



Alternative landwirtschaftliche Kulturen auf Feuch- ackerflächen im Umfeld von Mooren in der Schweiz

Autoren und Autorinnen

Yvonne Fabian, Catherine Hutchings, Chloé Wüst-Galley,
Katja Jacot, Florian Walder, Annelie Holzkämper



Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Auftraggeber	Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Biodiversität und Landschaft, 3003 Bern Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
Auftragnehmerin	Agroscope, Zürich
Kontakt	yvonne.fabian@agroscope.admin.ch
Download	www.feuchttacker.ch
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as190g
Copyright	© Agroscope 2024

Haftungsausschluss

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich. Agroscope schliesst jede Haftung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen aus. Die aktuelle Schweizer Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Résumé	5
Summary	6
Riassunto	7
1 Ausgangslage	8
1.1 Zustand der Moore	8
1.2 Ökologisch ausreichende Pufferzone von Mooren	8
1.3 Pilotprojekt A2.1 des Aktionsplans Strategie Biodiversität Schweiz «Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren»	9
1.4 Ziele des vorliegenden Berichtes	10
2 Aktuelle Landnutzungen	10
2.1 Übersicht der Landnutzungen	10
2.2 Mögliche Auswirkungen der aktuellen Landnutzung	13
2.2.1 Nicht landwirtschaftliche Nutzungen	14
2.2.2 Landwirtschaftliche Nutzungen	14
3 Auswirkungen der Landnutzung um Moore auf das Klima	15
3.1 Organische Böden	15
3.2 Böden mit mittlerem organischem Anteil	17
3.3 Mineralische Böden	17
4 Auswirkungen mineralischer Überschüttungen und alternativer Landnutzungen auf das Klima	17
4.1 Überschüttung von Böden	18
4.2 Alternative Landnutzungen wie Paludikulturen	18
5 Alternative Landnutzungen organischer Böden für die Schweiz	19
6 Rahmenbedingungen für alternative Landnutzungen auf organischen Böden in der Schweiz	20
6.1 Wirtschaftlichkeit und Förderung	21
6.2 Betriebliche Aspekte und Standortbedingungen	25
7 Schlussfolgerung	26
8 Dank	26
9 Literatur	27
Anhang	32

Zusammenfassung

Wirkungskontrollen der Schutzmassnahmen in Mooren zeigen, dass der Nährstoffeintrag in den meisten Untersuchungsflächen zu hoch ist und die Moore laufend trockener werden. Zum einen ist dies der fortlaufenden Wirkung alter Drainagegräben und -leitungen geschuldet, zum anderen aber auch fehlendem Wasser aus den Einzugsgebieten der jeweiligen Moorobjekte. Störungen wie Infrastruktur oder Wasserfassungen im Moorumbfeld haben einen qualitativ oder quantitativ negativen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Schweizer Moore und können zu Veränderungen und zu einem langfristigen Verlust dieser Lebensräume führen.

Im Pilotprojekt «Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren» aus dem Aktionsplan Biodiversität (AP SBS), sollen Grundlagen zur Berechnung bzw. Modellierungen des Wasserhaushalts von hydrologischen Einzugsgebieten und Pufferzonen von Moorobjekten verschiedener Ausprägung erarbeitet und zur Verfügung gestellt werden. Anhand einer repräsentativen Auswahl von Moorobjekten wird im Gesamtprojekt aufgezeigt, wie der Schutz und die Nutzung von hydrologischen Einzugsgebieten auf gesamtschweizerischer Ebene umgesetzt werden können. Dabei ist es von zentraler Bedeutung, dass der Einfluss der landwirtschaftlichen wie auch nicht landwirtschaftlichen Infrastrukturen auf die geschützten Moore berücksichtigt und qualitativ, sowie quantitativ abgeschätzt werden, um für die jeweiligen Moorobjekte möglichst effektive Massnahmen umsetzen zu können.

Für diesen Grundlagenbericht, der als vierter Teil des Gesamtprojekts entstanden ist, wurden der Stand des Wissens zu aktuellen und alternativen landwirtschaftlichen Nutzungen von Nassstandorten, und die Nutzung der Wasser- und Kohlenstoffspeicherung organischer und mineralischer Böden aus der Schweiz und Europa aufgearbeitet. Die landwirtschaftlichen Nutzungen werden bezüglich ihrer hydrologischen und ökologischen Auswirkungen auf die Moore in den unterschiedlichen biogeographischen Regionen der Schweiz bewertet. Die in Europa untersuchten alternativen Landnutzungen wie die Beweidung mit leichteren, robusteren Rassen von Rindern, Wasserbüffeln, Schafen, Pferden und Ponys, Hirschen und Gänsen, die Bewirtschaftungen von Streueflächen, Feucht-, Frisch- und Nasswiesen, mit z.B. Sumpfdotterblumen, Rohrglanzgras und Grosseggenried, die Bewirtschaftung von Rohrkolben- und Schilfflächen, sowie der Anbau von Weide als Kurzumtriebsplantagen, Torfmoosen und Nassreis in moornahen Flächen haben, durch den höheren Wasserstand, positive Auswirkungen auf die Hydrologie der Moore. Die Anhebung des Wasserspiegels auf organischen Böden führt langfristig zu einer Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen. Die Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Kulturen ist aktuell gering und die Nutzungen können meist nicht mit geförderten entwässerungsbasierten Nutzungen konkurrieren. Es sollte jede sich bietende Gelegenheit, wie Meliorationsprojekte, genutzt werden um den hydrologischen Zustand von Moorflächen zu verbessern. Betriebe sollten deswegen finanziell unterstützt werden, um die Umstellung zu sichern, um einen etwaigen Ertragsausfall zu kompensieren, einen Anschlag für die Erschliessung neuer Märkte zu erhalten sowie die Leistungen des landwirtschaftlichen Betriebes für die Gesellschaft (CO₂-Reduktion, Vernässung des Moorstandortes und Förderung der Biodiversität, etc.) zu entschädigen. Wissenschaftliche Untersuchungen der vorgeschlagenen alternativen Kulturen in der Schweiz sind bisher erst punktuell vorhanden und sollten für den Anbau, die Wirtschaftlichkeit und die Verwertung verstärkt werden.

Résumé

Les contrôles d'efficacité des mesures de protection dans les marais montrent que l'apport en nutriments est trop élevé dans la plupart des surfaces étudiées et que les marais s'assèchent continuellement. Cela est dû, d'une part, à l'effet continu des anciens fossés et conduites de drainage et, d'autre part, au manque d'eau provenant des bassins versants des différents sites marécageux. L'utilisation intensive du sol et les perturbations telles que les infrastructures ou les captages d'eau dans les environs des marais ont une influence qualitative ou quantitative négative sur le régime hydrique des marais suisses et peuvent conduire à des modifications et à une perte à long terme de ces habitats.

Le projet pilote «Atténuation des changements climatiques: une utilisation durable est bonne pour les marais suisses» du plan d'action biodiversité (PA SBS), vise à élaborer et à mettre à disposition des bases pour le calcul ou la modélisation du régime hydrique des bassins versants hydrologiques et des zones tampons d'objets marécageux de différentes natures. À l'aide d'une sélection représentative d'objets marécageux, il sera montré dans le projet global comment la protection et l'utilisation des bassins versants hydrologiques peuvent être mises en œuvre à l'échelle de la Suisse. Il est essentiel de tenir compte de l'influence des utilisations agricoles et non agricoles sur les marais protégés et de l'estimer qualitativement et quantitativement afin de pouvoir mettre en œuvre des mesures aussi efficaces que possible pour les différents objets marécageux.

Ce rapport, réalisé dans le cadre de la quatrième partie du projet global, fait l'état des lieux des connaissances sur les utilisations agricoles actuelles et alternatives des sites humides et sur l'utilisation du stockage de l'eau et du carbone dans les sols organiques et minéraux en Suisse et en Europe. Les utilisations agricoles sont évaluées en fonction de leur impact hydrologique et écologique sur les marais dans les différentes régions biogéographiques de Suisse. Les utilisations alternatives du sol étudiées en Europe, telles que la pâture par des races légères et robustes de bovins, buffles d'Asie, moutons, chevaux et poneys, cerfs et oies, l'exploitation de surfaces à litière, de prairies humides, fraîches et mouillées, de prairies à populage, de peuplements d'alpistes roseaux, de magnocariçaias, de surfaces de massettes et de roseaux, ainsi que la culture de saule à courte rotation, de sphaignes et de riz humide dans les surfaces proches des marais ont des effets positifs sur l'hydrologie des marais grâce à l'élévation du niveau d'eau. L'élévation du niveau d'eau sur les sols organiques entraîne une réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre à long terme. La rentabilité des cultures proposées est actuellement faible et les utilisations ne peuvent généralement pas concurrencer les utilisations basées sur le drainage qui bénéficient d'un soutien. Il convient de saisir toutes les occasions qui se présentent, comme les projets d'amélioration foncière, pour améliorer l'état hydrologique des tourbières. C'est pourquoi les exploitations devraient être soutenues financièrement afin d'assurer leur reconversion, de compenser une éventuelle perte de rendement, d'obtenir un coup de pouce pour l'ouverture de nouveaux marchés et de rémunérer les prestations de l'exploitation agricole pour la société (réduction des émissions de CO₂, humidification du site marécageux et promotion de la biodiversité, etc.). Les études scientifiques sur les cultures alternatives proposées en Suisse ne sont encore que ponctuelles et devraient être approfondies, tant en ce qui concerne la mise en place que la rentabilité et la valorisation.

Summary

Assessments of the effectiveness of conservation measures in fens and bogs show that the nutrient input is too high in most of the study areas and that the peatlands continuously become drier. This is partly due to the ongoing effect of old drainage ditches and pipes, but also to a lack of water from the catchment areas of the respective peatland. Intensive land use and disturbances such as infrastructure or water catchments in the fens and bogs surroundings have a qualitatively or quantitatively negative impact on the water balance of Swiss peatlands and can lead to changes and long-term loss of these habitats.

The pilot project "Mitigating climate change: Sustainable land use helps Swiss peatlands" from the Biodiversity Action Plan (AP SBS) aims to develop and provide a basis for calculating and modelling the water balance of hydrological catchment areas and buffer zones of various types of peatlands. A representative selection of fens and bogs sites in the overall project will be used to show how the protection and utilisation of hydrological catchment areas can be implemented at a national level. It is of central importance that the influence of both agricultural and non-agricultural utilisation on the protected fens and bogs is taken into account and assessed both qualitatively and quantitatively in order to be able to implement the most effective measures possible for the respective peatland objects.

For this report, which was created as the fourth part of the overall project, the current state of knowledge on current and alternative agricultural uses of waterlogged sites, as well as the utilisation of water and carbon storage in organic and mineral soils in Switzerland and Europe were analysed. The agricultural uses are evaluated with regard to their hydrological and ecological effects on peatlands in the different biogeographical regions of Switzerland. The alternative land uses investigated in Europe include: Grazing with lighter, robust breeds of cattle, water buffalo, sheep, horses and ponies, deer and geese; the management of litter, damp, fresh and wet meadows, with e.g. marsh marigolds, reed canary grass and large sedge reeds; the management of cattail and reed beds; the cultivation of willow as short-rotation plantations; peat moss and paddy rice. When carried out on those surfaces close to peatlands, these management options have a positive impact on the hydrology of the peatlands due to the higher water level. Raising the water table on organic soils leads to a long-term reduction in their greenhouse gas emissions. The economic viability of the proposed crops is currently low and most of them cannot compete with subsidised drainage-based crops. Every opportunity that arises, such as melioration projects, should be utilised to improve the hydrological conditions of peatlands. Farms should therefore be financially supported in order to secure the conversion, to compensate for any loss of yield, to receive a boost for the development of new markets and to compensate for the services of the farm for society (CO₂ reduction, rewetting of the peatland site and promotion of biodiversity, etc.). Scientific studies of the proposed alternative crops in Switzerland have so far only been carried out selectively and should be intensified with regard to cultivation, economic viability and utilisation.

Riassunto

I controlli dell'efficacia delle misure di protezione nelle paludi dimostrano che l'apporto di nutrienti è troppo elevato nella maggior parte delle superfici d'indagine e che le paludi si inaridiscono progressivamente. Ciò è dovuto, da un lato, all'effetto costante degli antichi fossati e condotte di drenaggio e, dall'altro, alla mancanza di acqua proveniente dai bacini imbriferi dei diversi siti palustri. Le perturbazioni causate, ad esempio, dalle infrastrutture o dalle captazioni d'acqua nelle vicinanze delle paludi hanno un'influenza qualitativa e quantitativa negativa sul bilancio idrico e possono modificare e portare a una scomparsa a lungo termine di questi habitat.

Il progetto pilota «Mitigazione dei cambiamenti climatici: gli usi sostenibili aiutano le paludi svizzere» del piano d'azione Strategia Biodiversità Svizzera (PA SBS) si propone di elaborare e mettere a disposizione basi per il calcolo o la modellizzazione del bilancio idrico dei bacini imbriferi idrologici e delle zone cuscinetto delle paludi di diversa natura. Mediante una selezione rappresentativa di siti palustri, sarà mostrato nel progetto globale come attuare a livello nazionale la protezione e l'utilizzo dei bacini imbriferi idrologici. È fondamentale tenere conto dell'influenza sulle paludi protette delle infrastrutture agricole e non agricole e stimarla in termini qualitativi e quantitativi per attuare misure il più possibili efficaci per le diverse zone palustri.

Questo rapporto, che riguarda la quarta parte del progetto globale, analizza lo stato delle conoscenze sugli usi agricoli attuali e alternativi dei siti umidi e l'utilizzo dello stoccaggio di acqua e di carbonio nei suoli organici e minerali in Svizzera e in Europa. Gli usi agricoli sono valutati in funzione del loro impatto idrologico ed ecologico sulle paludi nelle diverse regioni biogeografiche della Svizzera. Gli usi agricoli alternativi del suolo studiati in Svizzera, come il pascolo con razze più leggere e robuste di bovini, bufali, ovini, cavalli e pony, cervi e oche, le gestioni di terreni da strame, prati umidi, freschi e acquitrinosi, ad esempio con calendule di palude, scagliole palustri e paludi a grandi carichi, di tifa e canneti di acqua dolce, la coltura di salici come piantagione a rotazione breve, torbiere a sfagni e riso umido nelle aree vicine alle paludi hanno un impatto positivo sull'idrologia delle paludi grazie all'innalzamento del livello dell'acqua che, nei suoli organici, comporta una riduzione delle loro emissioni di gas serra a lungo termine. La redditività delle colture proposte è attualmente modesta e le utilizzazioni non possono generalmente competere con gli utilizzi basati sul drenaggio che beneficiano di un sostegno. Dovrebbe essere sfruttata ogni possibilità, come i progetti di bonifica, per migliorare lo stato idrologico delle torbiere. Le aziende dovrebbero quindi essere sostenute finanziariamente per assicurare la riconversione, compensare un'eventuale perdita di rendimento, ottenere impulsi all'apertura di nuovi mercati e indennizzare le prestazioni delle aziende agricole per la società (riduzione delle emissioni di CO₂, umidificazione del sito paludoso, promozione della biodiversità ecc). Gli studi scientifici sulle colture alternative prodotte in Svizzera sono limitati e dovrebbero essere approfonditi per la coltura, la redditività e la valorizzazione.

1 Ausgangslage

1.1 Zustand der Moore

Die Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz der letzten Jahre hat gezeigt, dass der Zustand der geschützten Hoch- und Flachmoore sich laufend verschlechtert (Küchler et al. 2018, Abb. 1). Im Zeitraum von weniger als 10 Jahren (erste und zweite Erhebung im Zeitraum zwischen 1997 und 2010) sind fast ein Drittel aller Moore erheblich nährstoffreicher, trockener und torfärmer geworden und weitere knapp 20% zeigen eine Verschlechterungstendenz. Bei knapp 30% aller Moore wurde keine Verschlechterung festgestellt und bei knapp 20% konnte eine Verbesserung bzw. Tendenzen einer Verbesserung festgestellt werden. Die Verbesserung ist unter anderem auf Renaturierungen sowie bei Flachmooren auch auf die fachgerechte Pflege durch die Bewirtschaftenden zurückzuführen (Küchler et al. 2018). Neuere Erhebungen der Wirkungskontrolle aus den Jahren 2011–2017 zeigen, dass sich bei den untersuchten Moorobjekten der Trend bezüglich Austrocknung fortsetzt. Während die Hochmoore oft nährstoffreicher geworden sind, hat sich der Zustand bei den Flachmooren als Ganzes seit 2011 im Schnitt nicht verändert (Bergamini et al. 2018). Mangelndes Wasser und zu hohe Nährstoffeinträge bedrohen diese äusserst sensiblen Ökosysteme und somit können sie ihre Dienstleistungen (Wasserretention, Kohlenstoffspeicherung, Erholungsfunktion, etc.) nicht mehr erbringen (Grünig 1994). Das fehlende Wasser in den Moorbiotopen ist auf die fortlaufende Wirkung alter Entwässerungsgräben und Drainageleitungen sowie auf die Unterbrechung und Umleitung der Wasserzuflüsse durch Strassen oder andere Infrastruktur zurückzuführen. Auch wird etlichen Moorbiotopen durch Quell- und Wasserfassungen im Einzugsgebiet Wasser entzogen (BAFU 2022). Verstärkt wird der Wassermangel durch die zunehmenden Trockenzeiten in den letzten Jahren. Es wird davon ausgegangen, dass die Häufigkeit und Länge der Trockenperioden in Zukunft in allen Regionen der Schweiz weiter zunehmen (CH 2018, BAFU 2021).

