunstung).

Hinzu kämen im Referenzszenario «maximaler Klimaschutz» die Emissionen, die dadurch entstehen, dass Lebensmittel anderswo angebaut und möglicherweise importiert werden müssen. Es ist davon auszugehen, dass die Nachfrage nach Lebensmitteln unverändert bleibt. Deshalb müssen die Lebensmittel, die zuvor auf organischen Böden angebaut wurden, anderswo in der Schweiz angebaut oder importiert werden. Dabei entstehen ebenfalls THG-Emissionen – einerseits durch den Anbau selbst und andererseits durch den Transport.

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten diese Kosten jedoch nicht berücksichtigt werden. In der folgenden Textbox bieten wir eine Beispielrechnung für Tomaten an. Für eine abschliessende Bewertung empfehlen wir a) zu ermitteln, welche Gemüsesorten genau auf organische Böden angebaut werden und b) Ökobilanzen zu bestimmen – insbesondere auch für Gemüseimporte.

Beispielrechnung mit importierten Tomaten

Da durch die Vernässung Landwirtschaftsflächen verloren gehen (17'000 ha Agrarland) und die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen aber gleichbleiben dürfte, müssen mehr Agrargüter importiert werden. Um die Wirkungen davon abschätzen zu können, müssen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie stark kann sich der Gemüseanbau in der Schweiz auf andere Flächen verlagern?
- Welche Agrargüter werden in der Folge aus dem Ausland bezogen?
- Wird es Änderungen in den politischen Rahmenbedingungen geben (Importzölle?)
- Welche Produkte werden die wegfallenden Produkte ersetzen? (Wird statt Lauch dann mehr Aubergine konsumiert?)
- Werden die importierten Produkte im Offenland, Folienhaus oder beheizt unter Glas produziert?
- Welche Umweltwirkungen sind mit dem Anbau verbunden, abseits von Energieverbrauch und THG-Emissionen? (z.B. Übernutzung von Wasserressourcen, Bodenerosion)
- Welche Transportmittel werden eingesetzt und wie weit sind die Transportwege?
- Werden die Ersatzimporte auf organischem oder mineralischem Boden produziert?

Kägi et al. (2021) haben eine Ökobilanz für einzelne Gemüsearten aus bestimmten Herkunftsländern erstellt und mit Schweizer Produkten verglichen. Bei der beispielhaften Betrachtung von Tomaten ergibt sich bei einer Produktion in der Schweiz im Vergleich zu einer Produktion in Spanien eine geringere Emission von ca. 210 g CO₂ eq pro kg Tomate. Die Emissionen, die aus der Landnutzung resultieren, sind dabei nicht eingerechnet. Wären hypothetisch alle 1'300 ha Gemüseflächen auf organischen Böden in der Schweiz mit Tomaten bepflanzt und rechnet man mit einem typischen Hektarertrag von 310 kg, müssten nach einer Nutzungsaufgabe 403'000 kg Tomaten importiert werden. Bei einem Import aus Spanien würden dadurch Mehremissionen von 84.6 t CO₂ eq entstehen. Durch den Schutz der organischen Böden auf der Anbaufläche in der Schweiz würden aber ein Vielfaches an Emissionen vermieden, nämlich 29'824 bis 62'706 t CO₂-eq¹⁰.

Würden die importierten Produkte aber ebenfalls auf organischen Böden angebaut werden, hätte der Schutz der organischen Böden in der Schweiz keinen Mehrwert. Das Problem würde lediglich in andere Länder verlagert. Dies wird auch als Leakage-Effekt beschrieben.

Allerdings erachten wir, dass das Risiko von Leakage-Effekten insgesamt gering ist. Denn in den europäischen Nachbarländern wird insgesamt nur wenig auf organischen Böden Landwirtschaft betrieben. In der EU liegt die Spanne des Anteils organischer Böden an der landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen 0.1% in Spanien und 15% Niederlanden (Prescher & Rehmer 2023).

Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

Auf mineralischen Böden werden die OBS-Gehalte in diesem Szenario in Summe erhalten und aufgebaut. Wir rechnen nicht mit THG-Emissionen. Die Folgen des Klimawandels werden durch die günstigen OBS-Gehalte gedämpft, die Speicherleistung für Wasser wird erhöht.

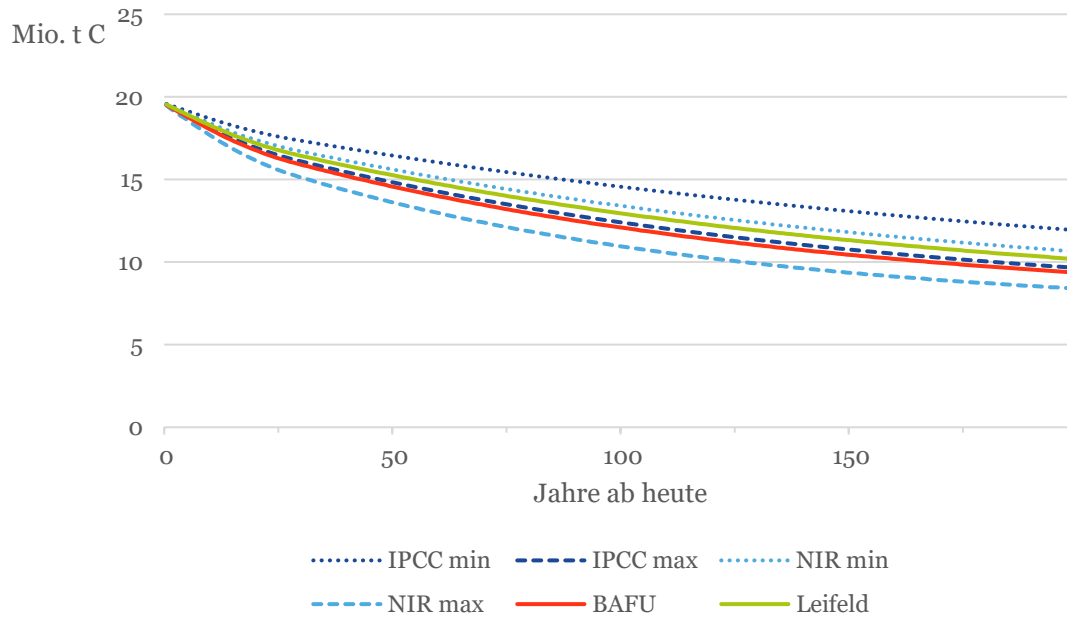
Was die organischen Böden betrifft werden die tieftorfigen Böden bis auf ca. 30 cm unter Flur vernässt und dieses Wasserniveau soll langfristig so eingestellt bleiben.

Für die Berechnung der THG-Emissionen nehmen wir vereinfacht an, dass die tieftorfigen Flächen einen zweifach höheren C-Vorrat pro Flächeneinheit haben als die Flächenkategorie der flachtorfigen Böden. Daraus folgt, dass die Hälfte des C-Vorrats aller landwirtschaftlich genutzter organischer Böden in den tieftorfigen Flächen, die andere Hälfte in den flachtorfigen Flächen liegt. Eine weitere Annahme für die Berechnung ist, dass die Vernässungsmassnahmen nach 10 Jahren realisiert sind und dass sich die THG-Emissionen innerhalb von weiteren 20 Jahren auf ein niedriges Niveau (20 % der heutigen durchschnittlichen Emissionen) einpendeln. Auf den an- und flachtorfigen Flächen werden die C-Verluste weiterhin hoch sein und aufgrund abnehmender Vorräte langsam abnehmen.

¹⁰ Die THG-Emissionen der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden belaufen sich auf jährlich 0.39 bis 0.82 Mt CO₂-eq (vgl. Nullszenario), dies entspricht Emissionen von 22.9 bis 48.2 t CO₂-eq pro ha.

Im Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz» rechnen wir mit THG-Emissionen im Betrachtungszeitraum von 200 Jahre von 31.8 bis 46.3 Mt CO₂-eq. Gemäss den Emissionswerten aus dem Klimainventar (BAFU 2023b) lägen diese bei 40.4 Mt CO₂-eq.

Abbildung 6: Verlauf der THG-Emissionen im Szenario «Differenzierter OBS-Schutz»



Quelle: Eigene Berechnung aus C-Vorrat und C-Verlusten von Wüst-Galley et al. (2019), BAFU (2023b) und Leifeld et al. (2019)

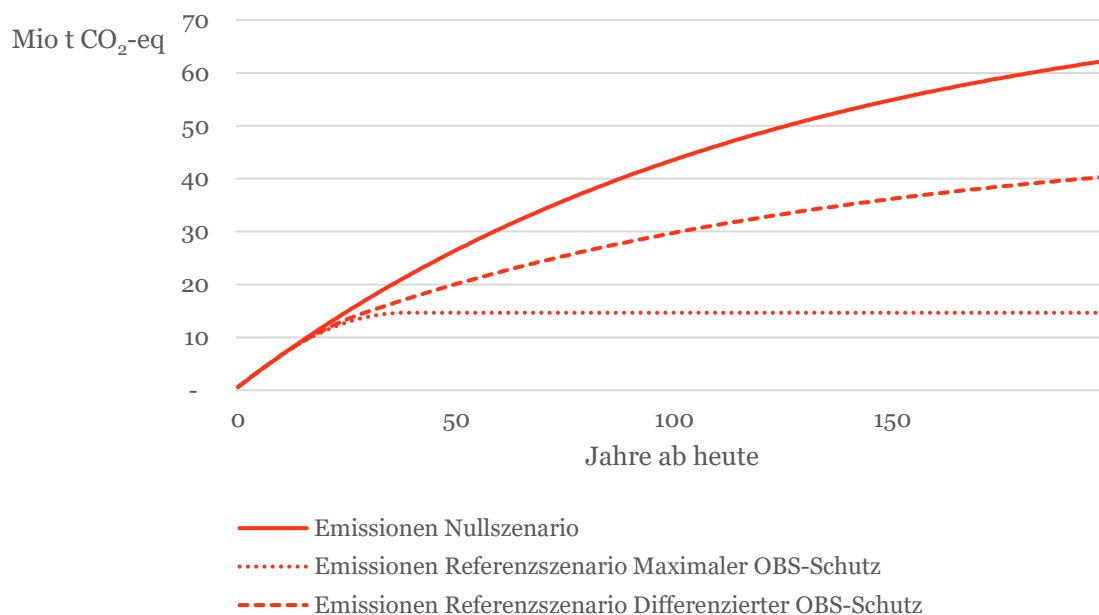
Externe Kosten der THG-Emissionen: Multipliziert mit den oben genannten Kostensätzen ergeben sich externe Kosten von:

- 11,7 bis 15.8 Mrd. CHF bei Höhergewichtung der Wohlfahrt heutiger Generationen
- 30.5 bis 42.9 Mrd. CHF bei Gleichgewichtung der Wohlfahrt heutiger und zukünftiger Generationen.

Vergleich der Szenarien

In der folgenden Abbildung vergleichen wir die kumulierten THG-Emissionen der drei Szenarien. Um die Unterschiede der Szenarien besser lesbar zu machen, haben wir uns auf die THG-Emissionsberechnung auf Basis von BAFU (2023b) beschränkt. Würden die anderen Quellen genutzt würde sich aber das gleiche Bild zeigen. Die berechneten Werte finden sich in Tabelle 12 (Anhang). Die Abbildung zeigt, dass die höchsten Emissionen mit dem Nullszenario verbunden sind.

Abbildung 7: Vergleich der kumulierten THG-Emissionen der Szenarien



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Emissionsraten von BAFU (2023b).

4.3.2 U2 Natürliche Vielfalt

Nullszenario

Mineralböden: Weiterer Verlust von Bodenleben in Masse und Diversität. Auswirkungen auf die Nahrungskette, Bodenbiodiversität, Bodenstruktur, Bodenfunktionen.

Organische Böden: Mit der Degradation der organischen Böden werden besondere Bodenlebensräume irreversibel verändert und gehen letztlich verloren. Die intensiv genutzten Flachmoore sind gegenüber ihrem natürlichen Zustand gleichförmig und sehr arten- und strukturarm. Sie bieten wenig Lebensraum für feuchtgebietstypische Tiere und Pflanzen (Arbeitsgemeinschaft Vision 3-Seen-Land 2023). Der Eintrag von Düngemitteln, Spitzmitteln, fremden Bodenmaterial, mechanische Bearbeitungen und die Präsenz von Maschinen und Menschen stellen Belastungen für den Naturhaushalt dar. Die Ausstattung mit Kleinstrukturen und ökologischen Ausgleichsflächen ist dort besonders arm, wo die Gemüseproduktion vorherrscht. Nur 3.5 % der LN müssen dort für ökologische Ausgleichsflächen bereitgestellt werden (ausserhalb der Spezialkulturen sind es 7%). Zudem verzichten viele Gemüsebetriebe auf Direktzahlungen ganz und müssen keine ökologischen Minimalstandards einhalten (von Rohr, mündl. und Ferré et al. 2019).