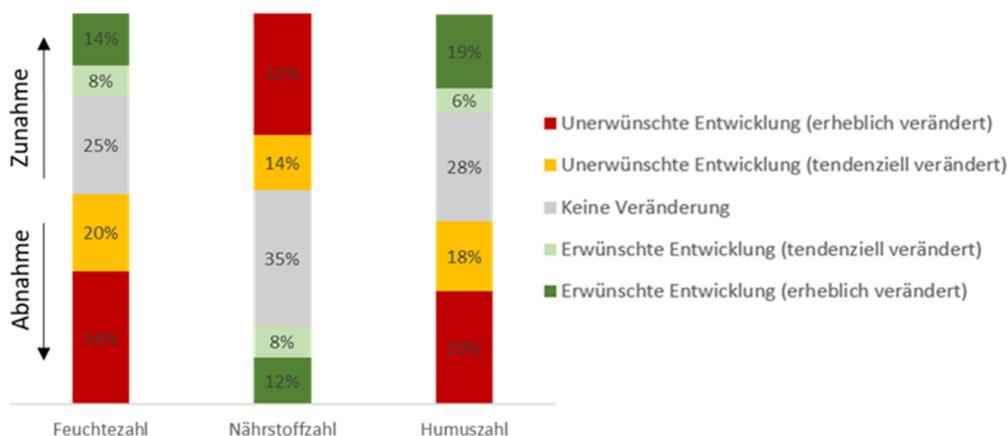


Abbildung 1: Qualitative Entwicklung der Moore insgesamt bezüglich der Feuchtigkeit, Nährstoffverhältnisse und Humusgehalt (Ersterhebung 1997-2002; Zweiterhebung 2004-2010, Küchler et. al, 2018).

1.2 Ökologisch ausreichende Pufferzone von Mooren

Moorbiotope von nationaler Bedeutung sind in der Schweiz auf verfassungsrechtlicher Stufe geschützt. Artikel 4 der [Verordnung über die Hochmoore](#) (SR 451.32, Hochmoorverordnung) und der [Verordnung über die Flachmoore](#) (SR 451.33, Flachmoorverordnung) präzisieren diesen Schutz, indem sie festlegen, dass:

- Moore ungeschmälert erhalten werden müssen
- in gestörten Moorbereichen die Regeneration, soweit es sinnvoll ist, gefördert werden muss
- die moorbiotopspezifische Pflanzen- und Tierwelt und ihre ökologischen Grundlagen zu erhalten und zu fördern sind
- die geomorphologischen Merkmale erhalten werden müssen.

Um diese Ziele zu erreichen, müssen die Kantone:

- genaue Grenzverläufe für Objekte festlegen
- ökologisch ausreichende Pufferzonen ausscheiden (gemäss Art. 4 Abs. 2 NHV)

Der Begriff der «ökologisch ausreichenden Pufferzonen» ist vom Bundesgericht für die Moorbiotope eindeutig geklärt worden ([BGE/ATF 124 II 19 E. 3.a S.22 von 1997](#)) und ist in Ziffer 43 Kommentar NHG festgehalten. Dieses Urteil stellt einen Präzedenzfall dar und besagt, dass eine ökologisch ausreichende Pufferzone grundsätzlich diejenige Fläche umfassen soll, die zur Erfüllung der folgenden Funktionen erforderlich ist (Marti et al. 1997, BUWAL 2002):

- eine **Nährstoff-Pufferzone** (Abb. 2), um die indirekte Eutrophierung von nährstoffarmen Mooren zu reduzieren oder zu verhindern
- eine **biologische Pufferzone**, die als Lebensraum für moorbiotopspezifische Tier- und Pflanzenarten in Moorobjekten und deren Übergangszonen dient;
- eine **hydrologische Pufferzone**, in der keine Veränderung des Wasserregimes geduldet wird, welche die für den Schutz der Moorobjekte erforderliche Wasserversorgung beeinträchtigt.

In anderen Teilen des Projektes werden auch andere Begriffe wie z.B. «hydrologischer Hinweisperimeter» anstelle der hier genutzten «hydrologischen Pufferzone» verwendet. Dies liegt daran, dass das Projekt im Los 1 moorhydrologische Hinweisperimeter für alle nationalen Objekte berechnet. Der moorhydrologische Hinweisperimeter stellt eine Vorstufe des hydrologischen Puffers dar. Im Los 2 des Projektes werden für ein Moor pro Kanton die Grundlagen erarbeitet, die der Kanton benötigt, um den hydrologischen Puffer auszuscheiden. Faktisch existieren in der Schweiz aktuell noch keine hydrologischen Pufferzonen.

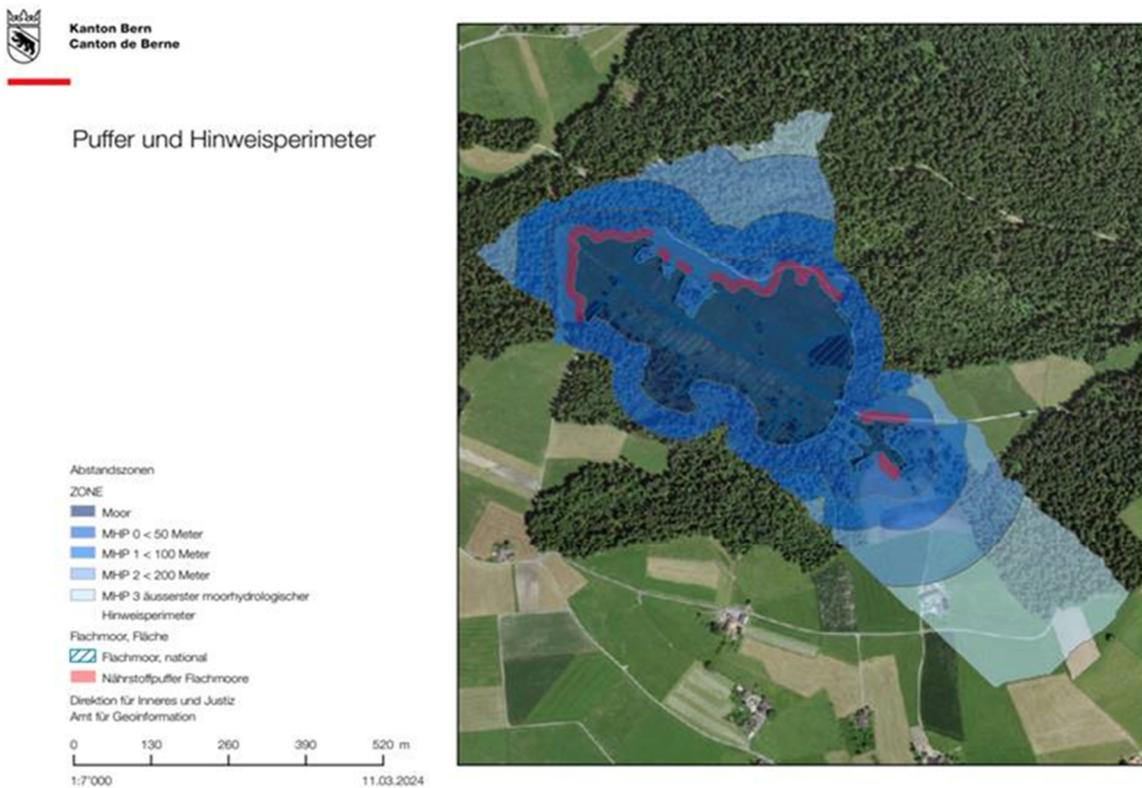


Abbildung 2: Hydrologischer Hinweisperimeter und Nährstoffpuffer um ein Flachmoor nationaler Bedeutung im Kanton Bern.

1.3 Pilotprojekt A2.1 des Aktionsplans Strategie Biodiversität Schweiz «Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren»

Mit dem Pilotprojekt A2.1 des Aktionsplans Strategie Biodiversität Schweiz (AP SBS) soll die Versorgung von Mooren mit Wasser verbessert und Nutzungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, um deren längerfristiges Bestehen und ihren wertvollen Beitrag zur Biodiversität und zum Klima zu gewährleisten. Auf Basis der zwischen 2014 und 2018 vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) mit der Unterstützung von 16 Kantonen entwickelten Methodik «[espace marais](#)» werden hydrologisch geeignete Nutzungsmethoden für wiedervernässte Flächen vorgeschlagen und deren Realisierbarkeit anhand konkreter Beispielobjekte überprüft. Die Prüfung der ökonomischen und sozialen Auswirkungen, wie auch die Formulierung von notwendigen Fördermassnahmen erfolgt in

Zusammenarbeit mit bis zu zehn Kantonen aus verschiedenen biogeographischen Regionen, mit Vertreterinnen und Vertretern aus der Landwirtschaft, betroffenen Bewirtschaftenden sowie Eigentümerinnen und Eigentümern.

Als ein wichtiges Resultat des vorliegenden Pilotprojektes soll aufgezeigt werden, wie sich der Schutz der Moorbiotope durch eine ausreichende Wasserversorgung mit guter Wasserqualität sicherstellen lässt. Wesentlich sind dabei durchlässige Strassen im Einzugsgebiet und der Verzicht auf zu stark entwässernde Strukturen wie z.B. Entwässerungsgräben, unterirdische Drainagen oder Wasserfassungen. Eine angepasste landwirtschaftliche Nutzung im Umfeld von Mooren kann dazu einen Beitrag leisten. Es kann davon ausgegangen werden, dass je nach Moortyp und vorhandenen Störungen sehr unterschiedliche Lösungen zum Ziel führen werden. Bei einigen Mooren könnten Massnahmen im geschützten Moor zu wesentlichen Verbesserungen führen. In anderen Mooren braucht es vermehrte Anstrengungen in der Umgebung. Beispielsweise, in dem durch Drainagen beschleunigtes Wasser über eine wiedervernässte Fläche verlangsamt wird. Dafür wurden durch Agroscope vorhandene Grundlagen zu bekannten standortangepassten Nutzungen um Moorbiotope aus Europa analysiert und Vorschläge für die Schweiz in Form von Merkblättern ausgearbeitet. Meliorationsprojekte, welche die landwirtschaftliche Nutzung für die nächsten Jahrzehnte prägen, stellen eine Gelegenheit dar, die hydrologische Situation von Mooren zu verbessern, indem Flächen wiedervernässt werden. Für diese Meliorationsprojekte liegt mit den Merkblättern eine Auslegeordnung vor, welche Nutzungen auf wiedervernässten Standorten möglich sind. Darauf aufbauend soll in diesem Projekt anhand von Pilotgebieten geprüft werden, welche konkreten Nutzungsformen unter welchen Rahmenbedingungen lokal oder auf gesamtschweizerischer Ebene umgesetzt werden können.

1.4 Ziele des vorliegenden Berichtes

- Die Zusammenstellung der aktuellen Landnutzungen im Umkreis der Moore der Schweiz und Erläuterung der möglichen Auswirkungen bezüglich Moorhydrologie, Risiko des Nährstoffeintrags und des Klimaschutzes.
- Einen Überblick verschaffen über eine Spannweite an Optionen standortangepasster Nutzungsformen für Flächen rund um Moore aller biogeographischen Regionen in der Schweiz. Das Aufzeigen der möglichen Auswirkungen dieser Nutzungen bezüglich Moorhydrologie, Risiko Nährstoffeintrag und Klimaschutz.
- Das Aufzeigen von Rahmenbedingungen, welche einer standortangepassten Nutzung entgegenlaufen.

2 Aktuelle Landnutzungen

2.1 Übersicht der Landnutzungen

Da die räumliche Ausscheidung der hydrologischen Pufferzonen von Mooren noch in Erarbeitung ist, wurde für die Betrachtung der aktuellen Landnutzungen als Annäherung die Flächen im Umkreis der geschützten Moorbiotope verwendet: Flächen 500m oberhalb des inventarisierten Moors und 25m unterhalb. Hierfür wurden das Höhenmodell swissALTI3D (swisstopo 2020) sowie das Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung (BAFU 2021) und das Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung verwendet (BAFU 2017).

Die gesamte Fläche aller geschützter Moore beträgt 282km² (225km² Flachmoore und 57km² Hoch- und Übergangsmoore) und die Flächen im oben errechneten Umkreis betragen 948km². Davon sind gemäss Arealstatistik 2013/18 (BFS 2020) 49% der Fläche nicht landwirtschaftlich genutzt; der grösste Teil dieser Fläche ist Wald (32% der gesamten Fläche) (Abb. 3). Für die Berechnung der landwirtschaftlichen Nutzfläche wurden Daten des Bundesamtes für Landwirtschaft (Landwirtschaftliche Nutzfläche 2021) verwendet (Abb. 4). Es handelt sich um Daten, welche die Kantone für die Direktzahlungen erheben. Dementsprechend sind nur Betriebe erfasst, welche Direktzahlungen erhalten, welches dem grössten Teil der Schweizer Betriebe entspricht.

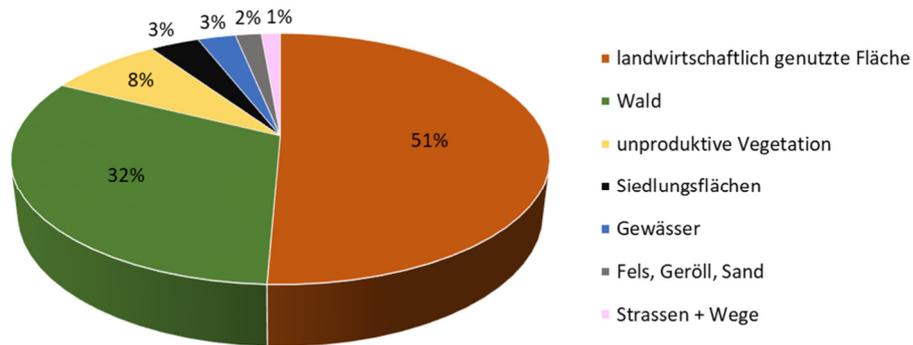


Abbildung 3: Landnutzung der Flächen im Umkreis der inventarisierten Hoch- und Flachmoore (Arealstatistik 2013/18).

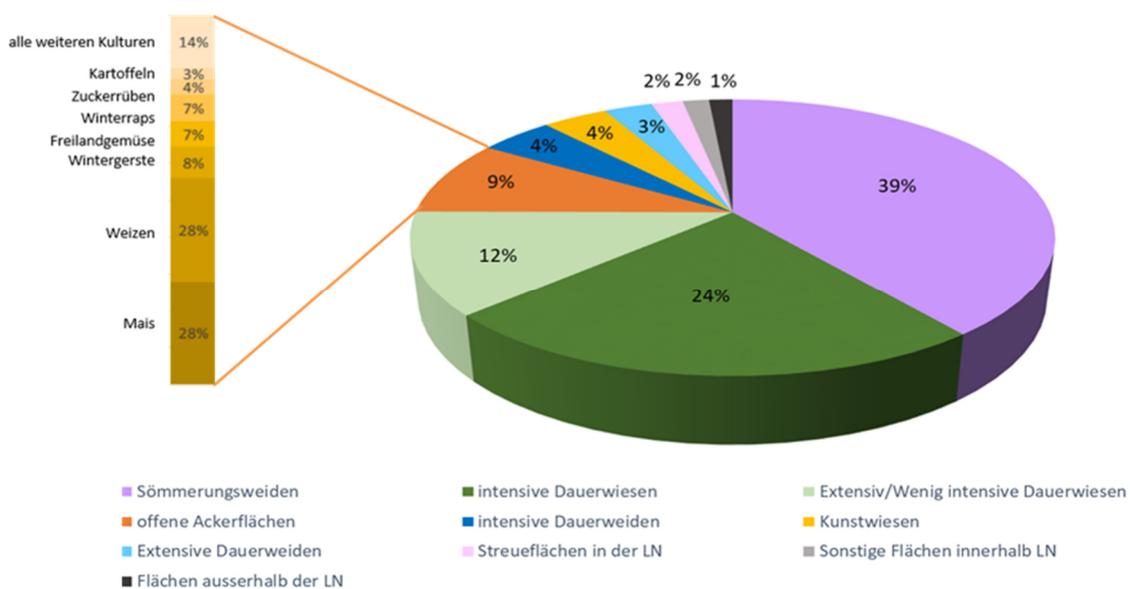


Abbildung 4: Landnutzung der Flächen im Umkreis der inventarisierten Hoch- und Flachmoore (Arealstatistik 2013/18).