In Nässeperioden zeigt sich, dass temporär auf den Agrarflächen entstehende Wasserflächen schnell als Rastplatz und Nahrungshabitat z.B. von durchziehenden Watvögeln genutzt werden. Die Flachmoorniederungen sind von ihrer Ausstattung naturfern, haben aber dennoch räumlich und zeitlich begrenzt Eigenschaften und Funktionen eines Feuchtgebiets.

Überschüttungen mit gebietsfremden Böden sind sehr grosse Eingriffe in den Naturhaushalt. Die Baumassnahmen verursachen hohe Verluste bei Bodenlebewesen und Beeinträchtigen die im

Umfeld lebenden Tiere. Durch Planierungen werden flach überschwemmte Senken zerstört, die für Insekten, Amphibien, Vögel wichtige Strukturen und Lebensräume darstellen. Die Überschüttungen bergen das Risiko der Verschleppung von Organismen (Neozoen, Neophyten, Agrarschädlinge, Pathogene, etc.). Natürliche Moorböden sind sehr wertvolle Sonderstandorte und bieten vielen gefährdeten Organismen Lebensraum. Mit Überschüttungen werden die Potentiale des Bodens als Träger solcher Biotope unwiederbringlich zerstört.

Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

Förderung der OBS bedeutet Förderung des Bodenlebens. Das Bodenleben steht in Zusammenhang mit Nahrungsketten auch ausserhalb des Bodens (z.B. Larval Entwicklung vieler Insekten vollzieht sich im Boden, viele Wirbeltierarten nutzen den Oberboden zur Nahrungssuche). Daher kann davon ausgegangen werden, dass sich die OBS-Förderung auf Mineralböden grundsätzlich positiv auf die Biodiversität in der Landschaft auswirkt.

Organische Böden unter natürlichen Bedingungen bieten Voraussetzungen für spezialisierte Arten und Lebensgemeinschaften der Moore. Viele der organischen Böden sind aber in keinem naturnahen Zustand und die Lebensbedingungen in und auf einem wiedervernässten stark zersetzten Torf unterscheiden sich aufgrund der chemischen und physikalischen Bedingungen deutlich von einem naturnahen Moor (Leifeld et al. 2019). Es ist nicht davon auszugehen, dass kurz- bis mittelfristig naturnahe (Flach-)Moorflächen entstehen¹¹.

Versuche mit Nassreisanbau haben gezeigt, dass die Flächen grundsätzlich schnell von Pionierarten besiedelt werden, die v.a. aus Auenlebensräumen stammen und rasch auf wechselnde Lebensbedingungen reagieren können (Fabian mündl.). Auch Zugvögel reagieren grundsätzlich schnell auf neu entstehende Strukturen und nutzen sie auf dem Durchzug, als Winterquartier oder zur Brut (Hohl et al. 2022).

Nach Vernässung von degradierten Niedermoorböden entstehen oft Pflanzenbestände, die durch hochwüchsige Sumpfpflanzen wie Rohrkolben (*Typha spec.*) und Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) dominiert werden (Kreyling et al. 2021). Somit werden die wiedervernässten Flächen kurzfristig produktive Lebensräume für wenig spezialisierte Arten bieten (ebd.). Die Potentiale für eine Besiedelung mit feuchtgebietstypischen Tieren und Pflanzen sind hoch, da Aue-, Verlandungs- und Moorbiotope in diesen Gebieten vorhanden sind (Fabian, mündl.). Wir gehen davon aus, dass sich die wiedervernässten Flächen mit der Zeit ausdifferenzieren und die Biodiversität deutlich zunimmt.

Die gleiche Behandlung aller Flächen birgt das Risiko, dass einige Habitattypen (z.B. mit den Standorteigenschaften bodenoffen, kurzrasig, trocken oder warm oder die Kombination gegensätzlicher Eigenschaften) der Kulturlandschaft verschwinden und ihren Bewohnern die Lebensgrundlage entzogen werden. Die Diversität an ökologischen Nischen, Standorten und Lebensräumen wird eher gering sein.

Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

¹¹ Die Regeneration von Hochmooren vollzieht sich noch langsamer.

Feuchtgebietstypische Lebensräume entstehen bei diesem Szenario auf den Vernässungsflächen, in geringerem Flächenumfang und mit anderem Charakter als im anderen Referenzszenario. Die Flächen bleiben wahrscheinlich zu einem Teil unter intensiver Bewirtschaftung, zum anderen Teil könnten sie in extensives Grünland und alternative Nutzungsformen überführt oder gezielt als Diversitätsförderfläche entwickelt werden. Innerhalb der Vernässungszonen rechnen wir also mit einer höheren Nutzungsdiversität und einer Zunahme von Feuchtlebensräumen, deren Artenausstattung sich aus den vorhandenen Habitaten anreichern wird. Ausserhalb der Vernässungszonen dauern die Belastungen und Störungen an, die aus der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und aus Überschüttungen resultieren. Gleichzeitig ist durch das Nebeneinander von Agrarflächen und Vernässungsflächen eine hohe Diversität an Lebensräumen vorhanden.

4.3.3 U3 Natürliche Produktionsfaktoren

Nullszenario

Auf Mineralböden nimmt die OBS und mit ihr die Bodenqualität ab. In der Folge werden Bodenverluste durch Erosion und Schäden durch Verdichtung zunehmen, die irreversibel sind. Auch drohen höhere Ernteausfälle in Dürreperioden.

Die organischen Böden werden in einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 12.7 mm pro Jahr abgebaut (Wüst-Galley et al. 2019) und gehen als natürliche Produktionsressource für künftige Generationen verloren. Damit eine hohe Selbstversorgungsquote erreicht werden kann, ist es politisch erwünscht, dass diese Böden entwässert und bewirtschaftet werden. Dies schädigt und zerstört aber diese Böden und verhindert, dass sie in einer länger anhaltenden Notlage für die Ernährung einer späteren Generation eine Rolle spielen könnten.

Durch den Verlust des organischen Bodens werden die Eigenschaften des mineralischen Materials zum Tragen, das übrigbleibt bzw. darunter zum Vorschein kommt. Je nach mineralischem Substrat (Seekreide, Seebodenlehm, Sand, etc.) hat der Prozess verschiedene Konsequenzen für die Produktion (Guenat 2022):

- Abnahme von Bodenfruchtbarkeit und Verfügbarkeit von Nährstoffen.
- Physikalische Verschlechterung für Pflanzen (Wurzelraum wird vermindert) und Landwirtschaft (Bodenbearbeitung wird erschwert)
- Inhomogene Verhältnisse, die per se die Bewirtschaftung erschweren.
- Durch den Torfswund verlieren die Drainagen ihre Funktionsfähigkeit, da sie sich nicht mehr in der erforderlichen Tiefe liegen. Die Böden werden nur noch ungenügend entwässert.
- In Trockenperioden trocknet der mehr und mehr flachgründige Boden auf Geländerrücken schnell aus. Dort gibt es Dürreschäden.

Wie schnell wird sich die Transition in mineralische Folgeböden vollziehen? Ungefähr ein Drittel der landwirtschaftlichen Flachmoorböden sind noch als tieftorfig einzustufen, die organische Bodenschicht ist dort also mind. 90 cm tief (Burgos, mündl.). Die restlichen Flächen (ein Anteil von zwei Dritteln) sind nur an- oder flachtorfig, also mit einer organischen Bodenschicht von 10 bis 90 cm ausgestattet. In manchen Bereichen ist die Wandlung in Mineralböden schon abgeschlossen oder in vollem Gange. Nimmt man die oben genannte Geschwindigkeit des Torfswundes an, wird auch in den letzten flachtorfigen Flächen in 45 Jahren nur noch maximal 50 cm pflanzenverfügbare Gründigkeit vorhanden sein. Dieses Mass gilt bei der Eignung von Böden

als Fruchtfolgeflächen (FFF) als Minimum (ARE 2006) und wir nehmen an, dass es eine Schwelle darstellt, ab wann schwierige Untergrundvoraussetzungen zum Problem für die Bewirtschaftung werden.

In welchem Umfang diese Böden für die Landwirtschaft nach Ablauf dieser 45 Jahre noch nutzbar sein werden, ist nicht klar. Aufgrund von Expertenmeinungen gehen wir davon aus, dass die Hälfte der Flächen nur noch für weniger anspruchsvolle Kulturen nutzbar sein werden (Futterbau, Dauergrünland). Die andere Hälfte der Flächen zeigt günstigere Bedingungen. Werden Oberboden und die dort darunterliegenden Schichten durchmischt, können sie weiterhin gute Ackerböden sein (Chervet, mündl). Die Vorzüge der organischen Böden für den Anbau von anspruchsvollen Kulturen gehen aber auch dort verloren.

Auch die heute tieftorfigen Böden werden in diesem Szenario ihre organischen Bodenhorizonte weitgehend verlieren. Wir nehmen an, dass auf der Hälfte der Flächen Einschränkungen auftreten, wenn ihre organische Bodenaufgabe geringmächtiger als 50 cm ist.

Überschüttungen

Überschüttungen könnten auf anthropogen geprägten oder degradierten (d.h. in ihren ökologischen Funktionen beeinträchtigten) Böden in Zukunft eine gewisse Rolle spielen, um die Bewirtschaftbarkeit sicherzustellen.

Aber kann der Schwund von Torf durch Überschüttungen trockengelegter organischer Böden wirksam aufgehalten werden? Erste Forschungen haben ergeben, dass die Überschüttung keinen Effekt auf die C-Freisetzung hat (Paul, mündl.). Entscheidend für die Erhaltung des C-Vorrats ist der Grundwasserstand. Eine Überlegung, wonach die organischen Schichten unter einer Überschüttung vernässt und vor Mineralisation geschützt werden könnten (Guenat 2022), ist noch nicht durch praktische Beispiele belegt worden. Zweifel an der Methode sind angebracht da, die Überschüttung in einer Schichtstärke von mindestens 60 cm erfolgen müsste, damit die entwässerte und bearbeitete Bodenzone vollständig in der aufgeschütteten mineralischen Schicht liegt. Gerade die tieftorfigen Böden scheinen aber für solch grosse Auflasten nicht geeignet zu sein (Oechslin et al. 2022).

Moorschutz ist nicht nur Erhalt von Produktionsfläche und nicht nur Klimaschutz. Moore sind Landschaftstypen mit eigenem Charakter und Biotopausstattung. Das Überschütten verwandelt sie in eine «mineralische» Landschaft, die nicht mehr vom Moorboden geprägt ist. Schon die Änderung der Geländeoberfläche bleibt in diesen flachen Niederungen nicht folgenlos für das Landschaftsbild.

Welche Mengen von Aushubmaterial stehen in den betroffenen Regionen zur Verfügung? Derzeit fallen durch Bauvorhaben in der Schweiz jährlich 4 Millionen Kubikmeter sauberer Oberboden an (BAFU 2021) und der bestehende Deponieraum reicht für diese Volumina nicht aus. Die anfallende Menge könnte ausreichen, um eine Fläche von 400 ha einen Meter hoch aufzufüllen. Wenn die Bautätigkeit in der Schweiz konstant bleibt, sollte diese Menge über einige Jahrzehnte verteilt ungefähr ausreichen, einige Tausend Hektare «Problemböden» aufzufüllen – auch wenn ein guter Teil des Aushubmaterials wegen ungünstiger Eigenschaften ausscheiden sollte. Kritisch für die Rentabilität könnte sich im Einzelfall der Transport erweisen, generell liegen aber die landwirtschaftlich genutzten

Flachmoorebenen jeweils nicht weit von städtischen Zentren mit einer grundsätzlich hohen Bautätigkeit entfernt. Eine Ausnahme bildet allenfalls das St. Galler Rheintal, doch dort könnte wahrscheinlich mittelfristig Material aus dem Projekt Rheinaufweitung bezogen werden (Loher, mündl.).

Unseres Wissens erarbeitet das BAFU gerade eine Vollzugshilfe zum Thema, die uns allerdings noch nicht vorliegt.

Wir gehen davon aus, dass die Hälfte der 17'000 ha Landwirtschaftsfläche langfristig für hochprofitable Anbauverfahren verloren gehen. Davon zwei Drittel oder ca. 6'000 ha innerhalb den nächsten 45 Jahre, der Rest in max. 150 Jahren.

Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

Die mineralischen Böden können ihre Fruchtbarkeit erhalten oder sogar verbessern. Je mehr Kohlenstoff im Boden enthalten ist, desto mehr Wasser kann im Boden gespeichert werden.¹² Weiter verbessert sich die Bodenstruktur sowie die Nährstoffspeicherung/Pufferung. Der Boden wird umfassend in seiner Produktionsfunktion gestärkt.