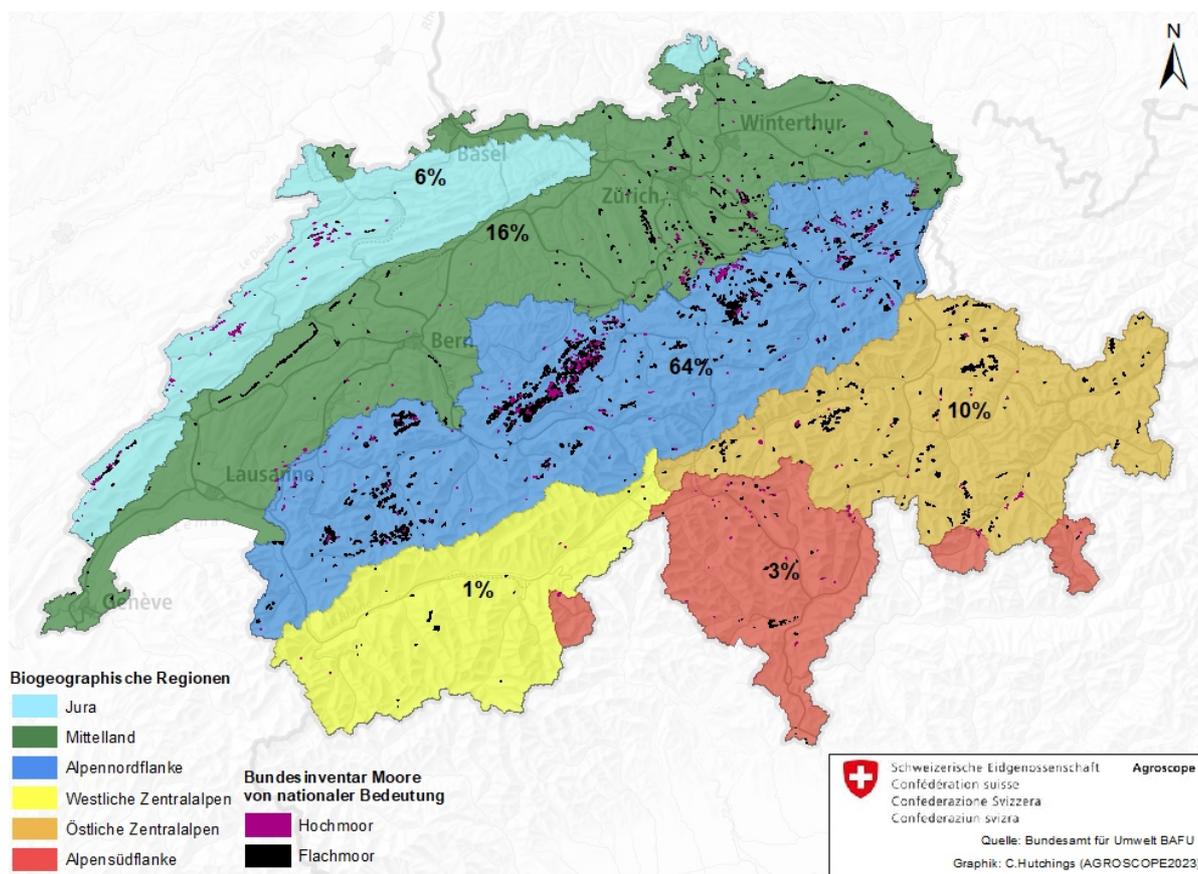


Abbildung 5: Verteilung und prozentuale Fläche der Moore von nationaler Bedeutung pro biogeographische Region.

In 2021 waren gemäss BLW (2021) Sömmerungsweiden mit knapp 40% flächenmässig die grösste landwirtschaftliche Nutzung im Umkreis der geschützten Moore (Abb. 5), da die meisten Moore in den voralpinen oder alpinen Bereichen liegen. Hoch-, Flach- und Übergangsmoore im nationalen Inventar liegen im Mittel auf 1266 m.ü.M. resp. zwischen 401 und 2805 m.ü.M. 24% der Fläche im Umkreis werden als intensive Dauerwiese und 12% als extensive oder wenig intensive Dauerwiese genutzt. Ackerflächen inklusive der Kunstwiesen betragen 13% der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Beim offenen Ackerland sind Mais (Körnermais, Silo- und Grünmais & Saatmais) sowie Weizen (Winterweizen, Sommerweizen & Futterweizen gemäss [Sortenliste swiss granum](#)) mit jeweils 28% die häufigsten Kulturen, gefolgt von Wintergerste (8%), Freilandgemüse (7%) und Winterraps zur Speiseölgewinnung (7%).

Der grösste Teil der inventarisierten Moore von nationaler Bedeutung liegt in der biogeographischen Region «Alpennordflanke», gefolgt vom Mittelland und den östlichen Zentralalpen (Abb. 5). Je nach biogeographischer Region liegt der Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche zwischen 36% bis 66% (Abb. 6a). Auch bei dem Flächenanteil der jeweiligen landwirtschaftlichen Nutzung gibt es grosse Differenzen (Abb. 6b). Während an der Alpennordflanke die Sömmerungsweiden überwiegen (66%), sind dies in den östlichen Zentralalpen und im Mittelland die Dauerwiesen (mit 87% respektive 45%) sowie die Ackerflächen (40%).

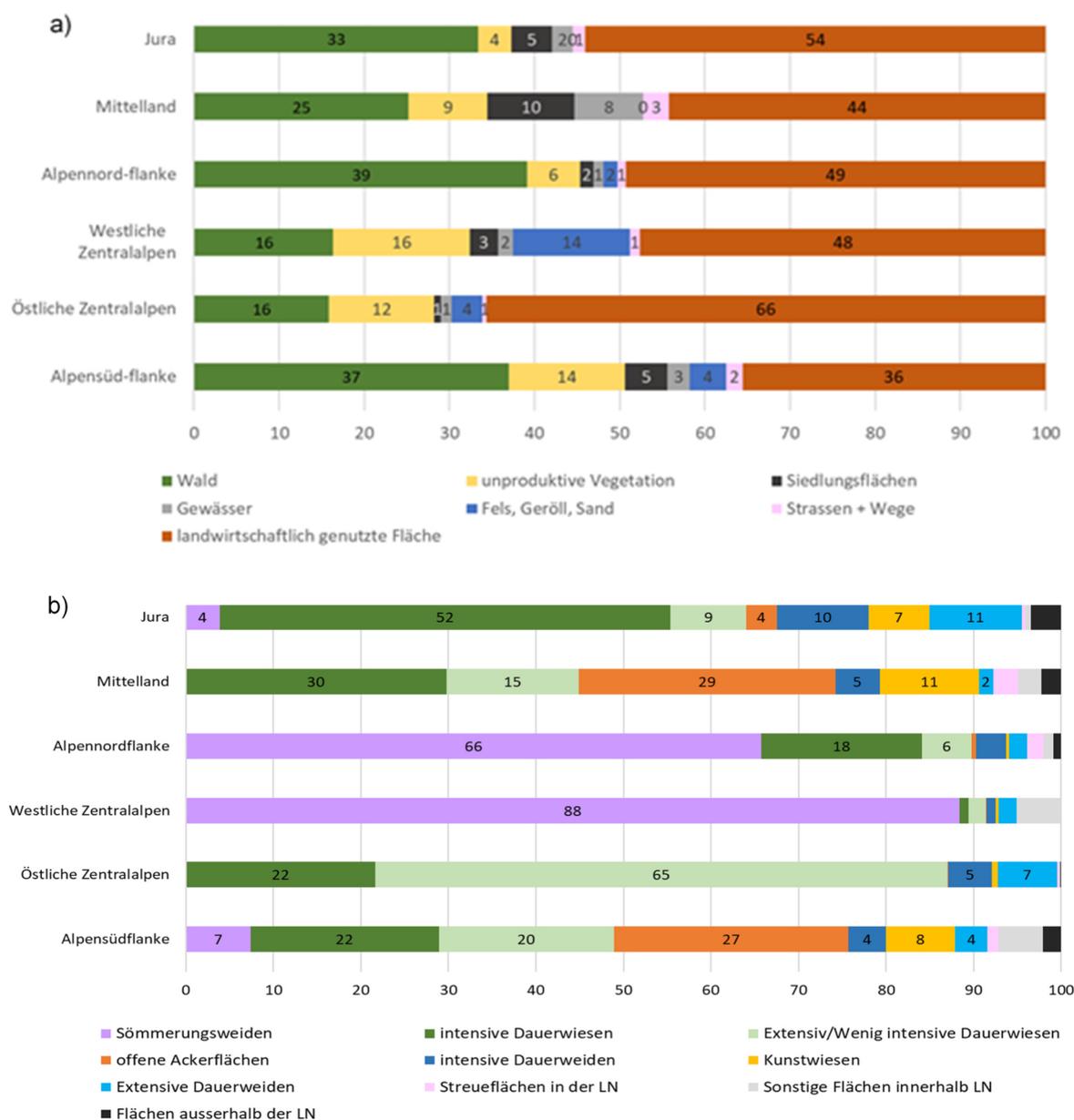


Abbildung 6: a) Landnutzung der Flächen im Umkreis der inventarisierten Moorflächen in der gesamten Schweiz und pro biogeographische Region (Arealstatistik 2013/18). b) Landwirtschaftliche Nutzung der Flächen im Umkreis der inventarisierten Moorflächen in der ganzen Schweiz und pro biogeographische Region in 2020 (BLW 2021).

2.2 Mögliche Auswirkungen der aktuellen Landnutzung

Die konkreten effektiven Auswirkungen der aktuellen Landnutzungen (wie auch alternative Landnutzungsoptionen) rund um Moore ist wesentlich davon geprägt, ob das Gebiet entwässert wird oder nicht. Neben der aktuellen Entwässerungssituation sind eine Vielzahl von Faktoren wie die Topographie, das lokale Klima, der Bodentyp und der Zustand des (Moor-)bodens und historische Landnutzungen. Dementsprechend muss für das jeweilige geschützte Moorbiotop die Situation von Fachpersonen genau angeschaut werden, um eine Einschätzung vornehmen zu können. Für eine Auswahl an Moorobjekten werden in einem anderen Projektteil dieses Pilotprojektes die Grundlagen für die Ausscheidung von hydrologischen Pufferzonen inklusive allfälliger Störungen bezüglich Wasserregime genau bestimmt. Insbesondere bezüglich Hydrologie haben diverse nicht landwirtschaftliche Landnutzungen Einfluss auf das geschützte Moorobjekt (Abb. 7). Diese werden nachfolgend erläutert.

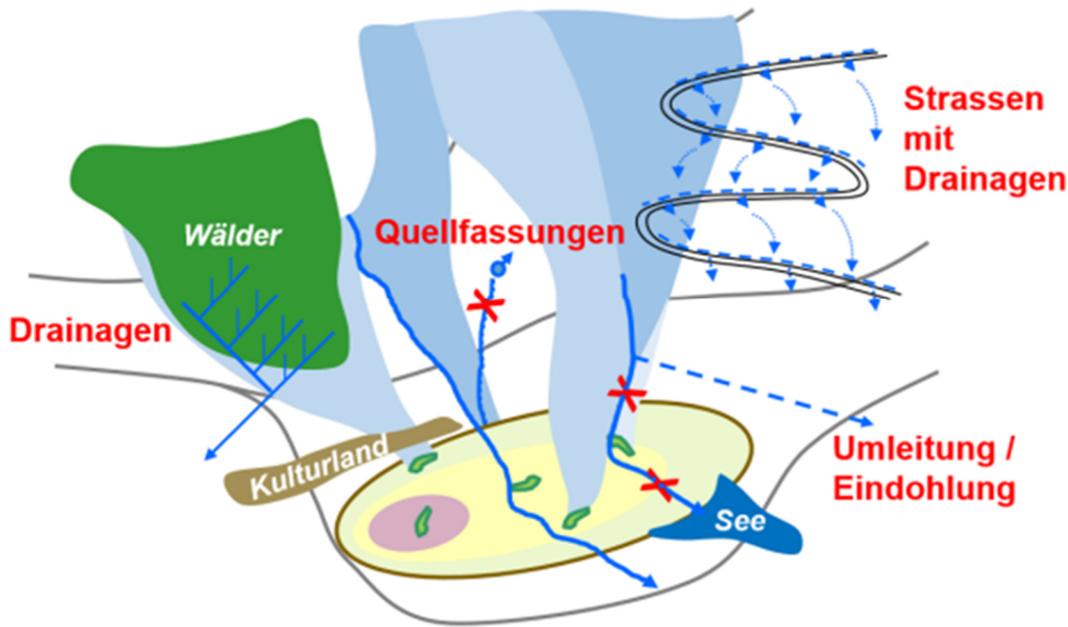


Abbildung 7: Beispiel für Störungen des Wasserregimes eines Moores (espace marais, 2023).

2.2.1 Nicht landwirtschaftliche Nutzungen

Wald hat mit 32% der gesamten Fläche um die Moorbiotope den grössten Anteil an nicht landwirtschaftlicher Nutzung. Je nach Art der Nutzung des Waldes kann sich die Verfügbarkeit von Wasser wie auch die Qualität des Wassers negativ auf ein Moorbiotop auswirken. Beispielsweise kann durch eine Drainage im Wald das Wasser umgeleitet und somit dem Moorbiotop entzogen werden (Shah et al. 2022).

Verbaute Flächen in Ortschaften wie auch Strassen (obwohl flächenmässig nur 1% der Landnutzung) können einen grossen Einfluss auf die Hydrologie des Moores haben. Versiegelte Flächen und allfällige Drainagen führen zu einer Umleitung und Beschleunigung des Wassers. Abfliessendes Wasser wird innerorts meist der Kanalisation und damit einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) zugeführt und andernorts wieder eingeleitet. Bei Strassen ausserorts führt die versiegelte Fläche zu einer Umleitung des Wassers, welches dann ggf. nicht mehr ins Moorobjekt gelangt. Ausserdem sind viele Strassen mit Entwässerungssystemen ausgestattet, welche die Wasserflüsse konzentrieren und umleiten. Durch die Konzentration von Wasser können tiefe Gräben in der Landschaft entstehen, die den Grundwasserspiegel absenken und so den Mooren Wasser entziehen. Weiterhin wird in vielen Einzugsgebieten von Mooren Wasser für unterschiedliche Zwecke (Trinkwasser, Energieerzeugung, Landwirtschaft, Beschneigung von Skipisten) gefasst (Espace marais 2023). Dementsprechend ist es von zentraler Bedeutung, dass der Einfluss der landwirtschaftlichen wie auch nicht landwirtschaftlichen Nutzungen auf die geschützten Moore berücksichtigt und quantitativ abgeschätzt werden, um für das jeweilige Moorobjekt möglichst effektive Massnahmen umsetzen zu können.

2.2.2 Landwirtschaftliche Nutzungen

Einfluss auf die Hydrologie

Bei den landwirtschaftlich genutzten Flächen beeinflussen neben den Standortbedingungen (u.a. Topographie, Bodentyp, Klima) vor allem die Art und der Zustand des Drainagesystems die Hydrologie der Flächen um und in den geschützten Moorobjekten. Die Lage der drainierten Flächen und der Einleitungsort haben einen grossen Einfluss auf die Moorhydrologie. Es ist bekannt, dass es bereits Anfang des 20. Jahrhunderts fast keine Moore ohne Spuren der Entwässerung mehr gab (Früh 1904). Eine intensive Landnutzung auf Moorböden ist ohne Drainage auch kaum möglich. Aufgrund der unzureichenden schweizweiten Bodendaten, ist über die genaue Verteilung der Bodentypen wenig bekannt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass direkt angrenzend an die geschützten Moorbiotope sich grösstenteils torfhaltige ehemalige Moorböden oder Übergangsböden, Böden mit flachen organischen Horizonten oder kohlenstoffreiche mineralische Böden befinden (Tiemeyer et. al 2016; Leifeld et. al 2019). Bei organischen Böden mit heutiger landwirtschaftlicher Nutzung ist die Wahrscheinlichkeit der Drainage hoch, bei Grasland jedoch geringer als bei Ackerland (Tiemeyer et. al 2020). Es gibt jedoch eine grosse Spannweite in der Häufigkeit und Tiefe der

Drainage zwischen den unterschiedlichen Grasland- bzw. Ackerlandflächen (Tiemeyer et al., 2020). Gramlich et al. 2018 haben Studien zu den Auswirkungen von Drainagen auf Wasserflüsse, Erosion und Stoffflüsse zusammengetragen, und folgende Auswirkungen von Drainagen festgestellt:

- eine Zunahme des jährlichen Wasserabflusses, da der Wasserspiegel nach der Drainage tiefer liegt. Die Wasserverluste variieren saisonal und je nach Kultur. Gegenläufig Prozesse bei Spitzenabflüssen: durch unterirdische Drainierung wird schneller oberflächlicher Abfluss reduziert, stattdessen erhöht sich die Transportgeschwindigkeit des unterirdisch abfließenden Wassers.
- Neben der Topographie, den Bodeneigenschaften, der Art des Drainagesystems (Installationstiefe, Abstand etc.) und dem Klima, beeinflusst auch die Landnutzung den Effekt der Drainage. Bodenbearbeitung kann den unterirdischen Abfluss in die Drainageröhre beschleunigen und erhöhen (besonders auf tonigen Böden), aber auch Makroporen und Risse unterbrechen und somit den Abfluss in Drainageröhren reduzieren. Die angebauten Nutzpflanzen beeinflussen einerseits die Ausmasse der Evapotranspiration und die unterschiedlichen Wurzelsysteme wirken sich auf die präferenziellen Fließwege aus.
- Bei organischen Böden führt die Entwässerung des Torfs zu erhöhten Jahres- und Niedrigwasserabflüssen, wobei die Spitzenabflüsse durch den tieferen Wasserspiegel anfänglich reduziert sind. Bleibt ein Boden über einen längeren Zeitraum unter drainierten Bedingungen, wird das organische Material abgebaut. Aufgrund der resultierenden Schrumpfungsprozesse und die dadurch gestörte Makroporenstruktur, nimmt die Wasserspeicherfähigkeit der Böden weiter ab. Durch diesen Prozess nimmt die Mächtigkeit der Böden langsam aber stetig bis auf Drainageniveau laufend ab und es kommt vermehrt zu Staunässe und zur Abnahme der Bodenfruchtbarkeit (Wichtmann et al. 2017).

Aufgrund der vielen Einflussfaktoren und vor allem der Bedeutung des Vorhandenseins und der Wirkung des Drainagesystems, können, basierend auf den vorhandenen Angaben zu der Art der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung, keine allgemeinen Aussagen getroffen werden. Vor allem sind auch die nicht landwirtschaftlichen Nutzungen (Siedlung, Strassen und Wege, Wald) von zentraler Bedeutung. Meliorationsprojekte bieten die Gelegenheit die hydrologische Situation im Agrarland zu verbessern, indem Flächen wiedervernässt werden.

3 Auswirkungen der Landnutzung um Moore auf das Klima

Die Bewirtschaftung und der entsprechende Entwässerungsstand von Böden kann, je nach Boden, hohe Treibhausgasemissionen verursachen. Die Auswirkungen der Landnutzung von Pufferzonen auf das Klima werden im Wesentlichen durch zwei Faktoren bestimmt: wie reich der Boden an organischem Kohlenstoff (C) ist und ob der Standort entwässert ist oder nicht. Da es weder eine landesweite Karte zu den Bodentypen noch eine detaillierte Karte zu organischen Böden gibt und da auch keine detaillierten Informationen zu Entwässerungen auf gesamtschweizerischer Ebene verfügbar sind, lassen sich die Auswirkungen der derzeitigen Nutzung von Pufferzonen auf das Klima nicht quantifizieren. Aufgrund der nachfolgend dargestellten Trends ist jedoch eine Abschätzung der wahrscheinlichen klimatischen Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung von vernässenden organischen und mineralischen Böden und Böden mit mittlerem C-Anteil möglich.

3.1 Organische Böden

In diesem Bericht werden organische Böden als Böden betrachtet, die sich unter wassergesättigten Bedingungen gebildet haben und die einen dicken, C-reichen Horizont aufweisen, der mit mineralischen Schichten durchsetzt sein kann. Zu diesen Böden gehören also sowohl Moorböden und Halbmoorböden (aus Hochmooren und zum Teil Niedermooren) als auch viele degradierte Moor-/Halbmoorböden. Der organische Kohlenstoff in diesen Böden sammelte sich über Jahrhunderte oder Jahrtausende unter wassergesättigten Bedingungen an. Durch die viel geringere Diffusionsgeschwindigkeit von Sauerstoff durch Wasser im Vergleich zu Luft wird die aerobe Zersetzung von organischem Material verhindert. Es findet zwar eine anaerobe Zersetzung der organischen Substanz statt, der Abbau ist jedoch langsamer als die Zufuhr organischer Substanz, was zu einer Ansammlung von organischer Substanz – als Torf – im System führt (Clymo 1984, Freeman 2001). Dieser organische Kohlenstoff ist jedoch nur stabil unter anaeroben Bedingungen bei Wassersättigung. Die Entwässerung von Torf führt dazu, dass der organische C der Luft (und damit dem Sauerstoff) ausgesetzt wird, was zu einer schnelleren aeroben Zersetzung führt. Der Kohlenstoff geht entweder direkt

als CO₂, als partikulärer organischer Kohlenstoff oder als gelöster organischer Kohlenstoff verloren. Es wird angenommen, dass er ausserhalb des Systems oxidiert wird, was schliesslich ebenfalls zu CO₂-Emissionen führt (Wilson et al. 2016).

Entsprechend gibt es viele wissenschaftliche Hinweise dafür, dass durch die Entwässerung organischer Böden hohe Treibhausgasemissionen entstehen, die hauptsächlich auf entweichendes CO₂ zurückzuführen sind (Wilson et al. 2016), obwohl auf landwirtschaftlichen Flächen auch N₂O-Emissionen von Bedeutung sind. Für gemässigte Klimazonen werden die CO₂-Emissionen je nach Landnutzung auf 9,5 bis 29 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ geschätzt (Wilson et al. 2016). Es wurde verschiedentlich gezeigt, dass die Rate der CO₂-Emissionen mit steigendem Grundwasserspiegel (GWS) abnimmt (Evans et al. 2021, Couwenberg et al. 2010, Tiemeyer et al. 2020, Leiber-Sauheitl et al. 2014). Ausserdem zeigten Tiemeyer et al. (2020) anhand von Daten zu 149 Standorten, dass der Zusammenhang zwischen Grundwasserspiegel (GWS) und CO₂-Emissionen je nach Landnutzung nicht wesentlich verschieden ist. Zumindest in naturnahen Systemen wurde in Studien sogar eine Nettoaufnahme von CO₂ bei einem GWS von etwa -10 cm bis 0 cm gemessen (z.B. Couwenberg et al. 2010, Tiemeyer et al. 2020). Zudem gibt es Hinweise darauf, dass der mittlere GWS im Sommer (Boonman et al. 2022) und Menge an trockenem organischem Boden (d.h. oberhalb des GWS, Paul et al. 2023) die CO₂-Emissionen stärker beeinflussen als der GWS im Jahresdurchschnitt.

Es besteht jedoch ein «Trade-off»: Trockengelegte organische Böden geben wenig oder gar kein Methan (CH₄) ab oder nehmen sogar CH₄ auf, während ein Anstieg des GWS ab etwa -20 cm bis -10 cm, zu hohen CH₄-Emissionen führen kann. So wurde in einigen Studien ein exponentieller Anstieg der CH₄-Emissionen mit steigendem GWS beobachtet (Tiemeyer et al. 2020, Couwenberg et al. 2011). Das ist grundsätzlich problematisch, denn obwohl CH₄ kurzlebig ist, hat es ein sehr hohes Treibhauspotential. Es ist allerdings anzumerken, dass die Unterschiede bei den CH₄-Emissionen sehr gross sein können und an einigen Standorten trotz hohem GWS geringe CH₄-Emissionen herrschen können (Evans et al. 2021, Tiemeyer 2020). Ein hoher GWS scheint also eine Voraussetzung für CH₄-Emissionen zu sein, ist aber nicht immer mit hohen Methanemissionen verbunden. Diese Einschränkung legt nahe, dass es möglich sein könnte, den GWS bis nahe an die Oberfläche zu erhöhen und gleichzeitig die CH₄-Emissionen niedrig zu halten. Es gibt Hinweise darauf, dass das Wasserregime, die Pflanzenarten, die Mikroorganismenzusammensetzung im Boden und die Nährstoffverfügbarkeit einen Einfluss auf die CH₄-Emissionen bei Überstau haben (Paul & Leifeld 2023). Wissenschaftliche Untersuchungen dazu fehlen aber.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch eine Erhöhung des GWS von entwässerten organischen Böden die CH₄-Emissionen in unterschiedlichem Ausmass steigen, die CO₂-Emissionen aber stark sinken. Diese Zusammenhänge ergeben einen – hinsichtlich der Treibhausgasemissionen – optimalen GWS von einigen Zentimetern unter der Oberfläche. Freeman et al. (2022) schätzen diese Tiefe auf $0,04 \pm 0,03$ m, ausgehend vom Treibhauspotential von CH₄ bei einem Zeithorizont von 100 Jahren (Abb. 8).

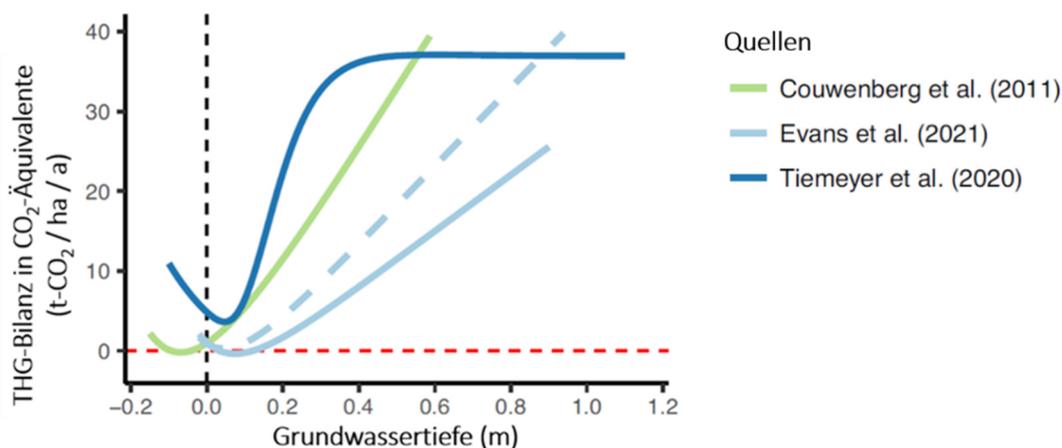


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen der Grundwasserstands-Tiefe (x-Achse) und der Treibhausgasbilanz in Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar pro Jahr (ha / a, y-Achse) für organische Böden, gemäss den drei aufgeführten Studien. Die optimale GWS-Tiefe liegt dort, wo die Linie am niedrigsten ist. Nach Freeman et al. 2022.

Wie stark sich die landwirtschaftliche Nutzung auf organischen Böden negativ auf das Klima auswirken, hängt also davon ab, ob sie entwässert sind. Über 80% der Flächen im Umfeld von Mooren sind bewaldet oder werden landwirtschaftlich genutzt. Bei landwirtschaftlicher Nutzung auf organischen Böden kann davon ausgegangen werden, dass diese Flächen in der Schweiz entwässert sind und somit hohe Treibhausgasemissionen verursachen. Dies liegt daran, dass mit Ausnahme von Reisfeldern (mit vernachlässigbarem Flächenanteil), Streueflächen und einigen nass bewirtschafteten Weiden die gesamte Landwirtschaft aus Kulturen mit «trockenem» Anbau besteht, die eine Entwässerung erfordern. Für die Schweiz werden die Treibhausgasemissionen einschliesslich N₂O aus landwirtschaftlich genutzten organischen Böden auf ca. 920 kt CO₂-Äquivalente/ha/Jahr geschätzt, äquivalent zu ca. 12% der Emissionen von der Sektor Landwirtschaft (BAFU 2024). Diese hohen Emissionen sowie der Verlust an

organischer Substanz aus dem Boden lassen annehmen, dass die landwirtschaftliche Nutzung organischer Böden nicht nachhaltig ist. Bei den bewaldeten organischen Böden ist die Situation weniger eindeutig: Obwohl die Entwässerung zu einem besseren Baumwachstum auf Böden führt, die zu Staunässe neigen, umfasst die Landnutzungskategorie «Wald» sowohl entwässerte als auch nicht entwässerte Flächen. Inwiefern detaillierte Höhenmodelle, wie z.B. Alti3D auf Swiss Topo auf entwässerte Waldflächen hinweisen können müsste geprüft werden. Es ist anzunehmen, dass auch der Boden entwässerter bewaldeter Torfgebiete organischen Kohlenstoff verliert (Wilson et al. 2016). Unklar ist, wie weit dieser Kohlenstoff-Verlust durch die zusätzliche Kohlenstoff-Aufnahme aufgrund des erhöhten Baumwachstums kurzfristig und je nach Verwendung des Holzes kompensiert wird. So wurden beispielsweise für finnische Moorwälder nach Drainage sowohl negative als auch positive Kohlenstoff-Bilanzen errechnet (Minkinen et al. 2002; Krüger et al. 2016). Zur gemässigten Zone gibt es nur wenige Untersuchungen, und es ist unklar, wie sich die Ergebnisse auf Bedingungen in der Schweiz bezüglich Klima und Vegetation übertragen lassen. Die einzige Studie in der Schweiz, in der Wälder auf entwässerten organischen Böden untersucht wurden, ergab eine grosse Bandbreite an langfristigen Kohlenstoff-Verlusten, wobei an einem Standort eine mit landwirtschaftlich genutzten Flächen vergleichbare Rate festgestellt wurde (Wüst-Galley et al. 2016).

3.2 Böden mit mittlerem organischem Anteil

Die Messung von Treibhausgasemissionen aus Kohlenstoff-reichen Böden konzentrierte sich in der Vergangenheit auf besonders Kohlenstoff-reiche Böden, typischerweise mit mindestens 20 bis 30% organischem Kohlenstoff in einer Schichtdicke von > 40 cm (Leiber-Sauheitl et al. 2014). Es gibt jedoch auch Böden mit mittlerem organischem Anteil. Diese haben entweder einen flachen organischen Horizont oder einen niedrigeren Gehalt an organischem Kohlenstoff um als typisch organische Böden zu gelten. Es handelt sich entweder um stark degradierte Moorböden oder um Böden, die durch die Einmischung einer Sand- oder Mineralschicht entstanden (Leifeld et al. 2019, Tiemeyer et al. 2016). Die wenigen vorhandenen Messungen der Treibhausgasemissionen solcher Böden zeigen, dass ihre CO₂-Emissionen mit den Emissionen Kohlenstoff-reicherer Böden vergleichbar sind (Tiemeyer et al. 2016, Höper et al. 2015, Leifeld et al. 2019). Dies lässt vermuten, dass die Entwässerung bei solchen Böden ähnliche negative Auswirkungen auf das Klima haben wie bei den häufig untersuchten Kohlenstoff-reicheren organischen Böden.

3.3 Mineralische Böden

Bei den landwirtschaftlich genutzten mineralischen Böden in der Schweiz wird davon ausgegangen, dass sie in einem Zeithorizont von Jahrzehnten durchschnittlich weder Quellen noch Senken von organischem Kohlenstoff sind (BAFU 2024). Diese Annahme beruht auf Modellierungen des organischen Kohlenstoff im Boden und auf Kohlenstoff-Messungen von Langzeitmonitoringstationen. Es ist jedoch zu beachten, dass einzelne Standorte oder Regionen in der Schweiz in diesem Zeithorizont Kohlenstoff-Senken oder Kohlenstoff-Quellen darstellen können (Gubler et al. 2020, Moll-Mielewczik et al. 2023, BAFU 2024), weil auch standortspezifische Faktoren (Boden, Klima oder Bewirtschaftung) eine Rolle spielen.

Die Auswirkungen der Entwässerung auf die Kohlenstoff-Reserven oder CO₂-Flüsse sind für mineralische Böden weniger gut dokumentiert als für organische Böden, was zum Teil daran liegt, dass der Entwässerungszustand eines Standorts in den entsprechenden Publikationen nur selten erwähnt wird (Leifeld et al. 2019). Leifeld et al. (2019) fassen das aktuelle Wissen über Treibhausgasemissionen entwässerter mineralischer Böden zusammen und kommen zum Schluss, dass Kohlenstoff aus diesen Böden freigesetzt wird. Die Rate der Kohlenstoff-Verluste ist viel geringer als bei Böden mit hohem oder mittlerem Gehalt an organischem Kohlenstoff, aber viel höher als bei (natürlicherweise) trockenen mineralischen Böden. Zudem ist es zu erwarten, dass die langfristige CO₂ Emissionspotenzial geringer ausfällt.

4 Auswirkungen mineralischer Überschüttungen und alternativer Landnutzungen auf das Klima

Aus den oben aufgeführten Studien geht hervor, dass sich eine Erhöhung des GWS bei Kohlenstoff-reichen Böden im Umfeld von Mooren und/oder bei in der Vergangenheit entwässerten organischen oder Kohlenstoff-reichen Böden positiv auf das Klima auswirkt. Die Nutzung einer Fläche muss aber im Hinblick auf minimale CH₄-Emissionen durch die Anhebung des GWS optimiert werden.

Für die Bewirtschaftung organischer Böden wird ein mittlerer GWS empfohlen, der nicht tiefer als ca. -45 cm liegt um die Treibhausgasemissionen gering zu halten. Der Zusammenhang zwischen GWS und Treibhausgasbilanz ist für tief entwässerte Kohlenstoff-reiche Böden unsicher (Abb. 8). In einigen Studien (z.B. Evans et al. 2021) ergab sich ein linearer Rückgang der CO₂-Emissionen mit steigendem GWS. Bei einer Erhöhung des GWS von einer tiefen auf eine moderate Entwässerung ist also mit

einem proportionalen Rückgang der Treibhausgasemissionen zu rechnen. Dagegen zeigten Tiemeyer et al. (2020), dass ein Rückgang der CO₂-Emissionen erst bei einem Anstieg des GWS auf über ca. -30 cm zu beobachten war. In anderen Studien (z.B. Couwenberg 2011) wurden Auswirkungen festgestellt, die zwischen diesen Ergebnissen liegen und andere Studien deuten nicht auf eine damit verbundene Reduktion der Treibhausgasemissionen hin. Die klimatischen Auswirkungen einer Erhöhung des GWS bei Kohlenstoff-reichen Böden von einer tiefen auf eine moderate Entwässerung (z.B. von -100 cm auf -50 cm) sind also insgesamt ungewiss und sollten intensiver erforscht werden.