Die Vernässungsflächen gehen für die Lebensmittelproduktion mit sofortiger Wirkung verloren. In kleinerem Massstab sind alternative Produktionsformen wie z.B. Reis, Käse aus Wasserbüffelhaltung oder Rindfleisch aus extensiver Weidehaltung möglich und realistisch. Ob und in welchem Umfang die Vernässungsflächen innerhalb einer Vegetationsperiode (wie im SP FFF gefordert) für die Lebensmittelproduktion im Krisenfall reaktiviert werden könnten, ist im Einzelfall zu klären.

Auf lange Sicht werden die organischen Böden durch die Vernässung als Nahrungsressource für künftige Generationen erhalten und damit die Möglichkeit in Notlagen, diese Flächen für die landwirtschaftliche Produktion zu reaktivieren. Allerdings wären vermutlich aufwändige Bau-massnahmen wie Drainagen notwendig, um diese wiedervernässten Böden irgendwann wieder trocken zu legen. Eine Wiedervernässung würde vermutlich mehrere Jahre dauern.

Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

In den Vernässungszonen werden 6'000 ha tieftorfiger Boden als Produktionsressource für künftige Generationen erhalten. Kurzfristig werden die Bedingungen schwieriger, das Nutzungsspektrum wird ohne technische Anpassungen deutlich eingeschränkt. Die Nutzung wird sich diversifizieren, dabei wird ein gewisser Anteil voraussichtlich zu Grünland umgewandelt werden.

Die an- und flachtorfigen Flächen werden in diesem Szenario ihre organischen Bodenhorizonte weitgehend verlieren. Wir nehmen an, dass auf der Hälfte der Flächen binnen 45 Jahre

¹² Dies bezieht sich sowohl auf nutzbare Feldkapazität, also pflanzenverfügbares Bodenwasser, als auch auf Totwasser (Johannes et al 2019)

Einschränkungen für den Landbau auftreten, wenn ihre organische Bodenaufgabe geringmächtiger als 50 cm sein wird (vgl. Nullszenario).

4.3.4 W1 Unternehmen

Was organische Böden betrifft, dürften die notwendigen Massnahmen zum Schutz der OBS erhebliche Auswirkungen für die landwirtschaftlichen Betriebe haben. Was mineralische Böden betrifft, gehen wir davon aus, dass diese ohne grosse Einschränkungen weitere landwirtschaftliche genutzt werden können. Deshalb fokussieren wir in diesem Abschnitt auf die Auswirkungen, die durch den Schutz organischer Boden entstehen.

Wie viele Unternehmen sind betroffen?

Die landwirtschaftlich genutzten organischen Böden umfassen rund 17'000 ha. Wie viele Unternehmen nutzen diese Flächen?

Setzt man die durchschnittliche Flächenausstattung eines Landwirtschaftsbetriebs von 21.55 ha an (BFS 2023b) entspricht dies der Produktionsfläche von ca. 790 Betrieben. Dies entspricht 1.6% aller landwirtschaftlichen Betriebe in der Schweiz (BFS, 2022a). Als alternativen Ansatz zur Ermittlung der Anzahl betroffener Betriebe haben wir eine Stichprobe von 26 Gemeinden ausgewählt, die einen hohen Anteil an organischen Böden in ihrer Gemeindefläche haben. Die Kulturfächen dieser Gemeindestichprobe kommt der Flächengrösse und -verteilung von Wüst in den organischen Böden sehr nahe. In diesen Gemeinden haben 1'054 Landwirtschaftsbetriebe ihren Sitz.

Diese Schätzungen bieten allerdings nur eine grobe Grössenordnung. Die tatsächliche Zahl mag höher oder niedriger liegen.

Eine wichtige Datengrundlage war dafür eine Flächenauswertung von Wüst-Galley (unveröffentlicht), die den Flächenumfang der Kulturarten auf den organischen Böden ermittelt hat.

Wie viel Wertschöpfung erzielen die betroffenen Unternehmen?

Leider differenziert die Wertschöpfungsstatistik nicht nach Bodentypen. Somit haben wir keine genauen Zahlen über die Wertschöpfung, die durch die Bewirtschaftung organischer Böden erzielt wird. Deshalb müssen wir mit einer Schätzung arbeiten. Dazu nutzen wir Daten zu Deckungsbeiträge (DB), die wir von Agridea (2023) erhalten haben. Für die Zukunft empfehlen wir, durch eine Befragung landwirtschaftlicher Betriebe, die Wertschöpfung auf organischen Böden genauer zu ermitteln.

Was sind Deckungsbeiträge?

Deckungsbeiträge in der Landwirtschaft sind ein wichtiges betriebswirtschaftliches Instrument zur Beurteilung der Profitabilität einzelner Produktionszweige. Der Deckungsbeitrag ist die Differenz zwischen den Erlösen, die durch den Verkauf landwirtschaftlicher Produkte erzielt werden, und den variablen Kosten, die für die Produktion dieser Produkte

anfallen. Variable Kosten umfassen Ausgaben, die direkt mit der Produktion verbunden sind, wie Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmittel, Futter, Wasser und teilweise Arbeitskosten (Deckungsbeitrag = Erlöse - Variable Kosten).

Deckungsbeiträge können je nach Verwendungszweck auf unterschiedliche Arten erhoben werden. Die von uns verwendeten Deckungsbeträge enthalten neben allen zuteilbaren Kosten auch die tier- oder flächenbezogenen Direktzahlungen, die im Rahmen des Ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) in diesen Produktionszweigen in der Regel zur Anwendung kommen.

Deckungsbeiträge dienen Landwirten als Entscheidungshilfe bei der Betriebsplanung. Sie können beispielsweise bei der Frage helfen, welche Kulturen angebaut oder welche Tierarten gehalten werden sollten, um die Wirtschaftlichkeit des Betriebs zu maximieren. Grenzen und Herausforderungen: Die Berechnung und Interpretation von Deckungsbeiträgen können komplex sein, besonders in Betrieben mit vielfältigen Produktionszweigen. Zudem können Marktpreisschwankungen, Wetterbedingungen und andere externe Faktoren den Deckungsbeitrag beeinflussen.

Da nicht für alle Kulturarten Deckungsbeiträge ermittelt werden, mussten zum Teil Zuordnungen zu vorhandenen Deckungsbeiträgen eines ähnlichen Anbauverfahrens oder Produktes gemacht werden. Im Bereich der Wiesen und Weiden sind die verwendeten Deckungsbeiträge mutmasslich zu hoch, da alle Nutzungstypen der Kategorie «Naturwiese intensiv Heuverkauf 100 dt TS» mit 1'892 CHF pro ha zugeordnet wurden. Für diese Berechnung spricht, dass wir die Wertschöpfung nicht unterschätzen wollen und dass andere Wiesen und Weiden einen sehr tiefen oder negativen Deckungsbeitrag aufweisen. Das ermöglicht innerhalb eines Betriebes eine sinnvolle Bilanzierung, ist aber bei der Ermittlung der Wertschöpfung über die Flächen nicht hilfreich.

Auch der zugrunde gelegte Deckungsbeitrag für Gemüse (12'500 CHF pro ha aus Ferré et al 2019) ist nicht genau. Die Deckungsbeiträge der verschiedenen Gemüsearten unterscheiden sich um ein Vielfaches voneinander und wir wissen nicht, welche Gemüsearten auf den organischen Böden tatsächlich angebaut werden. Auch wissen wir nicht, in welcher Abfolge diese Kulturen hintereinander angebaut werden und welche Jahreserträge sich so aufsummieren können. Teilweise wird von 3-4 Anbauzyklen berichtet. Diese Informationen empfehlen wir ebenfalls künftig durch eine Befragung von Landwirten zu ermitteln.

Die über die Deckungsbeiträge ermittelten Gewinne der Landwirtschaft auf organischen Böden inklusive ÖLN-Beiträge betragen aktuell 53.2 Mio. CHF pro Jahr (vgl. Tabelle 7).

Zur Plausibilisierung haben wir im Anhang A.3 die Produktionswerte geschätzt. Dabei handelt es sich um die Erlöse aus dem Verkauf der angebauten Produkte. Die ermittelten Produktionswerte liegen rund dreimal so hoch wie die Deckungsbeiträge. Dies ist also durchaus plausibel, wenn berücksichtigt wird, dass bei den Produktionswerten die variablen Kosten noch nicht eingerechnet sind.

Tabelle 7: Ermittlung der landwirtschaftlichen Wertschöpfung über Deckungsbeiträge (DB)

Kulturart	Fläche in ha	DB pro ha inkl. Beiträge	Verwendete DB-Kategorie	DB in CHF inkl. Beiträge
Übrige Dauerwiesen (ohne Weiden)	4'228	1'892	"Naturwiese intensiv Heuverkauf" 100 dt TS	7'999'642
Kunstwiesen (ohne Weiden)	2'352	1'149	"Kunstwiesenfutter Verkauf"	2'702'356
Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	1'738	1'892	"Naturwiese intensiv Heuverkauf" 100 dt TS	3'287'539
Silo- und Grünmais	1'244	1'910	«Silomais, stehend ab Feld»	2'375'672
Winterweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	1'218	3'062	«Winterweizen TOP»	3'730'351
Einjährige Freilandgemüse, ohne Konservengemüse	1'194	12'500	Wert aus Ferré et al. (2019)	14'921'769
Körnermais	823	2'095	«Körnermais»	1'724'868
Kartoffeln	503	8'142	"Speisekartoffeln Grosshandel"	4'092'597
Wintergerste	500	2'433	«Wintergerste»	1'216'415
Zuckerrüben	483	4'478	«Zuckerrüben»	2'161'387
Sömmerungsweiden	479	1'892	"Naturwiese intensiv Heuverkauf" 100 dt TS	905'715
Weiden (Heimweiden, übrige Weiden ohne Sömmerungsweiden)	456	1'892	"Naturwiese intensiv Heuverkauf" 100 dt TS	862'915
Winterraps zur Speiseölgewinnung	363	3'806	«Raps»	1'381'097
Futterweizen gemäss Sortenliste swiss granum	216	2'591	«Futterweizen»	560'142

Kulturart	Fläche in ha	DB pro ha inkl. Beiträge	Verwendete DB-Kategorie	DB in CHF inkl. Beiträge
Extensiv genutzte Weiden	195	1'892	"Naturwiese intensiv Heuver- kauf" 100 dt TS	369'176
Triticale	177	2'326	«Wintertriticale»	411'911
Wenig intensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	159	1'892	"Naturwiese intensiv Heuver- kauf" 100 dt TS	301'250
Freiland-Konservengemüse	83	12'500	Wert aus Ferré et al. (2019)	1'037'930
Sommerweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	80	2'594	«Sommerweizen TOP»	206'582
Eiweisserbsen zu Futterzwecken	72	1'998	«Eiweisserbsen, Sommer»	143'821
Dinkel	68	2'443	«Dinkel, Urdinkel»	165'251
Sonnenblumen zur Speiseölgewinnung	48	3'375	«Sonnenblumen»	162'833
Buntbrache	32	3'268	«Buntbrache»	105'006
Pflanzkartoffeln (Vertragsanbau)	32	8'920	"Veredelungskartoffeln Grosshandel"	286'473
Soja	29	2'265	«Soja»	66'344
Einjährige Beeren (z.B. Erdbeeren)	29	56'054	"Erdbeeren"	1'609'165
Gemüsekulturen in Gewächshäusern mit festem Fundament	28	12'500	Wert aus Ferré et al. (2019)	344'664
Hafer	26	1'807	«Sommerhafer»	46'744
SUMME	16'854	Durchschnitt = 3'155		53'179'615

Quellen: Der Flächenumfang der Kulturarten entstammt einer unveröffentlichten Auswertung von Wüst-Galley. Die aufgeführten Deckungsbeiträge wurden von Agridea (2023) berechnet. Für Gemüse liegt kein gemittelter Deckungsbeitrag vor, wir haben daher den Wert von Ferré et al (2019) übernommen.

Nullszenario

Mineralische Böden: Auf mineralischen Böden verschlechtert sich die Bodenqualität für die Landwirtschaft, was mit einem höheren Risiko für Ertragsausfälle und einem höheren Betriebsmitteleinsatz verbunden sein wird (z.B. mehr Bewässerung, Düngung). Insbesondere wird der Verlust von OBS höhere Verluste bei Nässe und Dürre zur Folge haben, die Klimafolgen werden also weniger gut abgefedert.

Organische Böden: Wir rechnen, dass ungefähr 50% der Anbaufläche massiv an Ertragspotential verliert und auf das Niveau einer Kunstwiese zurückfällt, da anspruchsvollere Kulturen dort nicht mehr gewinnbringend angebaut werden können. Möglicherweise ist dies eine zu optimistische Schätzung und ein grösserer Anteil der Folgeböden ist nach dem Verlust der organischen Bodenschichten nicht mehr kulturfähig. Denn auch hier werden Ernteaufschläge bei Nässe und Dürre zunehmen, wenn die Speicherleistung der OBS schwindet und bindige und lehmige Bodenarten zurückbleiben.