4.1 Übersättigung von Böden

Immer öfter wird in der Schweiz eine mineralische Übersättigung eingesetzt. Sie ermöglicht die weitere landwirtschaftliche Nutzung von Feldern, die sich aufgrund ungleichmässiger Bodensenkungen nur noch schwer bewirtschaften lassen, wenn die Senkungen eine instabile Struktur, Stauässe oder Austrocknung verursachen. Obwohl die mineralische Übersättigung nicht zu den empfohlenen Praktiken rund um Moore gehört, wird sie hier erwähnt, weil sie häufig auf entwässerten Kohlenstoff-reichen Böden durchgeführt wird (da diese anfällig für Absenkungen sind). Es bestehen nur wenige Studien zu den Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen. Die Daten zu drei Standorten mit Sandgemisch in Deutschland deuten darauf hin, dass die Emissionen ähnlich sind wie bei typischen entwässerten landwirtschaftlichen Flächen auf (entwässerten) organischen Böden (Höper et al. 2015). Eine kürzlich in der Schweiz durchgeführte Studie, bei der im St-Galler Rheintal vier Jahre lang kontinuierliche CO₂-Messungen (mit der Eddy-Kovarianz-Methode) durchgeführt wurden, kam zum Schluss, dass eine mineralische Übersättigung allein die CO₂-Emissionen nicht verringert. Eine Reduktion der CO₂-Emissionen wird nur beobachtet, wenn der darunterliegende Torfkörper und damit der organische Boden wassergesättigt ist (Paul et al. 2023).

4.2 Alternative Landnutzungen wie Paludikulturen

Paludikultur ist die Bewirtschaftung ehemaliger Moorstandorte unter feuchten Bedingungen zur Erzeugung von Biomasse. Unsere mechanistischen Annahmen zu Kohlenstoff-reichen Böden und Messungen an diesen Böden legen nahe, dass sich die Bewirtschaftung von Kohlenstoff-reichen Böden als Paludikultur im Vergleich zu ihrer trockengelegten Bewirtschaftung positiv auf das Klima auswirkt. Es gibt jedoch nur wenige Messungen der Treibhausgasemissionen von Paludikulturen, vermutlich, weil es sich um relativ neue Bewirtschaftungsarten handelt. Paul & Leifeld (2023) fassen die relevante wissenschaftliche Literatur zu Treibhausgasemissionen von Paludikulturen zusammen. Viele Studien zeigen geringere CO₂-Emissionen von Standorten mit Pflanzen, die typischerweise in Paludikulturen angebaut werden. Dagegen können die CH₄-Emissionen sehr hoch sein, insbesondere an Standorten mit Überschwemmungsbedingungen (einschliesslich Gräben, z.B. Daun et al. 2023). Vernässte Böden die gedüngt werden stossen zumal verstärkt N₂O aus. Dadurch kann ein Standort zwar eine Kohlenstoff-Senke sein und dennoch Treibhausgasemissionen verursachen (z.B. Günther et al. 2015, Minke et al. 2016, Daun et al. 2023). Die Bewirtschaftung muss also im Hinblick auf minimale CH₄- und N₂O-Emissionen optimiert werden. Ausserdem sind die Schwankungen innerhalb eines Jahres und zwischen verschiedenen Arten/Vegetationen hoch (z.B. Günther 2015, Minke et al. 2016, Hatala et al. 2012). Für genauere Aussagen zur Treibhausgasbilanz der Paludikultur sind also Messungen über mehrere Jahre und generell mehr Messungen erforderlich.

Ausserdem gibt es sehr wenig Untersuchungen zu den Treibhausgasemissionen von Paludikulturen, bei denen die Ernte berücksichtigt wird. Durch die Ernte wird dem System Kohlenstoff (als Biomasse) entnommen, was bei der Kohlenstoff-Bilanz zu berücksichtigen ist. Daun et al. (2023) zeigten, dass bei der Bewirtschaftung von Sphagnum trotz Ernte Kohlenstoff aufgenommen wird. Andererseits haben Günther et al. (2015) eine negative Kohlenstoff-Bilanz (d.h. Kohlenstoff-Verluste) des gesamten Systems für Rohrkolben und Schilf und eine je nach Jahr unterschiedliche Kohlenstoff-Bilanz für Sumpfschilf festgestellt.

Nassreis ist eine weitere vielversprechende Paludikultur, die ausserdem Nahrungsmittel liefert und in der Schweiz rentabel angebaut werden kann. Es liegen kaum Daten zu Treibhausgasemissionen durch den Anbau von Nassreis ausserhalb der Tropen/Subtropen vor. Knox et al. (2015) stellten fest, dass der Anbau von Nassreis zwar Treibhausgase freisetzt, diese Emissionen aber im Vergleich zu nahe gelegenen Standorten mit Trockenbewirtschaftung um etwa 60-70% tiefer waren. Am selben Standort war in den zwei vorangehenden Jahren eine Nettoaufnahme von Treibhausgasen festgestellt worden (Hatala 2012). Erste Messungen in der Schweiz (Wüst-Galley et al. 2023) zum Reisanbau mit hohem GWS (aber ohne Überschwemmungsbedingungen) zeigten sehr niedrige CH₄-Emissionen im Vergleich zum Nassreisanbau in der gemässigten Zone auf organischen Böden. Es fehlen allerdings begleitende CO₂-Messungen und Messungen zu weiteren Jahren.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass sich dieser Abschnitt (Paludikultur) auf Kohlenstoff-reiche Böden bezieht, bei denen die Erhöhung des GWS mit einer Reduktion der CO₂- aber einer Zunahme der CH₄-Emissionen verbunden ist. Die Überflutung trockener mineralischer Böden birgt dagegen die Gefahr einer Verschlechterung der Treibhausgasbilanz, wenn die CH₄-Emissionen nicht

durch eine Reduktion der CO₂-Emissionen kompensiert werden. Daher müssen die standortspezifischen Bedingungen geprüft werden, bevor Änderungen der Nutzung vorgenommen werden.

5 Alternative Landnutzungen organischer Böden für die Schweiz

Folgende Ziele werden mit alternativen Landnutzungen angestrebt:

- langfristige Sicherung der landwirtschaftlichen Nutzung durch die Erhaltung der Produktionsgrundlage
- langfristige Stärkung der regionalen Wertschöpfung
- Reduktion der negativen Einflüsse auf die im Einzugsgebiet liegenden geschützten Moorbiotope bezüglich Wasserhaushalt und Nährstoffen
- Reduktion der Treibhausgasemissionen von Moorböden
- Förderung der Biodiversität und Schaffung von Ersatzlebensräumen für seltene Tier- und Pflanzenarten
- Förderung eines standorttypischen Landschaftsbildes

Um diese Ziele zu erreichen, wurde ein Agroscope Transfer Artikel mit allgemeinen Informationen zu alternativen Nutzungsformen (Agroscope Transfer Nr. 539), ein Merkblatt mit angepasster Technik für Flächen mit hohen Wasserständen (Agroscope Merkblatt Nr. 177) und sieben Merkblätter mit alternativen landwirtschaftlichen Nutzungen erarbeitet:

- **Beweidung** mit Rassen, die auf Feuchtflächen angepasst sind (Agroscope Merkblatt Nr. 170)
 - Rinder
 - Wasserbüffel
 - Gänse
 - Schafe
 - Rotwild
 - Pferde
- **Graslandbestände** (Agroscope Merkblatt Nr. 171)
 - Diverse Feucht- und Frischwiesen
 - Streuefläche
 - Rohrglanzgraswiese
 - Grosseeggerried
- **Rohrkolben** und **Schilf** (Agroscope Merkblätter Nr. 172, 173 und 174)
- **Weide** (*Salix* sp.) (Agroscope Merkblatt Nr. 175)
- **Torfmoose** (Agroscope Merkblatt Nr. 176)

Die vorgeschlagenen Nutzungen setzen sich aus extensiven Bewirtschaftungsformen oder geeigneten Nutzungen für feuchte bis nasse Standorte zusammen. Darunter sind auch sogenannte Paludikulturen: produktive Landnutzungen von nassen und wieder-vernässten organischen Böden, die die organische Substanz erhalten und CO₂-Emissionen und Sackung minimieren. Bei den vorgeschlagenen Nutzungen handelt es sich um bekannte Formen der Nutzung von Feuchtgebieten aus der Schweiz und Europa oder teils auch aus anderen Regionen der Welt. Einige werden schon in der Schweiz umgesetzt (z.B. Streuenutzung, nasse Weiden, [Nassreis](#)).

Die Merkblätter geben Auskunft über Standorteignung, Anbau, Ernte, Management, mögliche Direktzahlungen, Vermarktungsmöglichkeiten und Auswirkungen auf die Moore bezüglich Wasserhaushalt, Nährstoffe und Treibhausgasemissionen (Anhang Tab. A1).

Weitere alternative Kulturen, die in der Literatur genannt, oder vereinzelt im In- und Ausland ausprobiert werden sind:

- Sonnentau (*Drosera* sp.) als Medizinalpflanze
- Heidelbeeren und Preiselbeeren (*Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea*), Moltebeeren (*Rubus chaememorus*) zum Verzehr, oder als Medizinalpflanzen
- Wasserspinat (*Ipomoea aquatica*) zum Verzehr
- Wasabi (*Eutrema japonicum*) zum Verzehr

Über diese Alternativen liegen jedoch noch nicht genug Erfahrungen in unseren geografischen Breiten mit dem Anbau und zur Wirtschaftlichkeit vor, so dass noch keine Empfehlungen abgegeben werden können.

6 Rahmenbedingungen für alternative Landnutzungen auf organischen Böden in der Schweiz

Die vorgeschlagenen alternativen Landnutzungen auf organischen Böden im Umfeld von Mooren stehen teilweise in Kontrast zur aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung dieser Flächen. Aktuell sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen für eine Förderung der Umstellung der Landnutzung nicht gegeben, sodass eine Umstellung aus betriebswirtschaftlicher Sicht meist nicht sinnvoll ist. Wiedervernässungen sind einschneidende und langfristig zu planende Massnahmen. Möglicherweise ist Landabtausch nötig, z.B. wenn die an Paludikultur interessierten Landwirte ihr Land nicht dort haben, wo die Wiedervernässung hydrologisch am meisten Sinn macht. Meliorationsprojekte bieten sich hierfür an. Diverse Faktoren können dem Erfolg dieser Meliorationsprojekte aber derzeit entgegenstehen (Tab. 1).

Tabelle 1: Hemmnisse für die Umsetzung nasser Moornutzung wie Paludikulturen (übernommen von Nordt et. al 2022 und angepasst für den Schweizer Kontext)

Agrarförderung
<ul style="list-style-type: none"> • Direktzahlungen für nur wenige Paludikulturen. Streueflächen und Nassreis werden jedoch schon mit Direktzahlungen und als Biodiversitätsförderfläche finanziell unterstützt. • Förderung für entwässerungsbasierte Nutzung von Moorflächen beeinträchtigt die Wettbewerbsfähigkeit von alternativen Nutzungen • Zahlung öffentlicher Gelder für klimaschädigende Entwässerung von organischen Böden stellt das Verursacherprinzip auf den Kopf und setzt falsche Anreize
Rechtliche Rahmenbedingungen
<ul style="list-style-type: none"> • Einschränkung bei der energetischen Verwertung von halmgutartiger Biomasse, da diese in rechtlicher Hinsicht gemäss Luftreinhalte-Verordnung (LRV) nicht als Brennstoff, sondern als biogener Abfall gilt • Bewilligungen des Kantons wird benötigt für die Kultivierung von z.B. Torfmoosen (NHG Art. 20 & NHV Art. 20 Abs & Anhang 2) • mangelnder Zwang, organische Böden klimaschonend für die Verbesserung von CO₂ im Boden, Hochwasserschutz, Biodiversität zu bewirtschaften • Sorge vor naturschutzrechtlichen Auflagen: Offene Fragen bezüglich der Möglichkeiten der Rückführung der Flächen zu einer intensiveren Nutzung nach der Ansiedlung geschützter Zielarten
Betriebliche Aspekte
<ul style="list-style-type: none"> • Paradigmenwechsel: Bruch mit Traditionen, Rechtfertigungsdruck, Pioniergeist und Risikobereitschaft sind erforderlich • Betriebliche Opportunitätskosten und Zwänge weisen eine grosse betriebsindividuelle Bandbreite auf • Hohe Anfangsinvestitionen (Flächeneinrichtung, Anpflanzung, Erntetechnik) stellen für den einzelnen Landwirt eine hohe Hürde dar • Es fehlen betrieblich wirksame Honorierungsinstrumente für den hohen gesellschaftlichen Nutzen einer Umstellung auf Paludikulturen oder andere alternative Landnutzungen (Ausnahmen: Nassreis, Beweidung mit extensiven Tier-rassen, Streueflächen) • Fehlende pflanzenbauliche Langzeiterfahrung zur Bestandsführung, Kalamitäten, Ertragsentwicklung • Wissensmangel: fehlende Beratung, berufliche Aus- und Weiterbildungen; Demonstrationsbetriebe fehlen
Verwertung von und Nachfrage nach Paludikulturen
<ul style="list-style-type: none"> • Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage (teilweise geringe Transportwürdigkeit der Biomasse bzw. fehlende Anbauflächen) • Wenig Erfahrungen, neue Produktketten, mangelnder Marktzugang • Hohe Investitionskosten für Anlagen zur Biomasseverwertung (Heizwerk, Plattenwerk etc.), wenige vorhandene Kooperationsstrukturen • Fehlende Zertifikate, Patente, Lebenszyklusanalysen • Vorgaben für Vergabe und Beschaffung zur Entwicklung der Märkte für ökologische, klimafreundlich produzierte Rohstoffe und Produkte

Wassermanagement und –verfügbarkeit
<ul style="list-style-type: none"> • Notwendigkeit von aufwändiger hydrologischer Planung und gezieltem Wassermanagement • Risiko: Wasserknappheit, zu wenige oder zu viele Nährstoffe • Hindernisse für Vernässung sind die Beeinträchtigung benachbarter Flächen, zersplitterte Eigentumsverhältnisse, Verpflichtung aus Pachtverträgen • Wiedervernässung von Einzelflächen ist technisch möglich, aber teuer – kooperative, einzugsgebietsbezogene Ansätze sind sinnvoll, aber aufwändig
Vorbehalte von Nutzenden, Eigentümerinnen & Eigentümern, Anwohnenden
<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Bereitschaft, Meliorationen als Errungenschaft (von früheren Generationen) aufzugeben • Investitionsrisiken und Unsicherheiten hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit (Abnehmerstruktur, Erzeugerpreise, Märkte, Demonstrationsbetriebe) • Fehlende Planungssicherheit und institutionelle Komplexität • Favorisierung von Tierhaltung und Lebensmittelproduktion gegenüber der Biomasseproduktion zur stofflichen oder energetischen Verwertung • Angst vor materiellem Wertverlust (vernässte Keller, Grundstückswert) • Beeinträchtigungen in der Lebensqualität (Insekten, Verlust vertrauter Landschaft und bekannter Naherholungsgebiete)
Finanzierungsbedarf, Kosten für
<ul style="list-style-type: none"> • Vorstudien, hydrologische Gutachten, Planungs- und Genehmigungsverfahren, v. a. bei grösseren Flächen • Infrastruktur für Wasserstandsanhhebung und Wassermanagement • Umstellung der Betriebsstruktur (Landtechnik, Logistik- und Weiterverarbeitungsanlagen) • Flächensicherung und/oder Kompensation zur Akzeptanz von Wasserstandsanhhebungen • Eigenanteil bei der Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsprojekten

6.1 Wirtschaftlichkeit und Förderung

Ein zentraler Punkt ist die Wirtschaftlichkeit, welche einerseits aus Kosten und Erlösen aus dem Verkauf der Ernteprodukte sowie aus möglichen Entschädigungen und Direktzahlungen resultiert. Angaben zu den Kosten und Erlösen für die vorgeschlagenen Landnutzungen sind schwierig: Es fehlen Erfahrungen in der Schweiz. Wirtschaftliche Aspekte werden nur aus wenigen Projekten berichtet und lassen sich nur sehr bedingt auf die Schweiz übertragen. Ein Überblick über die Berechnungen bzw. Abschätzungen einiger alternativer Landnutzungsoptionen wird nachfolgend gegeben (Tab. 2); genauere Information dazu sind in den entsprechenden landnutzungsspezifischen Merkblättern zu finden.

Tabelle 2: Kosten, Erlöse und Gewinne (respektive Verluste) pro Hektare für alternative Landnutzungsoptionen unter günstigen, mittleren und ungünstigen Szenarios. Die Berechnungen für Rohrkolben, Schilfröhricht und Torfmoos stammen aus Deutschland und die Zahlen lassen sich nicht eins zu eins auf Schweizer Verhältnisse übertragen. Durch Differenzen in den Erlösen je nach verkauftem Produkt und zugänglichem Absatzmarkt, sowie variablen Kosten durch z.B. unterschiedliche Anbauverfahren, sind die Angaben mit Unsicherheiten behaftet, die zu Unterschieden im Gewinn / Verlust führen.

Landnutzung	Szenario	Kosten	Erlös	Gewinn/Verlust	Referenz
Rohrkolben €/ha/a	Ungünstig	4'330	2'106	-2'224	Birr et al. (2021); basiert auf Schätzl et al. (2006):
	Mittel	3'630	3'537	-93	
	Günstig	2'760	5'400	2'740	
Schilfröhricht €/ha/a	Ungünstig	495	208	-287	Wichmann (2017)
	Mittel	412	465	53	
	Günstig	538	1'215	677	
Torfmoos €/m ³	Ungünstig	95	25	-440	Wichmann et al. 2017 & 2020
	Mittel	260	388	113	
	Günstig	425	750	665	
Weide CHF/ha/a	Ungünstig	205	29	-40	Waldwissen (2009) & Emme- Forstbaumschulen AG (2023)
	Mittel	294	36	9	
	Günstig	382	44	58	
Nassreis CHF/ha/a	Mittel	18'363	28'875	10'513	Angaben eines Landwirtes

Für die vorgeschlagene Graslandnutzung und Beweidung liegen Angaben für die Schweiz vor und die vorhandenen Deckungsbeträge ähnlicher Nutzungen können beigezogen werden (Tab. 3). Bei der Graslandnutzung liegt der Deckungsbeitrag für extensive Naturwiese bei 364 CHF/ha (Agridea 2022). Gemäss Gazzarin & Rötheli (2011) sind bei allen extensiven Grünlandpflegeverfahren (Siloballen, Bodenheuballen und Kleinballen Belüftungsheu) die Markterlöse so gering, dass ungedeckte Kosten je nach Region und Verfahren zwischen 100 und 2300 CHF/ha liegen. Während bei einer Verwertung als Futter oder Einstreu die Flächen Direktzahlungsberechtigt sind, kann bei einer energetischen oder stofflichen Verwertung im Baubereich die Fläche gemäss aktueller Einschätzung des BLWs nicht mehr als Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) anerkannt werden. Dementsprechend **fallen die Direktzahlungen weg**, was die Umsetzung der Massnahme unwirtschaftlich macht. Bei einer Beweidung der Flächen mit den vorgeschlagenen Tierarten und Rassen, kann die Fläche als LN anerkannt bleiben. Die Haltung von Robustrindern ist am wirtschaftlichsten, hängt aber von der Rasse und Produktlinie ab; gewisse Rassen eignen sich als Zweinutzungstiere (Tab. 3). Gazzarin et al. (2022) kam bei einem Vergleich von 19 Betrieben mit «Original-Simmentalern» mit 56 Betrieben mit anderen Rassen im Berggebiet zum Schluss, dass die Betriebe mit Simmentalern aufgrund der deutlich geringeren Einzeltierleistung im Schnitt 24% weniger Milch produzierten. Diese Erlöseinbussen werden jedoch durch höhere Nebenerlöse aus dem Tierverkauf und den Direktzahlungen mehr als kompensiert. Auch bei Schafen spielt das Produktionsziel eine Rolle: Während die Wirtschaftlichkeit der Lammfleischproduktion in der Schweiz oft ungenügend ist, kann ein Fokus auf produktivere Mutterauen zu finanziellen Verbesserungen führen (Gazzarin 2019).

Erfahrungen aus dem Ausland zeigen, dass die Wirtschaftlichkeit der meisten Paludikulturen aktuell gering ist und die alternativen Nutzungen nicht mit geförderten entwässerungsbasierten Nutzungen konkurrieren können. Betriebe sollten deswegen finanziell unterstützt werden, um die Umstellung zu sichern, um einen etwaigen Ertragsausfall zu kompensieren, einen Anschub für die Erschliessung neuer Märkte zu leisten sowie die diversen Leistungen des landwirtschaftlichen Betriebes für die Gesellschaft (CO₂-Reduktion, Förderung der Biodiversität, etc.) zu entschädigen. Während aus privatwirtschaftlicher Sicht eine Wiedervernässung mit allfälliger standortangepasster Bewirtschaftung meist nicht sinnvoll ist, ist unter Berücksichtigung dieser Ökosystemleistungen aus volkswirtschaftlicher Sicht eine Umstellung die beste Option (Abb. 9). Wenn man diese Berechnung auf die Schweiz übertragen würde, ist eine noch grössere Differenz zwischen entwässerten und wiedervernässen Flächen zu erwarten: In Deutschland ist erstens die Höhe der Agrarförderung bei allen Optionen gleich und zweitens ist der Anteil der Fördermittel an den gesamten

Einkünften geringer (Abb. 9). In der Schweiz lag der Anteil der Fördermittel im Zeitraum 2004 bis 2014 im Schnitt bei 70% (BFS 2022), in Deutschland bei nur 48% (Bonn et al. 2015). Gemäss Ländervergleich der OECD steht die Schweiz an zweiter Stelle, nur Norwegen stützt seine Landwirtschaft noch stärker (Economiesuisse 2019). Demensprechend könnte für Flächen, die gegenwärtig nicht standortangepasst genutzt werden, eine Verschiebung der Direktzahlungen auf moorverträglichere und biodiversitätsfördernde Landnutzungen eine Umstellung ermöglichen. In Bayern (DE) gibt es bereits ein spezielles Moorbauernprogramm. Bisher wurde nur die Umstellung von Ackerland auf Grasland unterstützt (StMELF 2023). Ab Januar 2024 werden Feucht- und Nasswiesen sowie Paludikulturen explizit gefördert (Bittlmayer, 2023).

Es ist ein vierstufiges Förderprogramm vorgesehen:

1. Umwandlung von Acker auf Grünland
2. Nasswiesen bei entsprechenden Zeigerarten
3. Wasserstand von mindestens -20cm unter Flur
4. Paludikulturen.

Angedacht sind Prämien für jede Stufe. Die ersten zwei Stufen sind befristet auf 5 Jahre, um eine Umstellung zu unterstützen. Bei Stufe 3 und 4 soll eine langfristige Förderung möglich sein, da sich für diese Nutzungen erst ein Absatzmarkt der Produkte entwickeln muss. Die Höhe der Beträge ist noch nicht bekannt, aber wird auf Stufe 3 und 4 etwa vergleichbar sein mit den Erlösen für Maisanbau für Biogas, welche auf organischen Böden in Bayern relativ verbreitet sind. Je höher die Stufe, desto höher auch der Beitrag (Bittlmayer 2023). Von zentraler Bedeutung ist nicht die Förderung der Kulturen allein, sondern spezielle Fördermassnahmen für organische Böden im Vergleich zu mineralischen Böden, da sich die Ziele unterscheiden (Ferré et al. 2019).

Tabelle 3: Deckungsbeiträge von alternativen Landnutzungen auf feuchten Wiesen und Weiden, und mit Zweitnutzungsbeiträgen/ Direktzahlungsbeiträgen inclusive Biodiversitätsförderflächenbeiträgen (Agridea 2022).

	Deckungsbeitrag CHF pro Jahr	Deckungsbeitrag inklusive Zweitnutzungs- und Direktzahlungsbeiträgen CHF pro Jahr
Robustrinder, Direktvermarktung (Deckungsbeitrag je Tier)	3'600	3'992
Mutterkuhhaltung BIO Natura-Beef	2'085	2'428
Mutterkuhhaltung für die BIO-Remonten- produktion	1'202	1'534
Fleischschafe	284	318
Fleischschafe, BIO	311	345
Fleischschafe, Direktvermarktung	313	347
Milchschaft BIO (Basis : Lacaune)	1'105	1'154
Damhirsch	155	163
Rothirsch	202	218
Pferdezucht, Freiburger extensiv	-3'068	-2'468
Naturwiese ÖLN extensiv	364	2'094
Naturwiese BIO extensiv	554	2'484

Neben Unterstützung und Entschädigung aus der öffentlichen Hand, gibt es auch **Möglichkeiten der Finanzierung durch die Privatwirtschaft**, beispielsweise in Form von Kohlenstoffzertifikaten, als Ersatzmassnahmen bei Bauten und Anlagen mit Eingriffen in schützenswerte Lebensräume oder finanzielle Unterstützung der Kultivierung von Torfmoosen von Firmen, welche die Absichtserklärung zur Torfreduktion unterzeichnet haben. Beispielsweise wurde in Bayern eine Wasserbüffelweide als Ersatzmassnahmen für den Ausbau einer Autobahn unterstützt. Zertifikate von *moorfutures*, welche stets schnell ausverkauft sind, ermöglichen es Firmen ihre CO₂ Emissionen zu kompensieren (Joosten 2013). In der Schweiz wurde *maxmoor* entwickelt, mit welchem abgeschätzt werden kann, welche CO₂-Emissionen durch eine Wiedervernässung drainierter Hochmoore verhindert werden und wie viele sich kompensieren lassen (WSL, 2019). Unter Verwendung dieses Standards können Firmen durch die Stiftung *myclimate* ihre CO₂-Emissionen kompensieren und finanzieren so die Renaturierung von Hochmooren mit (*myclimate* 2023). Die aktuelle Kontroverse über Kohlenstoffzertifikate im Globalen Süden, deren effektiver Nutzen umstritten ist, schlecht kontrolliert werden kann und bei denen die Finanzflüsse nur teilweise nachvollzogen werden können (Probst et al. 2023), stellt ein Argument dafür dar, diese Mechanismen vermehrt lokal, in der Schweiz einzusetzen und damit im Inland Emissionen zu kompensieren.

Der zeitgleiche **Aufbau einer Wertschöpfungskette** ist von zentraler Bedeutung, denn für viele Landnutzungen gibt es noch keinen Absatzmarkt in der Schweiz. Diverse Firmen, welche Produkte aus den alternativen Landnutzungen herstellen und vermarkten, existieren in Deutschland. Die teilweise geringe Transportwürdigkeit der Biomasse erfordert jedoch regionale Verarbeitungsstätten und Absatzmärkte. Erste Erfahrungen liegen in der Schweiz vor: beim Anbau von Rohrkolben in einem Pilotprojekt im Wauwilermoos wurde das «Businet Rohrkolben» etabliert, welches durch regioSuisse und von Seecon GmbH finanziert wurde. Dieses Netzwerk aus selbständigen Firmen, Organisationen und Institutionen verfolgte das Ziel, gemeinsam die «Wertschöpfungskette Rohrkolben» aufzubauen und zu verbessern. Aufgrund von zu wenig regional verfügbarer Biomasse war die Produktion von z.B. Pellets jedoch nicht wirtschaftlich und wurde eingestellt (Kulturland 21 GmbH, 2024).

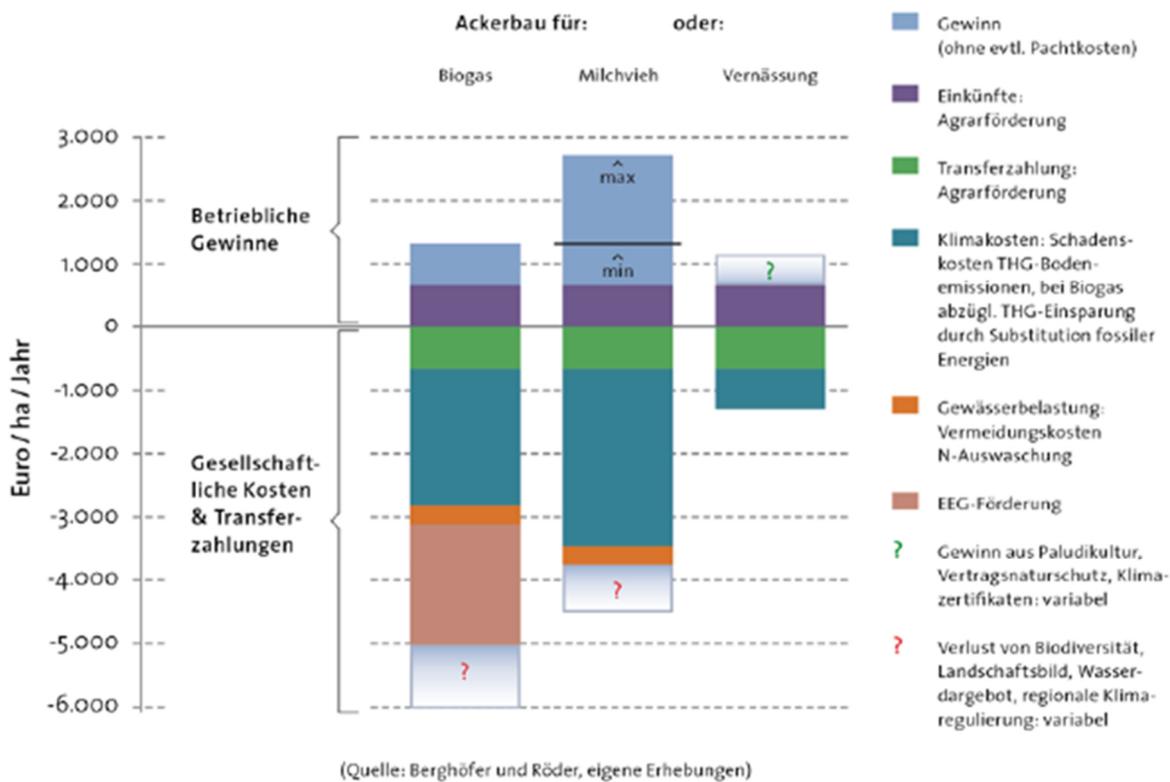


Abbildung 9: Privater Nutzen und gesellschaftliche Kosten und Transferzahlungen von drei verschiedenen Landnutzungen auf entwässerten Niedermoorstandorten in Niedersachsen. Einerseits ein entwässerter Standort, genutzt für den Energiepflanzenanbau für Biogas bzw. für die Futtermaisproduktion (Milchviehhaltung) andererseits ein wiedervernässter Standort (Bonn et al. 2015). EEG: Erneuerbare-Energien-Gesetz.

6.2 Betriebliche Aspekte und Standortbedingungen

Die Wirtschaftlichkeit wie auch andere Aspekte, welche eine Umstellung beeinflussen, hängen stark von den aktuellen Produktionszielen und von der Betriebsstruktur des jeweiligen Betriebs ab. Bei Betrieben mit Tieren ist ein Umstieg auf Nasswiesen und Weiden mit robusten Rassen oder ggf. anderen Tierarten sinnvoller, da Erfahrungen und/oder relevanten Maschinen bereits vorhanden sind. Auch kann die Biomasse der Nass- und Feuchtwiesen teils als Futter oder als Einstreu verwertet werden, und der Betrieb ist nicht abhängig vom Aufbau eines Absatzmarkts für z.B. Baustoffe. Bei reinen Ackerbaubetrieben besteht kein Eigenbedarf für Futter oder Einstreu, so kommt eher eine Umstellung auf Paludikulturen in Frage. Bei allen alternativen Nutzungsformen handelt es sich um relativ unbekannte Bewirtschaftungsarten für den Betrieb und die Erlöse aus der Verwertung sind, wenn ein Absatzmarkt etabliert ist, bei den Baustoffen höher. Auch der Arbeitsaufwand der jeweiligen Nutzung kann einen bedeutenden Einfluss auf die Entscheidung einer allfälligen Umstellung haben. Während vor allem die Dauerkulturen (Schilf, Rohrkolben, alle Graslandbestände und Weide) weniger Arbeitszeit in Anspruch nehmen und bei Schilf und Rohrkolben die Ernte in den Wintermonaten anfällt, ist bei Reis, Torfmoosen, Sonnentau und allen Beeren meist viel Handarbeit notwendig.

Im Seeland beispielsweise, wo auf vielen organischen Böden Gemüse angebaut wird, wären Nassreis, oder Torfmoosanbau mögliche Alternativen. Der Nassreisanbau wird auf 4 Betrieben im Seeland (Kantone Fribourg und Bern) schon erfolgreich durchgeführt. Der Reis erzeugt im Direktverkauf bei günstigen Wetterbedingungen passable Gewinne (Fabian et al. in Vorbereitung). Der Anbau von Torfmoosen für den Torfersatz oder für Renaturierungsprojekte oder Sonnentau für Pharmazeutika verspricht hohe Beschäftigungsquoten und der Markt angemessene Gewinne (Ferré et al. 2019).

Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass auf Flächen mit bereits heute geringer Wirtschaftlichkeit eine Umstellung eher in Betracht gezogen werden könnte. Dies sind unter anderem Flächen (mineralische oder organische Böden) mit veralteten Drainagesystemen. Kommt es auf entwässerten Moorböden zu Sackung und Schrumpfung, nimmt auch die Produktivität ab. Weiterhin ist die Produktivität in Berggebieten im Vergleich zum Talgebiet meist geringer, sodass der Anteil an Direktzahlungen am Gesamteinkommen viel höher ist. Zum Beispiel zeigte die Auswertung von Daten von 42 professionellen Mutterkuhbetrieben aus verschiedenen Regionen durch Gazzarin & Jan (2022), dass die höhere Produktivität auf den Talbetrieben in einem 20% höheren Deckungsbeitrag (exkl. Direktzahlungen) resultiert. Jedoch war auf Grund der höheren Direktzahlungen das Einkommen je Hektar der Bergbetriebe doppelt so hoch. Die Direktzahlungen müssten so zugunsten der Kohlenstoff-speichernden Landnutzung angepasst werden, dass keine finanziellen Einbussen entstehen, auch wenn die Erlöse aus den alternativen Landnutzungen gering sind. Um den Bodendruck zu reduzieren und die Befahrbarkeit zu ermöglichen, ist bereits heute auf Nass- und Feuchtwiese angepasste Technik oder Spezialtechnik im Einsatz. Insbesondere ist diverse Kleintechnik für die Bewirtschaftung in Bergregionen entwickelt worden (Birr et al. 2021 & Thurner, S, 2023). Diese Kleintechnik ist in der Schweiz teils bereits vorhanden und könnte auch auf trockenen bzw. mineralischen Böden eingesetzt werden und ist somit vielfältig einsetzbar.