Überträgt man die in Abschnitt 4.3.3 ermittelten Zeiträume, die es braucht, bis der organische Oberboden soweit aufgebraucht ist, dass die angenommenen Ertragsrückgänge eintreten, auf die landwirtschaftliche Wertschöpfung, so können kumuliert über 200 Jahre 8.68 Mrd. CHF in der Landwirtschaft erwirtschaftet werden.

Tabelle 8: Berechnung der landwirtschaftlichen Betriebsgewinne im Nullszenario

Flächenkategorie	Zeitraum 1	Zeitraum 2	Ertrag kumuliert über 200 Jahre
Flachtorfige Flächen	45 Jahre Erträge wie bisher (DB1)	155 Jahre Erträge auf der halben Fläche auf dem Niveau von Kunstwiese reduziert (DB2)	
Fläche = 11'333 ha	45 x 3'155 CHF	50% x 155 x 1'149 CHF + 50% x 155 x 3'155 CHF	5'389'396'667 CHF
Tieftorfige Flächen	150 Jahre Erträge wie bisher (DB1)	50 Jahre Erträge auf der halben Fläche auf dem Niveau von Kunstwiese reduziert (DB2)	
Fläche = 5'667 ha	150 x 3'155 CHF	50% x 50 x 1'149 CHF + 50% x 50 x 3'155 CHF	3'291'483'333 CHF
Summe			8'680'880'000 CHF

Quelle: eigene Berechnung.

DB1 = mittlerer Deckungsbeitrag auf organischen Flächen (vgl. Tabelle 7) = 3'155 CHF pro ha

DB2 = Deckungsbeitrag Kunstwiese (vgl. Tabelle 7) = 1'149 CHF pro ha

Wie wir in Kapitel 4.3.5 ausführen werden, müssen für die Weiterbewirtschaftung mehrfach Drainagen erneuert werden. Die Kosten hierfür belaufen sich wie in Kapitel 4.3.5 beschrieben auf schätzungsweise 0.88 bis 1,98 Mrd CHF. Ein Drittel dieser Kosten ist von den Landwirtschaftsbetrieben aufzubringen, also 0.29 bis 0.66 Mrd CHF. Die zu erwartende Wertschöpfung der Landwirtschaft liegt somit **bei 8.02 bis 8.39 Mrd CHF**.

Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

Mineralische Böden: Auf mineralischen Böden werden die Unternehmen mehr Aufwand mit der Pflege der OBS treiben, der betriebswirtschaftlich durch höhere Beihilfen, geringen Betriebsmitteleinsatz und eine höhere Ertragssicherheit kompensiert wird.

Organische Böden: In diesem Referenzszenario würden alle landwirtschaftlich genutzten organischen Böden vernässt und könnten deshalb nicht mehr bewirtschaftet werden wie bisher. Die Landwirte müssten die Bewirtschaftung dieser Flächen aufgeben oder auf Paludikulturen wechseln.

Das wirtschaftliche Potential von Paludikulturen kann derzeit nur schwer eingeschätzt werden. Der Anbau von Schilf, Seggen, Rohrkolben etc. als Energiepflanzen oder als Rohstoff z.B. zur Herstellung von Dämmstoffen ist noch in einem frühen Entwicklungsstadium und ein Markt für die Produkte ist noch nicht vorhanden. Schilf als Dachdeckungsmaterial hingegen ist in einigen Regionen Europas (z.B. Norddeutschland) traditionell etabliert und der Bedarf wird vor allem aus Südost- und Osteuropa gedeckt.

Seit 2017 werden in der Schweiz Erfahrungen mit Nassreisanbau gesammelt. Als Nischenprodukt auf schlecht entwässerten Böden und auch speziell auf wasserstauenden Moorfolgeböden wird dieser Kultur Rentabilität und ein gewisses Anbaupotential (schweizweit über 1'000 ha) zugetraut (Fabian, mündl.). Die Voraussetzungen sind aber nicht überall gegeben und so wird Nassreis eine Nischenproduktion für Flächen sein, die sehr genau nivelliert werden können, die wasserstauende Böden haben, Anschluss an ein Wasserreservoir (Fluss, See) haben und die für die Ernte in ausreichendem Mass abgetrocknet werden können (Faktenblatt Nassreisanbau Agridea).

Auch der Anbau von Medizinalpflanzen könnte eine Nische bieten, die hohe Einnahmen und Beschäftigungsquoten ermöglicht (Ferré et al. 2019).

Andere Möglichkeiten bietet die Weidehaltung mit geeigneten Nutztieren, wie Geflügel, extensiven Rinder- oder Pferderassen. Besonders geeignet für Feuchtböden sind z.B. Wasserbüffel. Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Molkerei oder Käserei werden 400 bis 500 Tiere benötigt (Albisser, mündl.).

Auch wenn gewisse Produktionsformen auf den vernässten Flächen möglich und realistisch erscheinen, werden deren Erträge nicht mit denen von heute vergleichbar sein und sind nicht seriös quantifizierbar. Wir gehen vereinfacht von einem vollständigen Wegfall der landwirtschaftlichen Wertschöpfung aus, die aus der Produktion von Agrargütern resultiert. Gewisse Einkünfte werden aus der Pflege der Vernässungsflächen über ÖLN-Beiträge generiert werden können. In erster Näherung nahmen wir an, dass die heute fliessenden Beitragszahlungen (jährlich ca 15 Mio. CHF¹³ und über 200 Jahre = 3 Mrd. CHF) in gleicher Höhe bestehen bleiben. Über einen begrenzten Zeitraum werden ausserdem Kompensationszahlungen an die Landwirtschaft fliessen und die

¹³ Auf Basis einer Deckungsbeitragsrechnung mit und ohne Beiträge schätzen wir die ÖLN-Beiträge auf 15 Mio. CHF pro Jahr.

Ertragsausfälle ausgleichen. Wir rechnen über die Dauer von 20 Jahren die heutigen Erträge von 53.18 Mio. CHF = 1.06 Mrd. CHF.

Wir gehen von einem Gewinn für die Landwirte von 4.06 CHF aus. Im Vergleich zum Nullszenario (8.02 bis 8.39 Mrd. CHF) gehen sie um 3.96 bis 4.27 Mrd. CHF zurück.

Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

Mineralische Böden: Die Mineralischen Böden in diesem Szenario genauso behandelt wie im Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz».

Organische Böden: Die tieftorfigen Böden werden soweit vernässt, dass sich die Voraussetzungen für die Landwirtschaft grundlegend ändern. Nicht nur das Befahren und die Bearbeitung des Bodens ist bei Nässe schwieriger. Auch physiologisch ist ein nasser Boden für die Kulturpflanzen ungünstig und die Nährstoffversorgung kann sich als schwierig herausstellen (Albisser, mündl.). Wir nehmen an, dass sich die durchschnittlichen Flächenerträge in den Vernässungsflächen markant reduzieren und rechnen mit einem Deckungsbeitrag von Kunstwiesen. Ob und in welchem Umfang die Flächen nach einigen Jahrzehnten noch nutzbar bleiben ist ungewiss. Um dieser Unsicherheit Rechnung zu tragen und die Erträge dieses Szenarios nicht zu überschätzen, bewerten wir die Erträge ab dem Jahr 51 mit null.

Die an- und flachtorfigen Böden bleiben zunächst produktiv, werden aber innerhalb der nächsten 45 Jahre in ihrer Produktivität wie in Tabelle 8 berechnet verlieren.

Tabelle 9: Berechnung der landwirtschaftlichen Betriebsgewinne im Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

Flächenkategorie	Zeitabschnitt 1	Zeitabschnitt 2	Ertrag kumuliert über 200 Jahre
Flachtorfige Flächen	45 Jahre Erträge wie bisher (DB1)	155 Jahre Erträge auf der halben Fläche auf dem Niveau von Kunstwiese reduziert (DB2)	
Fläche = 11'333 ha	45 × 3'155 CHF	50% × 155 × 1'149 CHF + 50% × 155 × 3'155 CHF	5'389'396'667 CHF
Tieftorfige Flächen	200 Jahre Erträge auf dem Niveau von Kunstwiesen (DB2)		
Fläche = 5'667 ha	50 × 1'149 CHF		325'550'000 CHF
Summe			5'714'946'667 CHF

Quelle: eigene Berechnung.

DB1 = mittlerer Deckungsbeitrag auf organischen Flächen (vgl. Tabelle 7) = 3'155 CHF pro ha

DB2 = Deckungsbeitrag Kunstwiese (vgl. Tabelle 7) = 1'149 CHF pro ha

Welche ÖLN-Beiträge für die Vernässungsflächen wirksam werden könnten, ist ungewiss. Wir nehmen vereinfacht an, dass sie in bisheriger Höhe weiter fließen. In der Berechnung der betrieblichen Gewinne (siehe Tabelle 9: Berechnung der landwirtschaftlichen Betriebsgewinne im

Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz» Tabelle 9) sind die Beiträge bereits enthalten, da wir diese ja anhand der Deckungsbeiträge inkl. Beiträge berechnet haben. Für die Zeiten und Flächen, die nicht in dieser Tabelle aufgeführt sind (Vernässungsflächen Jahre 51 bis 200) gehen wir von 750 Mio. CHF aus (150 Jahre x 5 Mio. CHF).

Entstehen landwirtschaftlichen Betrieben aufgrund regulatorischer Anforderungen Ertragsausfälle, werden sie typischerweise kompensiert. Und zwar werden die Ertragsausfälle typischerweise für eine Dauer von 12 bis 20 Jahren kompensiert. Wir schlagen vor hier mit einer Kompensation über 20 Jahre zu rechnen:

Die Ertragsdifferenz vorher – nachher beträgt $3'155 \text{ CHF} - 1'149 \text{ CHF} = 2'006 \text{ CHF}$, die für 5'667 ha über eine Dauer von 20 Jahre ausbezahlt wird. Die Kompensationszahlung beträgt somit 227 Mio. CHF.

Im Vorgriff auf die Berechnungen im Kapitel 4.3.5 sind von den Landwirtschaftsbetrieben noch anteilig Kosten für Drainierungen zu tragen. Der Kostenanteil von einem Drittel beläuft sich auf 179 bis 440 Mio CHF.

In Summe belaufen sich die betrieblichen Gewinne im Szenario «Differenzierter OBS-Schutz» auf 6.25 bis 6.51 Mrd. CHF. Im Vergleich zum Nullszenario (8.02 bis 8.34 Mrd. CHF) gehen sie um 1.51 bis 2.09 Mrd. CHF zurück.

4.3.5 W4 Öffentliche Hand

Nullszenario

Negative Folgen für die öffentlichen Hand können für mineralische Böden nicht ausgeschlossen werden. Unterhaltskosten für Bäche und Gräben können infolge von höheren Abflüssen und stärkerer Bodenerosion steigen und Rückhalteräume müssen angelegt werden. Die vermehrte Nährstoffbelastung in Grund- und Oberflächengewässern könnte neue Klärstufen erforderlich machen, usw.

Um die Anbaurisiken für die Landwirte zu mindern und die Bedingungen für die Kulturen zu verbessern, werden viele landwirtschaftlich genutzte organische Böden mit mineralischem Aushubmaterial überschüttet werden. In welchem Umfang das geschehen wird, ist eine politische Entscheidung und nicht absehbar.

In mehreren Projekten laufen Planungen und Versuche, wie die Böden aufgewertet werden können. Das Ressourcenprojekt «Bodenverbesserung Seeland» erarbeitet zur Zeit Handlungsempfehlungen für solche Massnahmen. Die Kosten für dieses Projekt belaufen sich auf 4'215'400 CHF. Auf 215 ha werden Böden mit Aushubmaterial überdeckt, dazu wird teilweise der Oberboden zuvor abgetragen und zwischengelagert. Pro ha sind das Kosten von rund 20'000 CHF¹⁴.

Der Torfchwund bringt es mit sich, dass Drainagen alle 30 bis 50 Jahre erneuert werden müssen. Ferré et al. (2019) geben den Aufwand für neue Drainierungen für 12'000 € pro ha an, zuzüglich 5'000 € pro ha für ein komplettes System mit Pumpstation. Die Wartungsarbeiten werden mit 70

¹⁴ Projektkosten dividiert durch Projektfläche, validiert durch Fachpersonen.

€ pro ha und Jahr für die Hochdruckspülung beziffert. Da sich diese Zahlen auf die Schweiz im Jahr 2019 beziehen, rechnen wir diese Werte nach dem damaligen Wechselkurs in CHF um (13'200 CHF; 5'500 CHF; 77 CHF).

Bei sechsmaliger Erneuerung der Drainagen, viermaliger Erneuerung der erweiterten Infrastruktur und 200 Jahren Wartungskosten jeweils auf der ganzen Fläche der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden würden sich die Drainagekosten im Untersuchungszeitraum auf ca. 1.98 Mrd. CHF belaufen. Möglich ist aber auch, dass die Drainagen eine längere Lebensdauer haben, sobald die organischen Böden aufgezehrt sind. Nimmt man an, dass flachgründige Flächen im Untersuchungszeitraum nur noch zwei Drainierungen und eine Erneuerung der Pumpsysteme erhalten, die tieftorfigen Flächen noch vier Drainierungen und zwei Erneuerungen der Pumpsysteme, ergeben sich inklusive Wartung über 200 Jahre Kosten von ca. 880 Mio CHF.