Bei Standorten mit kleinen Flächen bzw. Flächenanteilen pro Betrieb an organischen Flächen in der Nähe von Mooren ist eine ganzheitliche Lösung nötig. Eine Wiedervernässung von Einzelflächen ist zwar technisch möglich, aber teuer Aufwand und Kosten für eine angepasste Bewirtschaftung sollten für kleine Flächen wie in der Schweiz sorgfältig abgewogen werden. Eine Umstellung auf Streuflächen ist gut für kleine Flächen geeignet, da auch geschützte Mooregebiete häufig so bewirtschaftet werden. Der Anbau von Rohrkolben und Schilf eignet sich eher für grösseren Flächen. Damit eine Herstellung von Bauplatten aus Rohrkolben für eine Firma lohnenswert ist, braucht es gemäss Berechnungen des Fraunhofer-Instituts etwa 20ha Rohrkolbenanbaufläche (Krus, 2023). Ganzheitliche Lösungen für Moore können z.B. in Form eines Flächenaustauschs erreicht werden, oder die Bewirtschaftung der umgestellten Flächen wird in Form einer Dienstleistung von einem Betrieb für alle Flächen des Moorstandortes bzw. in der Region übernommen. In Bayern (DE) wird dies häufig angewandt und alle Kosten für Flurbereinigungen werden in solchen Fällen vom Staat getragen (Bittlmayer 2023). Auch in der Schweiz werden Landumlegungen durch Bund und Kantone finanziell unterstützt (Art. 14 Abs.1 Bst. a Strukturverbesserungsverordnung).

7 Schlussfolgerung

Für diesen Grundlagenbericht wurden aktuelle und alternative Nutzungen von Nassstandorten aus der Schweiz und ihren Nachbarländern zusammengetragen und bezüglich ihrer hydrologischen und ökologischen Auswirkungen auf die unterschiedlichen Moortypen in der Schweiz bewertet. Leider können nicht alle eingangs genannten Ziele erreicht werden. Eine Anhebung des Wasserspiegels auf organischen Böden und die vorgeschlagenen alternativen Landnutzungen können zwar erfolgreich zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen und einer Verbesserung der Hydrologie der Moore beitragen. Die alternativen Landnutzungen sind jedoch meist extensiver als die aktuell vorherrschenden und ihr Anbau, die Verwertung der Produkte und ihre Wirtschaftlichkeit sind aktuell nur in Ausnahmefällen gegeben. Ihr Einfluss auf Ökosystemleistungen und Nährstoffflüsse, sowie auf die Biodiversität, sind für die Schweiz nicht, oder wenig bekannt.

Die alternativen Landnutzungen sind aktuell kaum wirtschaftlich und können meist nicht mit geförderten entwässerungsbasierten Nutzungen konkurrieren. Betriebe sollten deswegen finanziell unterstützt werden, um die Umstellung zu sichern, einen etwaigen Ertragsausfall zu kompensieren, einen Anschub für die Erschliessung neuer Märkte zu leisten sowie die Leistungen des landwirtschaftlichen Betriebes für die Gesellschaft (CO₂-Reduktion, Vernässung des Moorstandortes und Förderung der Biodiversität, etc.) zu entschädigen. Dies kann entweder über eine Anpassung der Direktzahlungen geschehen, oder über CO₂-Zertifikate, oder über Kombinationen der beiden Massnahmen. Die Rahmenbedingungen für die vorgeschlagenen Kulturen sollten für die Schweiz wissenschaftlich untersucht und begleitet werden. Workshops für betroffene Landwirte, Entscheidungsträger und die verwertenden Industriezweige könnten zu einer grösseren Akzeptanz und Umsetzung führen.

8 Dank

Alle Faktenblätter der Reihe «Standortangepasste Nutzungen für vernässende landwirtschaftliche Flächen» wurden im Auftrag und mit Unterstützung des Bundesamts für Umwelt der Schweiz erstellt. Besonders danken wir der Begleitgruppe der Projektes für die wissenschaftlichen Diskussionen und für die Qualitätsprüfung dieser Publikation.

9 Literatur

- Abel, S., Barthelmes, A., Gaudig, G., Joosten, H., Nordt, A., & Peters, J. (2019) Klimaschutz auf Moorböden - Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 03.
- Agridea (2022) Deckungsbeiträge 2022 Getreide, Hackfrüchte, übrige Ackerkulturen, Futterbau, Spezialkulturen, Tierhaltung
- BAFU (2017) Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung
- BAFU (2021) Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2101: 134 S
- BAFU (2021) Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung
- BAFU (2022) Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren
https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/biodiversitaetspolitik/strategie-biodiversitaet-schweiz-und-aktionsplan/aktuelle_projekte/nachhaltige_nutzungen_mooren.html. Zuletzt besucht: 04/2023.
- BAFU (2024) Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2021. Bern, Schweiz
- Bergamini, A., Ginzler, C., Schmidt, B.R., Bedolla, A., Boch, S., Ecker, K., Graf, U., Kuchler, H., Kuchler, M., Dosch, O. & Holderegger, R. (2019) Zustand und Entwicklung der Biotope von nationaler Bedeutung: Resultate 2011–2017 der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz. WSL Bericht. 85, 104 S.
- BFS (2020) Arealstatistik 2013/18. Sektion Geoinformatik, Neuchâtel. Bundesamt für Statistik
- BFS (2022) Subventionen in der Landwirtschaft im europäischen Vergleich.
<https://www.bfs.admin.ch/asset/de/23828762>
- Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., Tanneberger, F., Zeitz, J. & Luthardt, V. (2021) Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Flachmooren - Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren. 148 S. Auszug aus den BfN-Skripten 616, bearb. Fassung. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde und Greifswald Moor Centrum (Hrsg.). Eberswalde, Greifswald.
- Bittlmayer, H. (Konferenzbeitrag 2023). Klimaschutz durch Moorbodenschutz in Bayern mit der Landwirtschaft. in „Moorschutz praktisch - Moorschutz, Klimaschutz, Artenschutz und Landwirtschaft“ vom 20. - 22. Juli 2023. Leipheim
- BLW (2021) [Landwirtschaftliche Kulturlächen \(admin.ch\)](#)
- Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H. & Stoneman, R. (2016) *Peatland restoration and ecosystem services: science, practice, policy*. Cambridge University Press. 493 S.
- Bonn, A. Berghöfer, A., Couwenberg, J., Drösler, M., Jensen, R., Kantelhardt, J. & Luthardt V. (2015): Klimaschutz durch Wiedervernässung von Kohlenstoffreichen Böden. In: Hartje, V., Wüstemann H. und Bonn, A. (Hg.): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Berlin, Leipzig, 125-147.
- Boonman, C.C.F., Heuts, T.S., Vroom, R.J.E., Geurts, J.J.M. & Fritz, C. (2023) Wetland plant development overrides nitrogen effects on initial methane emissions after peat rewetting. *Aquatic Botany* 184, 103598.
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103598>
- Broggi, M.F., 1994. Fragen und Antworten zum Flachmoorinventar. In: Bressoud, B., Broggi, M.F., Gonet, C., Hintermann, U., Grünig, A., Küttel, M., Marti, K., Schlegel, H., Theis, E. (Eds.), Handbuch Moorschutz in der Schweiz 1. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, Switzerland.
- Bundesamt für Umwelt; Wald und Landschaft (BUWAL) (2002) Handbuch Moorschutz in der Schweiz.

CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report, National Centre for Climate Services, Zurich, 271 pp.

ISBN: 978-3-9525031-4-0

Clymo, R.S. (1984) The limits to peat bog growth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* 303, 605-654.

Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärtsch, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. & Joosten, H. (2010) Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 2011. 674, 67–89.

Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärtsch, S., Dubovik, D., Liashchynskaya, N., Michaelis, D., Minke, M., Skuratovich, A. & Joosten, H. (2011) Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Wetland Restoration* 674, 67-89.

Daun, C., Huth, V., Gaudig, G., Günther, A., Krebs, M. & Jurasinski, G., (2023) Full-cycle greenhouse gas balance of a Sphagnum paludiculture site on former bog grassland in Germany. *Science of The Total Environment* 877, 162943. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162943>

Economiesuisse (2019) Wie stark ist die Stützung der Schweizer Landwirtschaft im internationalen Vergleich? <https://www.economiesuisse.ch/de/dossier-politik/wie-stark-ist-die-stuetzung-der-schweizer-landwirtschaft-im-internationalen>

Emme-Forstbaumschulen AG (2023) PREISLISTE I AUSGABE I EDITION 2022/2023. Schweizer Pflanzen mit Schweizer Herkunft. https://www.emme-forstbaumschulen.ch/assets/Downloads/AAD211191_Emme_Preisliste_Versand_2023.pdf

EU Peatlands & CAP Network (2021) Policy Briefing Paper “Definition of paludiculture in the CAP” <https://greifswaldmoor.de/aktuelles/was-eigentlich-ist-paludikultur.html> Zuletzt besucht: 04/2023.

Espace marais (2023) Identifizierung der wichtigsten anthropogenen Veränderungen und Störungen des Wasserregimes in der hydrologischen Pufferzone https://marais.ch/doc/Info_etape_perturbations_methode_EM_DE.pdf. Evans, C.D., Peacock, M., Baird, A.J., Artz, R.R.E., Burden, A., Callaghan, N., Chapman, P.J., Cooper, H.M., Coyle, M., Craig, E., Cumming, A., Dixon, S., Gauci, V., Grayson, R.P., Helfter, C., Heppell, C.M., Holden, J., Jones, D.L., Kaduk, J., Levy, P., Matthews, R., McNamara, N.P., Misselbrook, T., Oakley, S., Page, S.E., Rayment, M., Ridley, L.M., Stanley, K.M., Williamson, J.L., Worrall, F. & Morrison, R. (2021) Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature*, 2021. 593(7860), 548-552.

Ferré, M., Muller, A., Leifeld, J., Bader, C., Müller, M., Engel, S. & Wichmann, S. (2019) Sustainable management of cultivated peatlands in Switzerland: Insights, challenges, and opportunities. *Land Use Policy*, 87.

Freeman, B., Evans, C., Musarika, S., Morrison, R., Newman, T., Page, S., Wiggs, G., Bell, N., Styles, D., Wen, Y., Chadwick, D., & Jones, D. (2022) Responsible agriculture must adapt to the wetland character of mid-latitude peatlands. *Global Change Biology*, 28.

Freeman, C., Ostle & N.J., Kang, H. (2001) An enzymic ‘latch’ on a global carbon store. *Nature* 409, 149.

Früh, J. & Schröter, C. (1904) Die Moore der Schweiz: mit Berücksichtigung der gesamten Moorfrage.

Gazzarin C. & Rötheli E. (2011) Die Kosten der Grünlandpflege: ART-Bericht 740. *Schweizer Landtechnik*, 12, 2011, 53-62.

Gazzarin, C. (2019) Optimale Produktionssysteme in der Mutterschafhaltung: Produktivität als Schlüssel für den wirtschaftlichen Erfolg. *Agroscope Transfer*, 292, 1-12.

Gazzarin, C. & Jan, P. (2022) Wirtschaftlich optimale Produktionssysteme in der Mutterkuhhaltung: Eine ökonomische Analyse basierend auf 42 Mutterkuhbetrieben im Tal- und Berggebiet. *Agroscope Science*, 138, 1-34.

Gazzarin, C., Blättler, T., Bütler, A., Durgiai, B. & Schmid, D. (2022) Bergmilchproduktion mit Zweinutzungskühen – alter Zopf oder wieder rentabel? *Agrarforschung Schweiz*, 13, 190-197.

- Gramlich, A., Stoll, S., Aldrich, A., Stamm, C., Walter, T. & Prasuhn, V. (2018) Einfluss landwirtschaftlicher Drainage auf den Wasserhaushalt, auf Nährstoffflüsse und Schadstoffaustrag. *Agroscope Science*, 73, 1-53.
- Grünig, A. (1994) Mires and Man. mire conservation in a densely populated country – the swiss experience. Excursion guide and symposium proceedings of the 5th field symposium of the International Mire conservation Group (IMCG) to Switzerland 1992. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. 415 p.
- Gubler, L., Ismail, S.A. & Seidl, I. (2020) Biodiversitätsschädigende Subventionen in der Schweiz. *Grundlagenbericht. WSL Bericht 96*. 218 S.
- Gubler, A., Wächter, D., Schwab, P., Müller, M., Keller, A., (2019) Twenty-five years of observations of soil organic carbon in Swiss croplands showing stability overall but with some divergent trends. *Environmental Monitoring and Assessment* 191, 277. [10.1007/s10661-019-7435-y](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7435-y)
- Günther, A., Huth, V., Jurasinski, G., Glatzel, S., (2015) The effect of biomass harvesting on greenhouse gas emissions from a rewetted temperate fen. *GCB Bioenergy* 7, 1092-1106. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12214>
- Hatala, J.A., Detto, M., Sonnentag, O., Deverel, S.J., Verfaillie, J. & Baldocchi, D.D. (2012) Greenhouse gas (CO₂, CH₄, H₂O) fluxes from drained and flooded agricultural peatlands in the Sacramento-San Joaquin Delta. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 150, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.009>
- Höper, H., 2015. Treibhausgasemissionen aus Mooren und Möglichkeiten der Verringerung. *TELMA* 5, 133-158.
- Hutchings, C., Spiess, E. & Prasuhn, V. (2023) Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz mit MODIFFUS 3.1, Stand 2020. *Agroscope Science*, 155, 1-161.
- Joosten, H. (Konferenzbeitrag 2023) Erfolgreicher Klimaschutz ohne Moore – undenkbar! in „Moorschutz praktisch - Moorschutz, Klimaschutz, Artenschutz und Landwirtschaft“ vom 20. - 22. Juli 2023. Leipzig
- Joosten, H., Brust, K., Couwenberg, J., Gerner, A., Holsten, B., Permien, T., Schäfer, A., Tanneberger, F., Trepel, M. & Wahren, A. (2013) MoorFutures®. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate. Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skripten, Band 350. 130 S. Bonn: Bundesamt für Naturschutz
- Knox, S.H., Sturtevant, C., Matthes, J.H., Koteen, L., Verfaillie, J. & Baldocchi, D. (2015) Agricultural peatland restoration: effects of land-use change on greenhouse gas (CO₂ and CH₄) fluxes in the Sacramento-San Joaquin Delta. *Glob. Chang. Biol.*, 21, 750-765.
- Krüger, J.P., Alewell, C., Minkinen, K., Szidat, S. & Leifeld, J. (2016) Calculating carbon changes in peat soils drained for forestry with four different profile-based methods. *Forest Ecology and Management* 381, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.006>
- Krus, M. (Konferenzbeitrag 2023) Neuer tragfähiger und dämmender Baustoff aus Rohrkolben (Typha) in „Moorschutz praktisch - Moorschutz, Klimaschutz, Artenschutz und Landwirtschaft“ vom 20. - 22. Juli 2023. Leipzig
- Küchler, M., Bergamini, A., Bedolla, A., Ecker, K., Feldmeyer-Christe, E., Graf, U. & Holderegger, R. (2018) Moore der Schweiz: Zustand, Entwicklung, Regeneration Haupt Verlag.
- Leifeld, J., Vogel, D. & Bretscher, D. (2019) Treibhausgasemissionen entwässerter Böden. *Agroscope Science*, 74, 27.
- Leiber-Sauheitl, K., Fuß, R., Voigt, C. & Freibauer, A. (2014) High CO₂ fluxes from grassland on histic Gleysol along soil carbon and drainage gradients. *Biogeosciences* 11, 749-761. <https://doi.org/10.5194/bg-11-749-2014>
- Leupi, E. (1994) Kleinseggenriede der Schweiz und ihre Böden. In: Bressoud, B., Broggi, M.F., Gonet, C., Hintermann, U., Grünig, A., Küttel, M., Marti, K., Schlegel, H., Theis, E. (Eds.), *Handbuch Moorschutz in der Schweiz* 1. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, Switzerland.