Die Kosten für Drainierungen sehen wir in einer Spanne von 0.88 bis 1,98 Mrd CHF. Zwei Drittel davon müssten von Bund und Kantonen übernommen werden, also 0.59 bis 1.32 Mrd CHF

Möglicherweise müsste auf lange Sicht auch das Netz der Sammelgräben und Kanäle einem Ausbau unterworfen werden, da das Entwässerungsniveau mit dem Torfschwund weiter absinken wird. Wegen grosser Unwägbarkeiten haben wir dies nicht in die Kostenrechnung einbezogen.

Die öffentliche Hand unterstützt über die ÖLN-Beiträge die landwirtschaftlichen Betriebe. Wir schätzen, dass heute ungefähr 15 Mio. CHF jährlich auf den landwirtschaftlich genutzten Böden ausbezahlt werden und nehmen an, dass dieser Betrag über 200 Jahre konstant bleibt. Im Untersuchungszeitraum entstehen Kosten von 3 Mrd.

Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

Die vorgeschalteten Untersuchungen, Planungs- und Abstimmungsschritte für Wiedervernässungen sind umfassend und aufwändig. Hydrologische Gutachten, Planung und baubegleitende Massnahmen müssen beauftragt werden. Der konkrete Aufwand ist stark von den Gegebenheiten vor Ort abhängig. Reicht es im Einzelfall aus, vorhandene Entwässerungseinrichtungen zu schliessen? Muss temporär Wasser zugeführt werden? Wieviel und auf welche Distanz und Höhendifferenzen? In welchem Umfang bedarf es intelligenter Steuerungen und Pumpen? Wie stark sind die Auswirkungen auf benachbarte Flächen, die regulär weiterbewirtschaftet werden sollen? Müssen Flächen voneinander abgedichtet werden? Diese Fragen müssen geklärt und dazu die notwendigen Forschungsprojekte finanziert werden.

Bei aller Schwierigkeit den Aufwand abzuschätzen kann eine Angabe von Hupenöder et al. (2020) Orientierung geben, wonach die Kosten von Wiedervernässungsprojekte bei durchschnittlich 7'000 USD pro ha liegen. Bei einer Fläche von 17'000 ha wären das 119 Mio. USD oder etwa 107 Mio. CHF¹⁵.

Für die vorgesehene Ergänzungen in der landwirtschaftlichen Ausbildung, Weiterbildung und Beratung zum Thema Schutz und Aufbau der OBS müssen vom Bund und Kantonen zusätzliches Budget für Informationsmaterial, Beispielbetriebe und Beratungs- und Lehrpersonen bereitgestellt werden.

¹⁵ Umrechnung zum Jahresmittelkurs 2023 = 0.8988 USD/CHF

Der Charakter der Landschaft, mit der sich die Bevölkerung identifiziert, wird sich einschneidend ändern. Das erfordert eine intensive Öffentlichkeitsarbeit. Die Bauernschaft benötigt für die nötige Transformation intensive Beratung und Information über alternative Nutzungsmöglichkeiten. Ertragsausfälle müssen in vergleichbaren Fällen über die Dauer von 12 bis 20 Jahre kompensiert werden (Albisser, mündl.). Die Erträge liegen zur Zeit bei 53 Mio. CHF pro Jahr, das würde Kompensationszahlungen von 1.06 Mrd. CHF nötig machen. Nach Ablauf dieser ersten 20 Jahre hätten die Bewirtschafter keinen Anspruch mehr auf Kompensation. Dann würden im Rahmen von ÖLN-Beiträgen Gelder an die Landwirtschaft fließen, dafür dass sie die Flächen angepasst bewirtschaften oder regelmässige Pflegeleistungen erbringen.

Wie in Abschnitt 4.3.4 beschrieben, rechnen wir mit ÖLN-Beiträgen in Höhe von 3.0 Mrd. CHF.

Die Kosten für die öffentliche Hand belaufen sich in diesem Szenario auf 4.2 Mrd. CHF.

Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

Auch hier sind Überschüttungen und Drainierungen in grösserem Stil zu erwarten, um die Nutzung der flachgründigen Flächen fortsetzen zu können. Der Umfang beschränkt sich auf die flachtorfigen Flächen, also auf zwei Drittel der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden.

Die Drainagekosten für die flachgründigen Böden sind in einer Spanne von 536 Mio. CHF bis 1.32 Mrd. CHF zu veranschlagen (zwei bzw. sechs Erneuerungen der Drainagen bei zusätzlich ein bzw. vier Erneuerungen der Pumpsysteme, zuzüglich 200 Jahre Wartungskosten), wo von zwei Drittel von der öffentlichen Hand zu tragen wäre. Anteil der Drainierungskosten = 357 Mio. CHF bis 881 Mio. CHF.

Wie im Szenario «Maximaler OBS-Schutz» muss auf den Vernässungsflächen in erheblichem Umfang in die Planung und Baumassnahmen, in Öffentlichkeitsarbeit und die landwirtschaftliche Transformation investiert werden. Dies betrifft nur die tieftorfigen Flächen, also nur ca. ein Drittel der landwirtschaftlich genutzten organischen Böden. Wir rechnen mit Kosten in der Höhe von 36 Mio. CHF.

In welcher Höhe Ertragsausfälle oder Mindererträge der Landwirtschaftsbetriebe kompensiert werden müssen, ist so schlecht abzuschätzen wie es schwierig ist, den künftige Flächennutzung vorherzusehen. In den ersten Jahrzehnten haben wir in Kapitel 4.3.4 angenommen, dass die Erträge auf das Niveau von Kunstwiesen zurückgehen. Die Differenz zum heutigen Durchschnittsertrag beträgt 2'006 CHF pro ha. Die Höhe der Kompensationszahlungen würde also $2'006 \text{ CHF} \times 5'667 \text{ ha} \times 20 \text{ Jahre} = 227 \text{ Mio. CHF}$.

Wie in den anderen Szenarien auch setzen wir für die ÖLN-Beiträge im Untersuchungszeitraum 3.0 Mrd. CHF an.

4.3.6 Z1 Regionen

Nullszenario

Mit der Degradation von organischen Böden wird die sehr hohe Wertschöpfung der Gemüseproduktion in den entsprechend genutzten Flachmooren schleichend abnehmen (v.a. Seeland, Plaine

de l'Orbe). Investitionen in die Verbesserung der Produktionsmittel und -verfahren (Bodenverbesserungen, Be- und Entwässerung, Hors-Sol-Anbau) werden diesem Prozess entgegenwirken und ihn verlangsamen.

Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»

Die Regionen der grossen landwirtschaftlich genutzten Flachmoore sind besonders von den Massnahmen betroffen: Seeland, St. Galler Rheintal, Plaine de l'Orbe, Linth-Ebene, Gürbetal und Wauwiler Ebene. Zum Teil sind dort nicht nur Landwirtschaftsbetriebe, sondern auch Verarbeiter (besonders von Gemüse) betroffen.

Die lukrative Gemüseerzeugung wird sich zu einem gewissen Grad verlagern. Die industrielle Weiterverarbeitung und Konservenherstellung ist in der Hand von 4-5 Betrieben, die überregional organisiert sind. Wenn sich der Gemüseanbau innerhalb der Schweiz verlagert, wird sich das auf das Betriebsergebnis nicht in nennenswertem Umfang auswirken, da sie ihr «Rohmaterial» ohnehin über weitere Strecken transportieren (Albisser, mündl.).

Im engeren räumlichen Umfeld des Gemüsebaus gibt es kleinere Betriebe, die waschen, rüsten und verpacken. Kommt es zu einer räumlichen Verlagerung des Gemüseanbaus, können diese deinvestiert werden und an anderer Stelle neu entstehen.

Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»

Die Gemüseerzeugung als Wirtschaftsfaktor v.a. in den Regionen Seeland und Plaine de l'Orbe wird sich verringern und verlagern. Investitionen in Produktionsmittel (technische Anpassungen an hohe Wasserstände) können diesen Prozess nur partiell aufhalten bzw. verlangsamen. Die Regionen werden an Wirtschaftskraft verlieren.

5. Synthese / Folgerungen

5.1 Bilanz der Wirkungen

In der folgenden Tabelle fassen wir die Auswirkungen in den einzelnen Wirkungsbereichen zusammen und vergleichen sie über die drei Szenarien. Dort, wo wir die Auswirkungen monetarisieren konnten, nennen wir die ermittelten Kosten und Nutzen in Franken. Allerdings konnten wir nicht alle Auswirkungen monetarisieren. Deswegen fassen wir die Auswirkungen pro Wirkungsbereich qualitativ zusammen («+++» für sehr positiv und «- -» für sehr negativ).

Dabei ergibt sich ein recht klares Bild. In allen drei Szenarien übersteigen die externen Kosten, die durch die THG-Emissionen aus organischen Böden entstehen, die Erträge der landwirtschaftlichen Betriebe deutlich. Dies zeigt auch die Tabelle 10. Selbst wenn die Erträge in der Landwirtschaft dreimal so hoch liegen würden, wie von uns berechnet, wären – bei einer angenommenen Höhergewichtung des Wohls heutiger Generation – die externen Kosten immer noch höher. Wird

das Wohl künftiger Generationen gleichgewichtet, wird das Ergebnis noch deutlicher. Werden die negativen Auswirkungen auf die natürliche Vielfalt und die natürlichen Produktionsfaktoren, die wir nicht monetarisieren konnten, hinzugerechnet, wird das Ergebnis noch klarer.

Allerdings steht dieses Fazit unter dem Vorbehalt, dass die Umweltauswirkungen, die dadurch entstehen, dass mehr Gemüse importiert werden muss, nicht vertieft analysiert werden konnten. Wir empfehlen dies in weiteren Analysen nachzuholen.

Im Vergleich zeigt sich, dass das Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz» in Summe die niedrigsten Kosten aufweist (4 Mrd. CHF) und das Nullszenario die höchsten (20 Mrd. CHF). Das Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz» liegt dazwischen (13 Mrd. CHF). Würden die Verluste natürlicher Produktionsfaktoren und Kosten im Bereich der natürlichen Vielfalt, welche wir nicht monetarisieren konnten, noch hinzugezählt, würden die Unterschiede zwischen den Szenarien noch verstärkt.

Wir müssen darauf hinweisen, dass die monetarisierten Auswirkungen in Tabelle 10 sich ausschliesslich auf die organischen Böden beziehen. Für die mineralischen Böden konnten wir die Auswirkungen aufgrund fehlender Daten nicht quantifizieren.

Auch in der nachfolgenden Abbildung 8 fokussieren wir auf die organischen Böden. Die Abbildung fasst die monetarisierbaren Gewinne der Betriebe und Kosten der Gesellschaft erneut zusammen.

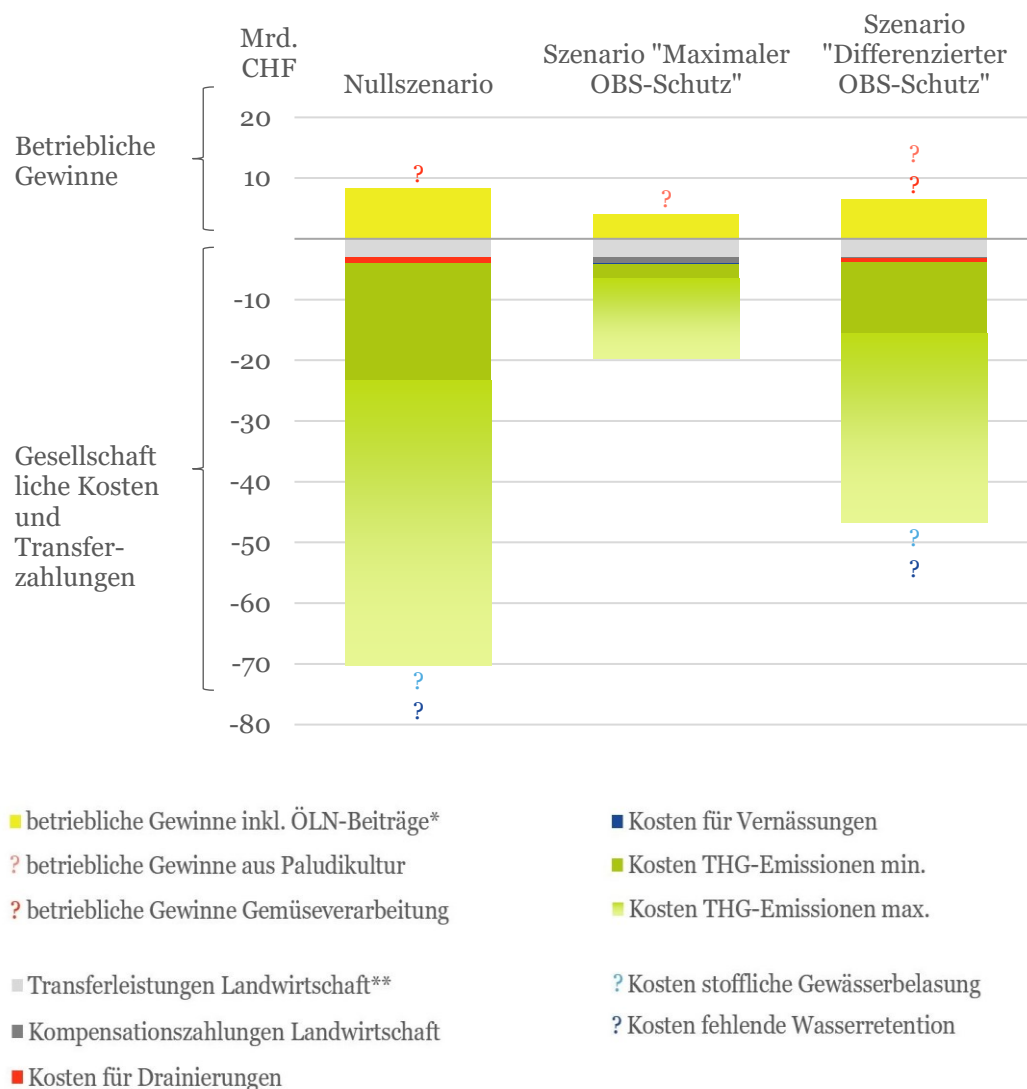
Tabelle 10: Gegenüberstellung der Wirkungen der Szenarien

	Nullszenario	Szenario «Maximaler OBS-Schutz»	Szenario «Differenzierter OBS-Schutz»
U1 Klima	Die C-Vorräte werden abgebaut, hohe THG-Emissionen, besonders in den organischen Böden. Wasseraufnahme und -speicherung nimmt ab. - - - Kosten für organische Böden: 24 bzw. 62 Mrd. CHF*	Die THG-Emissionen sinken innerhalb weniger Jahrzehnte auf null. Allerdings müsste vermehrt Gemüse importiert werden, was ebenfalls zu Umweltkosten führt, die wir allerdings noch nicht vertieft untersuchen konnten. Retention, Temperaturdämpfung verbessern sich. + + + 4 bzw. 13 Mrd. CHF*	Mittlere THG-Emissionen, grosse C-Speicher bleiben erhalten. Retention und Temperaturdämpfung verbessern sich. Allerdings müsste vermehrt Gemüse importiert werden, was ebenfalls zu Umweltkosten führt, die wir allerdings noch nicht vertieft untersuchen konnten. + 15 bzw. 40 Mrd. CHF*
U2 natürliche Vielfalt	Verarmung des Bodenlebens. Arten- und Biotopausstattung auf organischen Böden mangelhaft. Häufige und starke Belastungen. - - -	Bodenleben wird gefördert. Organische Böden: Entwicklung von feuchtgebietstypischen Lebensräumen, Belastungen entfallen. + +	Bodenleben wird gefördert. Organische Böden: Entwicklung von feuchtgebietstypischen Lebensräumen, hohe Diversität + + +
U3 Natürliche Produktionsfaktoren	Abnahme der Bodenfruchtbarkeit. Hohe Bodenverluste (v.a. organische Böden). Dort treten z.T. minderwertige Folgeböden in Erscheinung. - - -	Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Verlust von Anbaufläche auf organischen Böden. Langfristiger Erhalt des Bodens für künftige Generationen. +	Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Auf organischen Böden partieller Verlust von Anbaufläche und partielle Bodenverluste durch Torfschwund. +
W1 Unternehmen	Gute Betriebsgewinne, zunehmende Ertragsrisiken und Einnahmenausfälle. Kosten für Betriebsmittel und Meliorationen steigen. + + Erträge LW auf organischen Böden: 8.0 bis 8.3 Mrd. CHF	Höhere Aufwände für Bodenpflege, dafür stabilere Erträge. Auf organischen Böden Wegfall der landwirtschaftlichen Produktion. - - 4.06 CHF	Höhere Aufwände für Bodenpflege, dafür stabilere Erträge. Anpassung der Bewirtschaftung auf Vernässungsflächen. Andere organische Böden: Anbaurisiken nehmen zu. - 6.3 bis 6.5 Mrd. CHF

* THG-Emissionen nach Emissionsraten des Klimainventars (BAFU 2023b) berechnet (vgl. Kapitel 4.3.1), monetarisiert bei Höhergewichtung der Wohlfahrt heutiger Generationen (tiefer Wert) und bei Gleichgewichtung heutiger und künftiger Generationen (hoher Wert).

	Nullszenario	Szenario «Maximaler OBS-Schutz»	Szenario «Differenzierter OBS-Schutz»
W4 Öffentliche Hand	Hohe laufende Kosten für Drainagen, Gewässer- serausbau und ggf. Bodenverbesserungs- massnahmen. - Kosten für organische Böden: 3.6 – 4.3 Mrd. CHF	Hohe Investitionskosten für Planung und Bau von Wiedervernässungen. Kompensation von Ertragseinbussen, Unterstützung von land- wirtschaftlicher Transformation. - 4.2 Mrd.	Kosten für Meliorationen und Vernässungen inklusive landwirtschaftliche Transformation, jeweils in geringerem Umfang. - 3.6 bis 4.1 Mrd. CHF

Abbildung 8: Bilanz der künftigen betrieblichen Gewinne und gesellschaftlichen Kosten auf organischen Böden im Untersuchungszeitraum



Quelle: Darstellung nach Bonn et al. (2015) modifiziert und angepasst um eigene Berechnungsergebnisse.

*Darstellung der in Kapitel 4.3.4 ermittelten Gewinne und Beiträge. Für das Szenario «Maximaler OBS-Schutz» rechnen wir mit einer Kompensation von Ernteausfällen über 20 Jahre und weiteren 180 Jahre, in denen Beiträge für angepasste Bewirtschaftung und Pflege fließen. Auch für das Szenario «Differenzierter OBS-Schutz» haben die berechneten Werte aus Kapitel 4.3.4 übernommen und einen Wert für die Bewirtschaftung und Pflege der Vernässungsflächen addiert.

**Die Transferleistungen wurden nicht gesondert berechnet. Wir haben die Höhe der heutigen Beiträge geschätzt und angenommen, dass sie in den Szenarien eine etwa gleichbleibende Grösse sind.

5.2 Effektivität, Effizienz und Verteilwirkungen

5.2.1 Effektivität

Unsere Untersuchung zeigen, dass mit einer entsprechenden rechtlichen Vorgabe, der Verlust der OBS effektiv gestoppt werden könnte. Dies lässt sich am Beispiel der Treibhausgasemissionen verdeutlichen, welche wir anders als einige der anderen Umweltauswirkungen quantitativ abschätzen konnten. Erwarten wir im Nullszenario Treibhausgasemissionen von 50 bis 70 Mt CO₂-eq, so schätzen wir, dass sich die Emissionen auf 9.3 bis 18.7 Mt CO₂-eq begrenzen liessen, wenn entsprechende Vorgaben zum Schutz der OBS gemacht würden.

5.2.2 Effizienz

Zwar führt der Schutz der OBS auch zu Kosten – nämlich Umsatzverlusten bei den betroffenen landwirtschaftlichen Betrieben. Die externen Kosten, die durch Treibhausgasemissionen entstehen sind aber deutlich höher. Und dabei sind die Kosten durch Verluste der natürlichen Vielfalt und einer Schädigung natürliche Produktionsfaktoren noch nicht mit einberechnet. Deshalb bewerten wir die vorgeschlagene VBBo-Anpassung als effizient.

Was den Vollzug betrifft, besteht der Vorteil, dass auf bestehende Strukturen aufgebaut werden kann. Um sicherzustellen, dass die betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe der Verpflichtung zum Schutz der OBS auch nachkommen, kann die Direktzahlungsverordnung genutzt werden – allerdings nur für die Umsetzung auf mineralischen Böden. Was die organischen Böden betrifft, kann bei den notwendigen baulichen Massnahmen angesetzt werden. Für die Bewirtschaftung organischer Böden müssen regelmässig die Drainagen tiefergelegt werden. Die entstehenden Kosten werden zu rund zwei Dritteln vom Bund und den Kantonen getragen. Wenn diese Kosten nicht mehr übernommen werden, werden viele Betriebe diese nicht mehr tragen können. Werden die trockengelegten Torfböden aufgrund einer Vorgabe zum Schutz der OBS durch bauliche Massnahmen wiedervernässt, so lassen sich diese Massnahmen auch kaum umgehen. So bewerten wir den Vollzug insgesamt als effizient.

5.2.3 Verteilwirkung

Um die hohen Treibhausgasemissionen zu stoppen, müssten die entwässerten organischen Böden aber wieder vernässt werden, womit diese Flächen nicht mehr weiter bewirtschaftet werden können wie heute. Den betroffenen landwirtschaftlichen Betrieben entstünden hohe Verluste. Diese Verluste können aber kompensiert werden.

Dabei sollte aber auch Verteilwirkungen zwischen den Generationen berücksichtigt werden. Durch die aktuelle Art und Weise wie mineralische und organische Böden bewirtschaftet werden, entstehen erhebliche Kosten, die zu einem grossen Teil erst langfristig auftreten werden und von künftigen Generationen getragen werden müssen.

5.3 Würdigung der Ergebnisse

Die Bedeutung der Probleme, zu denen der Verlust der OBS führt, wird aus zwei Gründen künftig weiter zunehmen.

1. Je mehr Massnahmen zur Erreichung der Klimaziele getroffen werden und je aufwändiger und teurer diese Massnahmen werden, desto stärker wird der Bedarf steigen, die erheblichen Treibhausgasemissionen aus organischen Böden zu stoppen.
2. Je mehr landwirtschaftliche Betriebe von einem Rückgang der OBS betroffen sind, desto grösser wird der Bedarf diese besser zu schützen. Viele Betriebe, die organische Böden nutzen, dass diese Böden in absehbarer Zukunft (das heisst einer Generation) verschwinden werden. Darauf müssen sie sich vorbereiten.

Es ist klar, dass die bestehende intensive Nutzung der Böde nicht nachhaltig ist. Noch besteht die Möglichkeit einzulenken und die OBS zu schützen. Bereits in absehbarer Zukunft, wenn die organischen Böden verloren sind, ist es zu spät.

Unsere Analysen deuten darauf hin, dass eine Vorgabe zum Schutz der OBS effektiv und effizient ist. Zudem hält sie einer Bewertung entlang der fünf Prüfpunkte gemäss der RFA-Richtlinie stand, wie wir in der folgenden Tabelle erläutern.

Tabelle 11: Erläuterung der RFA-Prüfpunkte

RFA-Prüfpunkte	Erläuterungen
1. Bedarf staatlichen Handelns	Marktversagen in Form externer Effekte, die bei der landwirtschaftlichen Nutzung der Böden entstehen, rechtfertigen grundsätzlich eine staatliche Intervention (siehe Abschnitt 1.2).
2. Alternative Massnahmen	Wir haben zahlreiche Alternativen erfasst und analysiert. Allerdings drängt sich keine Alternative auf, die effektiver oder effizienter wäre als die Vorgabe zum Schutz der OBS(siehe Abschnitt 2.3).
3. Auswirkungen auf gesellschaftliche Gruppen	An Abschnitt 4.3.4 beschreiben wir erhebliche Auswirkungen auf die betroffenen landwirtschaftlichen Betriebe. Diesen entstehen teils enorme Kosten, welche sich jedoch kompensieren liessen.
4. Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen	Hier sehen wir insbesondere Umweltauswirkungen. Mit der vorgeschlagenen Vorgabe zum Schutz der OBS könnten negative Umweltauswirkungen verhindert und die daraus resultierenden externen Kosten für die Wirtschaft und Gesellschaft minimiert werden (siehe Abschnitt 4.3).
5. Zweckmässigkeit im Vollzug	Es besteht der Vorteil, dass auf bestehende Strukturen aufgebaut werden kann. So bewerten wir den Vollzug insgesamt als effizient (siehe Abschnitt 5.2.2)

5.4 Optimierungsbedarf und Empfehlungen

Grundsätzlich empfehlen wir, die untersuchte Vorgabe zum Schutz der OBS weiter zu verfolgen. Dazu empfehlen wir jedoch, weitere Analysen durchzuführen, um die verbleibenden Unsicherheiten zu reduzieren, die wir im folgenden Abschnitt beschreiben. Zu den wichtigsten Unsicherheiten zählen erstens die Umweltkosten, die entstehen, wenn vermehrt Gemüse importiert werden müsste und zweitens, die tatsächlichen Kosten, die den Landwirten entstehen würden.

Wir empfehlen zu berücksichtigen, dass die Kosten einer Vorgabe zum Schutz der OBS einseitig von den landwirtschaftlichen Betrieben zu tragen wären. Deshalb empfehlen wir, die entstehenden Ertragsverluste der Betriebe für die nächsten 20 Jahre zu kompensieren, um den Betrieben Zeit zu geben, sich auf die Änderungen einzustellen.

Zudem empfehlen wir Informations- und Schulungsangeboten für die betroffenen Landwirte und die Vollzugsstellen in den Gemeinden und Kantonen zu begleiten.

Als weitere Optimierung empfehlen wir, die Massnahmen zum Schutz der OBS auf die Bedingungen vor Ort abzustimmen und dabei beispielsweise die verbleibende Mächtigkeit von Torfschichten zu berücksichtigen und eine Güterabwägung zwischen dem Umweltnutzen und den Nachteilen für die Betriebe vorzunehmen. Für eine Umsetzung dieser Strategie müssten aber noch notwendige bodenkundliche und insbesondere hydrologische Grundlagen geschaffen werden.

Weiter empfehlen wir, die Kosten und Nutzen möglicher Überschüttungen systematisch zu untersuchen. Nach heutigem Kenntnisstand ist nicht bekannt, wie effektiv diese Massnahme sowohl für Torferhaltung als auch für die Erhaltung der landwirtschaftlichen Produktion sind. Sobald eine gute Informationsbasis geschaffen ist, sollten einheitliche Regeln und Empfehlungen zu Überschüttungen entwickelt werden.

5.5 Grenzen der vorliegenden VOBu, Vertiefungsbedarf

Die vorliegende VOBu untersteht einigen Unsicherheiten, die wir im Rahmen des Auftrags nicht lösen konnten. Bezüglich der Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Betriebe sehen wir die folgenden Unsicherheiten:

- Die landwirtschaftliche Wertschöpfung über Deckungsbeiträge zu ermitteln, ist eine gute und gängige Methode, ihr sind aber Grenzen gesetzt. Nicht für alle Kulturarten werden flächenbezogene Deckungsbeiträge ermittelt, insbesondere für Futterflächen und Weiden fehlen diese. Auch konnten wir auf keine gemittelten Deckungsbeiträge für Gemüseanbauflächen zurückgreifen. Die unterschiedlichen Gemüsearten unterscheiden sich hinsichtlich Erlös und Produktionskosten stark, es gibt unterschiedliche Anbauverfahren, hintereinander erfolgen mehrere Kulturen innerhalb eines Jahres, etc.
- Wie können die Betriebe vor Ort die vernässten Flächen in ihre Produktion integrieren? Können die Betriebe mit den verbleibenden Flächen über die Runden? Können an anderer Stelle Flächen dazugewonnen werden? Welche Erträge könnten aus wiedervernässten Flächen erzielt werden, wenn sie mit Paludikulturen genutzt werden? Die Märkte für potenzielle Produkte sind noch nicht vorhanden, Produktionsverfahren noch nicht etabliert.

Bezüglich der Auswirkungen aufs Klima bestehen die folgenden Unsicherheiten:

- Durch die Vernässung würden Landwirtschaftsflächen verloren gehen. Ob und in welchem Umfang die Einbussen innerhalb der Schweiz aufgefangen werden können, ist unklar. Mehr Agrargüter müssten importiert werden, für deren Produktion und Transport THG emittiert werden. Im Rahmen der VOBu war es uns aber nicht möglich, die THG-Bilanz von allfälligen Agrarimporten zu analysieren.

- In diesem Kontext ist zudem unklar, wie sich die rechtlichen Rahmenbedingungen in den Ländern entwickeln, in denen im Referenzszenario organische Böden weiterhin bewirtschaftet werden würden und von denen vermehrt Gemüse importiert werden würde.
- Wir wissen nicht mit abschliessender Sicherheit, wie gross die Fläche der organischen Böden und ihr C-Vorrat ist.
- Die Dynamik der THG-Freisetzung ist noch nicht abschliessend erforscht. Welche Faktoren haben Einfluss auf CO₂-, Lachgas- und Methanemissionen? Wie werden sich die THG-Emissionen mittel- bis langfristig entwickeln, wenn die Bodendegradation fortschreitet?

Bodenkundliche Unsicherheiten:

- Die Böden in den landwirtschaftlich genutzten Flachmooren sind vielfach anthropogen geprägte Böden, die sich weiterentwickeln und deren Eigenschaften sich verändern (ständiger Verlust von OBS). Bei der Beurteilung ihrer zukünftigen Nutzbarkeit, ihr Verhalten bei Überschüttung, Vernässung kann nicht auf viel Erfahrung zurückgegriffen werden. Die Eigenschaften variieren auch von Standort zu Standort stark.
- Im Zusammenhang mit der Wiedervernässung stellen sich viele Fragen: Welche technischen Massnahmen müssen ergriffen werden, um die Flächen dauerhaft zu vernässen? In welchem Umfang sind Nachbarflächen betroffen? Ist das Wasserdargebot ganzjährig ausreichend?
- Das im Rahmen des Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz» entwickelte Verfahren einer Vernässung bis 30 cm unter Flur hat innovativen Charakter. Ob und in welcher Weise diese Flächen nutzbar bleiben und wie die landwirtschaftlichen Betriebe auf die veränderten Bedingungen reagieren, ist nicht vorhersehbar. Ebenso fraglich bleibt, wie stark sich die Torfe mit diesem Verfahren schützen lassen und mit welchen THG-Emissionen dies verbunden ist.

Literaturverzeichnis

Agridea (2023): Deckungsbeiträge 2023. Art- Nr. 1096, AGRIDEA, Lindau

Arbeitsgemeinschaft «Vision 3-Seen-Land 2050» (2023): Vision 3-Seen-Land. Online verfügbar unter: <https://dreiseenland2050.ch/themen>

ARE (2006): Sachplan Fruchtfolgeflächen FFF: Vollzugshilfe 2006.

BAFU (2021): Neue Bodenstrategie: Der Bund will die Bodenverluste stoppen. Online verfügbar unter <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/boden/dossiers/neue-bodenstrategie-der-bund-will-die-bodenverluste-stoppen.html>

BAFU (2023a): Treibhausgasinventar der Schweiz. Online verfügbar unter <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/zustand/daten/treibhausgasinventar.html>, zuletzt geprüft am 03.08.2023.

BAFU (2023b): Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2021: National Inventory Document and reporting tables (CRF). Submission of April 2023 under the United Nations. Framework Convention on Climate Change. Federal Office for the Environment, Bern. <http://www.climate-reporting.ch>

BFS (2021): Die Bodennutzung in der Schweiz. Resultate der Arealstatistik 2018. Online verfügbar unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/erhebung/gen/area.assetdetail.19365051.html>

BFS (2022a); Landwirtschaftliche Strukturhebung für das Jahr 2022. Online verfügbar unter <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/aktuell/neue-veroeffentlichungen.assetdetail.24945768.html>

BFS (2022b): Landwirtschaftliche Gesamtrechnung (LGR) nach Bereich des Agrarsektors und Kontoposten. Online verfügbar unter: <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/23425352/master>

BFS (2023a): Landwirtschaftliche Betriebe und Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) auf Klassifizierungsebene 3 nach Kanton. Online verfügbar unter: <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/24945304/master>

BFS (2023b): Landwirtschaftliche Strukturhebung. Online verfügbar unter: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/landwirtschaft.html>

Bonn, Aletta; Berghöfer, Augustin; Couwenberg, J.; Drösler, Matthias; Jensen, R.; Kantelhardt, Jochen; Luthardt, Vera; Permien, T.; Röder, Norbert; Schaller, Lena; Schweppe-Kraft, B.; Tanneberger, Franziska; Trepel, Michael; Wichmann, Sabine (2015): Klimaschutz durch Wiedervernäsung von kohlenstoffreichen Böden.

Der Bundesrat (2023): Kohlenstoffsequestrierung in Böden. Bericht des Bundesrats. Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 19.3639 Bourgeois vom 18. Juni 2019.

Fabian Y., Roberti G., Jacot-Ammann K., Gramlich A., Benz R., Szerencsits E., Churko G., Prasuhn V., Leifeld J., Zorn A., Walter T., Herzog F. (2022): Die Nutzung von vernässenden Ackerflächen neu denken: Synthese des Projektes «Feucht(Acker)Flächen». *Agrarforschung Schweiz*, 13, 2022, 198-209.

Ferré, Marie; Muller, Adrian; Leifeld, Jens; Bader, Cédric; Müller, Moritz; Engel, Stefanie; Wichmann, Sabine (2019): Sustainable management of cultivated peatlands in Switzerland: Insights, challenges, and opportunities. In: *Land Use Policy* 87 (1). DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.05.038.

Freeman, B. W. J., Evans, C. D., Musarika, S., Morrison, R., Newman, T. R., Page, S. E., Wiggs, G. F. S., Bell, N. G. A., Styles, D., Wen, Y., Chadwick, D. R., & Jones, D. L. (2022). Responsible agriculture must adapt to the wetland character of mid-latitude peatlands. *Global Change Biology*, 28, 3795–3811. <https://doi.org/10.1111/gcb.16152>

Gubler, L., Ismail, S. A., & Seidl, I. (2020). Biodiversitätsschädigende Subventionen in der Schweiz. Grundlagenbericht. WSL Berichte: Vol. 96 (2nd ed.). Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.

Guenat, Claire (2022): Aus Flachmooren entstandene entwässerte Torfböden. Landwirtschaftliche Nutzung und Torferhalt, Erfahrungen in der Schweiz. Bericht im Auftrag des BAFU. In der ins Deutsche übersetzten Fassung von Carruzzo Traduction.

Günther, Anke., Barthelmes, Alexandra, Huth, Vytas; Joosten, Hans; Jurasinski, Gerald; Koebisch, Franziska; Couwenberg, John (2020): Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nat Commun* 11, 1644 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>

Hagedorn, Frank; Krause, Hans-Martin; Studer, Mirjam; Schellenberger, Andreas; Gattinger, Andreas (2018): Boden und Umwelt. Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Böden. Thematische Synthese TS2 des nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68), Bern.

Hohl, Simon; Hagist, Dominik (2022): Nutzung von Nassreisfeldern durch Vögel. Bericht 2021. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Huguenin-Elie, Olivier; Mosimann, Eric; Schlegel, Patrick; Lüscher, Andreas; Kessler, Willy; Jeangros, Bernard (2017): 9/ Düngung von Grasland / GRUD 2017. *Agrarforschung Schweiz* 8 (6), S09, 2017. https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2017_06_2302.pdf

Humpenöder, Florian; Karstens, Kristine; Lotze-Campen, Hermann; Leifeld, Jens; Menichetti, Lorenzo, Barthelmes, Alexandra and Popp, Alexander (2020): Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. *Environ. Res. Lett.* 15 104093

IPCC (2006) Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. In: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (ed. by: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K.). Institute for Global Environmental Strategies IGES, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.

Johannes, Alice; Matter, Adrien; Schulin, Rainer; Weisskopf, Peter; Baveye, Philippe C.; Boivin, Pascal (2017): Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter? In: *Geo-derma* 302, S. 14–21.

Johannes, Alice; Weisskopf, Peter; Schulin, Rainer; Boivin, Pascal (2019): Soil structure quality indicators and their limit values. In: *Ecological Indicators* 104 (1), S. 686–694. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.05.040.

Kägi, Thomas; Glimmann, Melina; Conte, Flora; Roberts, Gavin (2021): Life cycle assessment of tomatoes and green beans production. Report by Carbotech AG. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Bern.

Keel, Sonja (2021): Soil carbon sequestration in Switzerland: analysis of potentials and measures (Postulate Bourgeois 19.3639). Unter Mitarbeit von Sonja Keel, Alice Johannes, Pascal Boivin, Stéphane Burgos, Raphael Charles, Frank Hagedorn et al. Report by Agroscope. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Bern.

Kreyling, J., Tanneberger, F., Jansen, F. et al. (2021): Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nat Commun* 12, 5693. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25619-y>

Leifeld, Jens; Vogel, David; Bretscher, Daniel (Hg.) (2019): Treibhausgasemissionen entwässerter Böden Nr. 74 (Januar 2019). Zürich: Agroscope.

Leifeld, Jens; Boivin, Pascal; Burgos, Stéphane; Charles, Raphaël; Hagedorn, Frank; Johannes, Alice; Keel, Sonja; Kulli, Beatrice; Saluz, Andrea (2021), 'Evaluating the knowledge about the current and historical state of SOC stocks' in Keel et al., Soil carbon sequestration in Switzerland: analysis of potentials and measures (Postulate Bourgeois 19.3639), Chapter 1.2. Report by Agroscope. Commissioned by the Federal Office for the Environment, Bern.

Möhring, Anke; Mack, Gabriele; Willersinn, Christian (2012): Gemüsebau - Modellierung der Heterogenität und Intensität. In: *Agrarforschung Schweiz* 3 (7-8), S. 382–389.

Oechslin, Stefan; Burgos, Stéphane; Nussbaum, Madlene (2022): Bodenkartierung St. Galler Rheintal. Berner Fachhochschule BFH. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL.

Prescher, André; Rehmer Christian (2023): Die Hälfte der Moore in der EU gelten als zerstört. Heinrich Böll Stiftung. Online verfügbar unter: <https://www.boell.de/de/2023/01/10/die-haelfte-der-moore-der-eu-gelten-als-zerstoert>

Probst, B., Toetzke, M., Kontoleon, A., Diaz Anadon, L., & Hoffmann, V. H. (2023). Systematic review of the actual emissions reductions of carbon offset projects across all major sectors.

SBV (2019): Wirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft. FOKUS. Online verfügbar unter: https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Fokus/FOKUSo2_DE.pdf

SRF News (2022): Sumpf statt Gemüse im Seeland – nun fahren die Baumaschinen auf. Online verfügbar unter: <https://www.srf.ch/news/schweiz/schweizer-landwirtschaft-sumpf-statt-gemuese-im-seeland-nun-fahren-die-baumaschinen-auf>.

SRV 2023: Richtpreise vom 24.3.2023. Online verfügbar unter: <https://raufutterverband.ch/de/2023/03/24/richtpreise-fur-heu-und-stroh-3/>

UBA (2023): Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen#klimakosten-von-treibhausgas-emissionen>, zuletzt geprüft am 03.08.2023.

VOL, Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Bern (2009). Bodenbericht 2009.

Wang, Yuqiao; Paul, Sonja M.; Jocher, Markus; Espic, Christophe; Alewell, Christine; Szidat, Sönke; Leifeld, Jens (2021): Soil carbon loss from drained agricultural peatland after coverage with mineral soil, *Science of The Total Environment*, Volume 800, 149498

Wessolek, Gerd; Schwärzel, Kai; Renger, Manfred; Sauerbrey, Robert; Siewert, Christian. (2002): Soil hydrology and CO₂ release of peat soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 165. 494 - 500.

Wüst-Galley, Chloé; Grünig, Andreas; Leifeld, Jens (2015): Locating Organic Soils for the Swiss Greenhouse Gas Inventory. In: *Agroscope Science* (26).

Wüst-Galley, Chloé; Grünig, Andreas; Leifeld, Jens (2020): Land use-driven historical soil carbon losses in Swiss peatlands. In: *Landscape Ecology* (35), S. 173–187.

Anhang

A. Methodik

A.1 Fachgespräche

Liste der Fachpersonen, die befragt wurden

1. Ruedi Stähli, ehem. BAFU
2. Andreas Chervet, Kt. BE
3. François Füllemann, Kt. VD
4. Gaby von Rohr, Kt. SO
5. Andreas Gubler, Kt. ZH (schriftliche Beantwortung von Fragen)
6. Aline Loher, Kt. SG
7. Michael Zimmermann, BLW
8. Pascal Boivin, HEPIA Genf
9. Stéphane Burgos, BFH-HAFL
10. Chloé Wüst, Agroscope
11. Sonja Keel, Agroscope
12. Alice Johannes, Agroscope
13. Sonja Paul, Agroscope
14. Yvonne Fabian, Agroscope
15. Matias Laustela, Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz
16. Michael Zimmermann, BLW
17. Gregor Albisser, Agridea
18. Markus Spuhler, Agridea

A.2 Ermittelte Emissionswerte und Kosten

Tabelle 12: Vergleich der im Untersuchungszeitraum entstehenden Emissionen und Kosten

	IPCC min*	IPCC max*	NIR min*	NIR max*	BAFU* *	Lei- feld***
Nullszenario						
Summe C-Verlust	12.27	15.52	14.14	17.10	15.90	14.79
Summe THG-Emissionen	50.44	63.78	58.13	70.30	62.29	63.67
Kosten THG-Emissionen bei Ungleichgewichtung	19.31	23.43	21.79	24.99	22.73	23.66
Kosten THG-Emissionen bei Gleichgewichtung	49.07	60.93	56.03	66.20	59.33	61.13

	IPCC min*	IPCC max*	NIR min*	NIR max*	BAFU* *	Leifeld***
Referenzszenario «Maximaler OBS-Schutz»						
Summe C-Verlust	2.27	3.53	2.91	4.54	3.74	3.19
Summe THG-Emissionen	9.33	14.51	11.98	18.66	14.64	13.71
Kosten THG-Emissionen bei Ungleichgewichtung	2.43	3.78	3.12	4.86	3.81	3.57
Kosten THG-Emissionen bei Gleichgewichtung	7.77	12.09	9.98	15.54	12.20	11.42
Referenzszenario «Differenzierter OBS-Schutz»						
Summe C-Verlust	7.74	10.01	9.02	11.27	10.31	9.49
Summe THG-Emissionen	31.80	41.16	37.08	46.31	40.37	40.82
Kosten THG-Emissionen bei Ungleichgewichtung	11.76	14.56	13.41	15.81	14.17	14.62
Kosten THG-Emissionen bei Gleichgewichtung	30.47	38.68	35.18	42.86	37.81	38.56

C-Verluste und Emissionen jeweils in Mio.. Tonnen (Mt)

Kosten jeweils in Mrd. CHF

*Wüst-Galley et al. (2019); ** Klimainventar (BAFU 2023b); ***Leifeld et al. (2019)

A.3 Ermittlung des Produktionswertes

Die landwirtschaftliche Gesamtrechnung (BFS 2022b) gibt Auskunft über die Produktionswerte der in der Schweiz angebauten Agrargüter. Wir haben aus diesen Produktionswerten und den Daten zur Flächenbenutzung der Landwirtschaft (BFS 2023a) geschätzt, wie hoch die durchschnittlichen Produktionswerte pro ha Anbaufläche für die wichtigsten Kulturen sind. Für die Wiesen und Weiden als «Zwischenprodukt» in der landwirtschaftlichen Erzeugung werden keine Produktionswerte erhoben. Deren Produktionswert wurde abweichend so ermittelt, dass der Ertrag der Fläche in Dezitonnen Trockensubstanz (dt TS) und der Marktwert des Ertrags als Futtermittel (anhand Huguenin-Elie et al. 2017) abgeschätzt wurde.

Tabelle 13: Ermittlung der Produktionswerte von Wiesen und Weiden

Nutzungsart	Ertrag pro ha (dt TS/ha)	Flä- che in ha	Markt- wert CHF/dt tief	Markt- wert CHF/dt hoch	Ertrag in CHF auf organi- schen Böden tief	Ertrag in CHF auf organi- schen Böden hoch
Kunstwiesen (ohne Weiden)	130	2'352	30	35	9'172'489	10'701'237
Übrige Dauerwie- sen (ohne Wei- den)	98	4'228	30	35	12'430'734	14'502'523

Nutzungsart	Ertrag pro ha (dt TS/ha)	Fläche in ha	Marktwert CHF/dt tief	Marktwert CHF/dt hoch	Ertrag in CHF auf organischen Böden tief	Ertrag in CHF auf organischen Böden hoch
Wenig intensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	64	159	20	25	203'806	254'757
Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	32	1'738	20	25	1'112'064	1'390'080
Weiden (Heimweiden, übrige Weiden ohne Sömmerungsweiden)	90	456	30	30	1'231'433	1'231'433
Sömmerungsweiden	50	479	25	30	598'385	718'062
Extensiv genutzte Weiden	25	195	25	25	121'953	121'953
Summe		9'607			24'870'862	28'920'044
Durchschnittlicher Ertrag pro ha					2'588.88	3'010.37

Quelle: Der Ertrag der Fläche in Dezitonnen Trockensubstanz (dt TS) wurden anhand Huguenin-Elie et al. (2017) abgeschätzt. Der Marktwert entstammt dem Schweizerischen Raufutterverband (SRV 2023)

Tabelle 14: Ermittlung des Produktionswertes

	Produktionswert ganze Schweiz in 1'000 CHF	Anbaufläche ganze Schweiz in ha	Produktionswert pro ha in CHF	Anbaufläche auf organischen Bö- den in ha	Produktionswert auf organischen Böden	Anteil der organi- schen Böden an Gesamtanbauflä- che
Weizen, Dinkel, Triticale	303'063	88'591	3'421	1'758.8	6'016'847	1.99%
Gemüse	759'906	12'612	60'254	1'309.5	78'902'021	10.38%
Silo- und Grünmais	142'886	46'636	3'064	1'243.8	3'810'833	2.67%
Körnermais	47'946	15'836	3'028	823.3	2'492'799	5.20%
Kartoffeln	191'593	10'749	17'824	534.8	9'531'621	4.97%
Gerste	70'113	27'620	2'538	517.9	1'314'573	1.87%
Zuckerrüben	114'348	15'647	7'308	482.7	3'527'227	3.08%
Raps	115'505	24'883	4'642	365.2	1'695'410	1.47%
Futtereaweiesspflanzen	2'137	1'457	1'466	105.5	154'725	7.24%
Sonnenblumen	19'564	5'185	3'773	48.2	182'044	0.93%
Beeren	130'538	1'160	112'545	43.2	4'858'352	3.72%
Obst	220'338	6'691	37'368	8.0	300'033	0.14%
Wiesen und Weiden LGR		726'092	3'010	9'606.8	28'920'044	1.32%
Summe				16'848.8	141'706'530	

Quellen: Die Produktionswerte aus der landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (BFS 2022b) wurden den Anbauflächen aus BFS 2023a gegenübergestellt und so die Produktionswerte der wichtigsten Kulturarten auf organischen Böden pro ha ermittelt. Die Anbauflächen auf organischen Böden entstammen unveröffentlichten Flächenauswertungen von Wüst-Galley.

Hinweis: Die Werte für «Wiesen und Weiden» geben die Summen von Tabelle 13 wieder. Die Nutzungskategorie beinhaltet auch Kunstwiesen. Um Unterschätzungen des Produktionswertes zu vermeiden, wurden die Erträge nach dem höheren Marktwert in Tabelle 13 verwendet.

B. Auswirkungen auf die Sustainable Development Goals

Tabelle 15: Die Auswirkungen auf die Sustainable Development Goals

Sustainable development goals		Auswirkung
	Ziel 1 Armut in allen ihren Formen und überall beenden.	Keine direkte Wirkung.
	Ziel 2 Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern.	Die organische Bodensubstanz wird vor Abbau geschützt und aufgebaut. Dadurch wird die Ernährungssicherheit gestärkt und die Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft verbessert.
	Ziel 3 Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern.	Keine direkte Wirkung
	Ziel 4 Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern.	Keine direkte Wirkung
	Ziel 5 Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen.	Keine direkte Wirkung

Sustainable development goals	Auswirkung	
6 SAUBERES WASSER UND SANITÄREINRICHTUNGEN 	Ziel 6 Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten.	Die organische Bodensubstanz wird vor Abbau geschützt und aufgebaut. Dadurch werden die Filter- und Pufferfunktionen des Bodens verbessert, was wiederum positive Auswirkungen auf die Trinkwasserqualität hat. Die Wasseraufnahme und -speicherung des Bodens wird erhöht und die Grundwasserneubildung positiv beeinflusst.
7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE 	Ziel 7 Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern.	Keine direkte Wirkung
8 MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTSWACHSTUM 	Ziel 8 Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern.	In einigen stark betroffenen Regionen wird die Wertschöpfung infolge der Massnahmen gemindert werden und Arbeitsplätze könnten verloren gehen (Brache Landwirtschaft).
9 INDUSTRIE, INNOVATION UND INFRASTRUKTUR 	Ziel 9 Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen.	Keine direkte Wirkung
10 WENIGER UNGLEICHHEITEN 	Ziel 10 Ungleichheit in und zwischen Ländern verringern.	Keine direkte Wirkung
11 NACHHALTIGE STÄDTE UND GEMEINDEN 	Ziel 11 Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten.	Im Siedlungsraum können Massnahmen zum Schutz und Aufbau der OBS ergriffen werden.

Sustainable development goals		Auswirkung
	Ziel 12 Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen.	Mit dem Schutz und Aufbau von OBS werden nachhaltige Anbauverfahren gestärkt. Besonders klima- und umweltschädigende Auswirkungen der Agrarproduktion auf organischen Böden werden reduziert.
	Ziel 13 Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen.	Die THG-Emissionen durch den Abbau der OBS werden verringert.
	Ziel 14 Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen.	Keine direkte Wirkung
	Ziel 15 Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden	Umfassende Verbesserung der Agrarböden, Schutz vor Degradation und Torfschwund, Schutz vor Erosion, Verschlammung und Verdichtung
	Ziel 16 Friedliche und inklusive Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung fördern, allen Menschen Zugang zur Justiz ermöglichen und leistungsfähige, rechenschaftspflichtige und inklusive Institutionen auf allen Ebenen aufbauen.	Keine direkte Wirkung
	Ziel 17 Umsetzungsmittel stärken und die Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen,	Keine direkte Wirkung