- Marti, K., Kürsi, B.O., Heeb, J. & Theis, E. (1997) Pufferzonenschlüssel Leitfaden zur Ermittlung von ökologisch ausreichenden Pufferzonen für Moorbiotope. 2. Auflage. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft. 52 S.
- Minkinen, K., Korhonen, R., Savolainen, I. & Laine, J. (2002) Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900–2100 – the impact of forestry drainage. *Glob. Chang. Biol.* 8, 785-799.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00504.x>
- Moll-Mielewczik, J., Keel, S.G. & Gubler, A. (2023) Organic carbon contents of mineral grassland soils in Switzerland over the last 30 years. *Agr. Ecosyst. Environ.* 342, 108258.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108258>
- myclimate (2023) Renaturierung von Schweizer Hochmooren. <https://www.myclimate.org/de-ch/aktiv-werden/klimaschutzprojekte/renaturierung-von-schweizer-mooren/>
- Nordt, A., Wichmann, S., Risse, J., Peters, J. & Schäfer, A. (2022) Potenziale und Hemmnisse für Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“. Hsg. v. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt). Berlin.
- Paul, S., Alewell, C. & Leifeld, J. (2023) Final Report: 'Climate Relevance of organic soils: GHG Balance of Soil Coverages and Climate Policy Assessment. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern, pp. 1-37.
- Paul, S. & Leifeld, J., (2023) Management of organic soils to reduce soil organic carbon losses. In: Rumpel, C. (Ed.), *Understanding and fostering soil carbon sequestration*. Burleigh Dodds Scientific Publishing, Cambridge, UK, pp. 617–680.
- 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, DOI: 10.21203/rs.3.rs-3149652/v1
- Schätzl, R., Schmitt, F., Wild, U. & Hoffmann, U. (2006): Gewässerschutz und Landnutzung durch Rohrkolbenbestände. *Wasserwirtschaft* 96, 24-27.
- Shah, N.W., Baillie, B.R., Bishop, K., Ferraz, S., Högbom, L. & Nettles, J. (2022) The effects of forest management on water quality, *Forest Ecology and Management*, 522, 120397, ISSN 0378-1127,
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120397>.
- StMELF, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, (2023) Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM). <https://www.stmelf.bayern.de/foerderung/foerderung-von-agrarumweltmassnahmen-in-bayern/index.html>
- swisstopo (2020) swissALTI3D. Bundesamt für Landestopographie
- Tiemeyer, B., Albiac Borraz, E., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Drösler, M., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Freibauer, A., Giebels, M., Glatzel, S., Heinichen, J., Hoffmann, M., Höper, H., Jurasinski, G., Leiber-Sauheitl, K., Peichl-Brak, M., Roßkopf, N., Sommer, M. & Zeitz, J. (2016) High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*, 22 (12), 4134-4149.
- Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E.A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., Beyer, C., Ebli, M., Eickenscheidt, T., Fiedler, S., Förster, C., Gensior, A. & Morag, L.B. (2020) A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109. 105838.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>
- Turner, S. (Konferenzbeitrag 2023) Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Ergebnissen der Projekte MOORuse und MoorBewi zur Etablierung, Ernte und Erntegutverwertung mit Maschinenvorführung. in „Moorschutz praktisch - Moorschutz, Klimaschutz, Artenschutz und Landwirtschaft“ vom 20. - 22. Juli 2023. Leipheim
- Waldwissen (2009) Arbeitszeitbedarf im bäuerlichen Forst. <https://www.waldwissen.net/de/technik-und-planung/forsttechnik-und-holzernte/waldarbeit/arbeitszeitbedarf-energieholz>

- Wichmann, S., Prager, A. & Gaudig, G. (2017) Establishing Sphagnum cultures on bog grassland, cut-over bogs, and floating mats: procedures, costs and area potential in Germany. *Mires and Peat*, 1-20.
- Wichmann, S., Krebs, M., Kumar, S. & Gaudig, G. (2020) Paludiculture on former bog grassland: Profitability of sphagnum farming in North West Germany. *Mires and Peat*, 26.
- Wichtmann, W., Schröder, C. & Joosten, H. (Hrsg.) (2017) Paludikultur - Bewirtschaftung nasser Moore: Klimaschutz, Biodiversität, regionale Wertschöpfung. Stuttgart: Schweizerbart
- Wilson, D., Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C.D., Murdiyarso, D., Page, S.E., Renou-Wilson, F., Rieley, J.O., Sirin, A., Strack, M. & Tuittila, E.-S. (2016) Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. *Mires and Peat* 17, 1-28. <https://doi.org/10.19189/MaP.2016.OMB.222>
- WSL (2019) Klimaschutz durch Hochmoorschutz. max.moor - CO₂-Kompensation durch Hochmoorrenaturierung in der Schweiz. <https://www.wsl.ch/de/projekte/klimaschutz-durch-hochmoorschutz-1.html#tabelement1-tab3>
- Wüst-Galley, C., Grünig, A. & Leifeld, J. (2015) Locating organic soils for the Swiss greenhouse gas inventory. *Agroscope Science* 26, 1-100.
- Wüst-Galley, C., Heller, S., Ammann, C., Paul, S., Doetterl, S. & Leifeld, J. (2023) Methane and nitrous oxide emissions from rice grown on organic soils in the temperate zone. *Agr. Ecosyst. Environ.* 356, 108641. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108641>
- Wüst-Galley, C., Mössinger, E. & Leifeld, J. (2016) Loss of the soil carbon storage function of drained forested peatlands. *Mires and Peat* 18, 1-22. <https://doi.org/10.19189/MaP.2015.OMB.189>

Anhang

Tabelle A1: Alternative Landnutzungen für organische Böden (im Umfeld von Mooren). Eine Erklärung der Beurteilungen findet sich unter dieser Tabelle.

MB= Merkblatt, LN= landwirtschaftliche Nutzfläche, THG= Treibhausgase, LBV= Landwirtschaftliche Begriffsverordnung

Infos zur Beurteilung			
<p>Die Beurteilung ist eine erste Einschätzung basierend auf limitierten Informationen insbesondere im CH Kontext. Sie dient als Überblick um einen Vergleich zwischen den Landnutzungen zu ermöglichen. Viele der Faktoren sind abhängig vom Standort (Moortyp, Bodentyp und aktueller Zustand des Moorbodens, aktuelle Nutzung und Betriebsstruktur, etc.). Insbesondere die Auswirkung auf die Hydrologie des geschützten Moors kann nicht standortunabhängig beurteilt werden. Je nach Moortyp, Art der Anpassung des Wasserstands (Bewässerung und/oder Anhebung des Grundwasserstands), Lage in der Pufferzone, Drainagesystem etc., kann der Einfluss unterschiedlich sein. Wiedervernässungen müssen geplant und fachgerecht ausgeführt werden. Ideale Wasserstände auf der Fläche für die jeweilige Bewirtschaftungsoption sind angegeben.</p>			
Risiko Eintrag Nährstoffe (Im Vergleich zu Ackerland/ intensivem Grasland)	THG-Reduktionspotential (Im Vergleich zu Ackerland/ intensivem Grasland auf Moorböden)	Wirtschaftlichkeit (relativ untereinander)	Umstellungshürden
1: kaum oder eher geringe Reduktion des Risikos zu erwarten	1: keine und kaum Reduktion der THG-Emissionen zu erwarten	1: schlecht, aktuell Verlust oder kaum Gewinn zu erwarten	1: sehr vielfältig Hürden und/oder Hürden sehr hoch: Umstellung ohne bedeutende Subventionen bzw. Kompensationen für die Leistungen dieser Landnutzungen (Klimaschutz, Biodiversitätsförderung) nicht möglich
2: mittlere Reduktion zu erwarten	2: mittleres Reduktionspotential	2: mässig	2: mittel bis hohe Umstellungshürden
3: grössere Reduktionen zu erwarten oder Nährstoffsinke	3: relativ hohes Reduktionspotential zu erwarten	3: gut	3: gering bis mittel
			Berücksichtigte Umstellungshürden (nicht abschliessende Liste): <ul style="list-style-type: none"> • andere/neue Art der Bewirtschaftung, meist mit grossen Unsicherheiten (fehlenden Bewirtschaftungserfahrungen in CH, teils auch Europa) • hohen Anschaffungskosten • keine LN • geringe Wirtschaftlichkeit • fehlende Absatzmärkte

Infos zur Wasserstufe

Die Wasserstufe basiert auf Joosten et al. (2013), da viele der Bewirtschaftungsoptionen auf Erfahrung von Deutschland basieren und die Schweizer Einteilung gemäss Bodenkartierung nicht ausreichend detailliert ist. In den Merkblättern mit den detaillierten Infos der jeweiligen Landnutzung sind die konkreten Ziel-Wasserstände im Sommer und Winter angegeben. Alle anderen Informationen beziehen sich auf die Wasserstände. Vor allem bei der Beweidung sind tiefere Wasserstände möglich, wobei dann z.B. die Treibhausgase auf Moorböden höher sind. Untenstehend ist die noch aktuelle CH Klassifizierung gemäss Eidgenössischer Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau angegeben. Bei Bodenkarten in den kantonalen Geoportalen sind die Informationen teils zu finden für eine Einschätzung der Wasserstände.

Wasserstufe nach Joosten et. al (2013)

Wasserstufe	Winter - Wasserstand unter (-) über (+) Flur (langfristiger, medianer Wasserstand der nassen Saison)	Sommer - Wasserstand über (+) / unter (-) Flur (langfristiger, medianer Wasserstand der trockenen Saison)	Jahresmediane der Wasserstände (in Klammern CH Einteilung)
5+	+10 bis -5 cm	+0 bis -10 cm	Ca. 10 cm unter bis 10 cm über Flur (R5)
4+	-5 bis -15 cm	-10 bis -20 cm	Ca. 5 - 20 cm unter Flur (R4/R5)
3+	-15 bis -35 cm	-20 bis -45 cm	Ca. 15- 45 cm unter Flur(R3/R4)
2+	-35 bis -70 cm	-45 bis -85 cm	ca. 35 – 85 cm unter Flur (R2/R3)

Ref: Joosten, H., Brust, K., Couwenberg, J., Gerner, A., Holsten, B., Permien, T., Schäfer, A., Tanneberger, F., Trepel, M. & Wahren, A. (2013) MoorFutures®. Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikaten. Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. BfN-Skripten, Band 350. 130 S. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (1997) Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden

THG Emissionen

Da die meisten Vorschläge auf Erfahrungen in Deutschland basieren, ist das THG Reduktionspotential für die Schweiz schwierig abzuschätzen. Aktuell liegen nur wenige Messungen der THG auf Flächen dieser angepassten Landnutzung vor, sodass in Norddeutschland häufig der GEST-(Treibhausgas-Emissions-Standort-Typen) Ansatz verwendet wird. Eine Literatursauswertung, bei der aus Messungen auf Jahreswerte hochgerechnete Emissionswerte sowie die sie steuernden Begleitparameter wie Wasserstände, Trophie, Bodentyp, Acidität und die Vegetationszusammensetzung in mitteleuropäischen Mooren ausgewertet wurden, bilden die Grundlagen für dies Einteilung (Joosten et al. 2013). Dieser Ansatz ist jedoch kaum übertragbar für die heterogenen und kleinräumigen Flächen in der Schweiz (Gubler 2020). Das Reduktionpotenzial ist vom aktuellen Zustand des Bodens, von dessen Kohlenstoff- und Nährstoffgehalt, dem aktuellen Wasserstand, dem lokalen Klima und der aktuellen sowie historischen Landnutzung (z.B. Torfabbau) abhängig und muss daher jeweils vor Ort abgeklärt werden.

Landnutzung Faktenblatt (MB Nr.) für die Schweiz	Landnutzungstyp	Höhenstufe	Aktuelle Flä- chennutzung und Eignung	LN Nutzung	Aktuell nicht LN Verwertung und Nutzung	Ziel Was- ser- stufe	Beurteilung			
							Nähr-stoffe	THG	Wirtschaftlichkeit	Umstellung
Grosseggenried MB 171	Wiese	Tal (Berg)	Intensive Gras- landnutzung oder Ackerflächen, welche wieder- vernässt werden können.	1-2 schürig. Verwertung als Einstreu, Mulch Material, Gras und Grasfasern, Rohstoff, Dämm- und Baustoff, ener- getisch. Auf Grund des ausgeprägten Rhizoms ist die Tragfähigkeit gut, so dass trotz hohem Wasserstand nur herkömmliche Maschinen nötig sind. Sogar in Senken möglich. Grösste Reduktion der THG-Emissionen aller Grasland Optionen.	Verwertung als Mulch Mate- rial, Grasfasern, Rohstoff, Dämm- und Baustoff, ener- getisch. Auf Grund des aus- geprägten Rhizoms ist die Tragfähigkeit gut, so dass trotz hohem Wasserstand nur herkömmliche Maschi- nen nötig sind.	4/5	2/3	3	1/2	1 oder 2
Davallseggen- Ried MB 171	Nährstoffarme, ba- sische Nasswiese	Tal Berg	Intensive Gras- landnutzung oder Ackerflächen auf welchen eine leichte Anhebung des Wasserstan- des möglich ist.	Als Streuefläche (wenn Anforderun- gen gemäss Art. 21 und Art. 16 Abs. 1 LBV eingehalten sind). Nutzung als extensive Wiese (1-schürig) und sel- ten Weide im Alpgebiet. Verwertung vor allem als Einstreu, oder als Bei- futter für Pferde und Jungtiere in der Milchviehhaltung.	Vielfältige Verwertung als Mulch Material, Gras und Grasfasern als Rohstoff, Dämm- und Baustoff, ener- getisch,	3	2/3	2	1/2	2
Braunseggen- Ried MB 171	Nährstoffarme, saure Nasswiese	Tal Berg	Intensive Gras- landnutzung oder Ackerflächen auf welchen eine leichte Anhebung des Wasserstan- des möglich ist.	LN als Streuefläche (wenn Anforde- rungen gemäss Art. 21 und Art. 16 Abs. 1 LBV eingehalten sind). Nut- zung als extensive Wiese (1-schürig) und selten Weide im Alpgebiet. Ver- wertung vor allem als Einstreu, oder als Beifutter für Pferde und Jungtiere in der Milchviehhaltung.	Vielfältige Verwertung als Mulch Material, Gras und Grasfasern als Rohstoff, Dämm- und Baustoff, ener- getisch,	3	2/3	2	1/2	2
Pfeifengras- Wiese MB 171	Nährstoffarme, pH neutrale Nass- wiese	Tal Berg	Intensive Gras- landnutzung oder Ackerflächen auf welchen eine leichte Anhebung des Wasserstan- des möglich ist.	LN als Streuefläche (wenn Anforde- rungen gemäss Art. 21 und Art. 16 Abs. 1 LBV eingehalten sind). Nut- zung als extensive Wiese (1-schürig) und selten Weide im Alpgebiet. Ver- wertung vor allem als Einstreu, oder als Beifutter für Pferde und Jungtiere in der Milchviehhaltung.	Vielfältige Verwertung als Mulch Material, Gras und Grasfasern als Rohstoff, Dämm- und Baustoff, ener- getisch,	3	2/3	2	2	3
Kohldistel-wiese MB 171	Wenig intensive Feuchtwiese	Tal	Intensiver Gras- landnutzung oder Ackerflächen auf welchen eine leichte Anhebung des Wasserstan- des möglich ist.	1-2 schürig. Verwertung vorwiegend als Heu.	Vielfältige Verwertung als Mulch Material, Gras und Grasfasern als Rohstoff, Dämm- und Baustoff oder energetisch ist möglich	3	2	2	2	3

Landnutzung Faktenblatt (MB Nr.) für die Schweiz	Landnutzungstyp	Höhenstufe	Aktuelle Flächennutzung und Eignung	LN Nutzung	Aktuell nicht LN Verwertung und Nutzung	Ziel Wasserstufe	Nährstoffe	THG	Wirtschaftlichkeit	Umstellung
Fromental-Wiese MB 171	Wenig intensive Frischwiese	Tal	Ackerflächen oder intensive Graslandnutzung, auf denen eine feuchte Bewirtschaftung nicht möglich ist oder nicht angestrebt wird.	Meist 2-schürig + 1 x Weide / Jahr.	Verwertung als Mulch Material, Gras und Grasfasern als Rohstoff, Dämm- und Baustoff oder energetisch.	2	2	1	2	3
Dotterblumen-Wiese Binsenweide MB 171	Wenig intensive Feuchtwiese	Tal Berg	Intensive Graslandnutzung oder Ackerflächen auf welchen eine leichte Anhebung des Wasserstandes möglich ist.	Verwertung vorwiegend als Heu. Viele robuste Tierarten/Rassen können gut Raufutter verwerten.	Eine vielfältige Verwertung als Mulch Material, Gras und Grasfasern als Rohstoff, Dämm- und Baustoff oder energetisch ist möglich.	3	2	1//2	2	3
Rohr-Glanzgras MB 171	Wenig intensive Nasswiese	Tal	Intensive Graslandnutzung oder Ackerflächen, welche wiedervernässt werden können.	Bis zu 3-schürig. Verwertung vor allem als Heu, besonders für Pferde Rohrglanzgras ist gemäss Forschungen der Bayerische Landesanstalt neben dem sanftblättrigen Rohrschwengel die best- geeignete Art auf feuchten Standorten für Futter (Jungvieh, Trockensteher, spät laktierende Tiere).	Biomasse für Biogas. Grasfasern werden als Rohstoff, Dämm- und Baustoff verwendet.	4	2	3	2	3
Goldhafer-Wiese MB 171	Wenig intensive Frischwiese	Berg	Ackerflächen oder intensive Graslandnutzung, auf denen eine feuchte Bewirtschaftung nicht möglich ist oder angestrebt wird.	Verwertung vorwiegend als Heu für Futter.	Vielfältige Verwertung möglich (Grasfasern als Rohstoff, Dämm- und Baustoff, energetisch)	2	1	1	2	3
Rotschwengel-Straussgras-Wiese MB 171	Wenig intensive Frischwiese	Tal Berg	Ackerflächen oder intensive Graslandnutzung, auf denen eine feuchte Bewirtschaftung nicht möglich ist oder angestrebt wird.	Auch als Mähweide oder Weide möglich. Der sanftblättrige Rohrschwengel ist neben Rohrglanzgras gemäss Forschung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft die best- geeignete auf feuchten Flächen für Futter (Jungvieh, Trockensteher, spät laktierende Tiere).	Biomasse kann als Dämm- und Baustoff, energetisch oder das Gras und die Grasfasern als Rohstoff verwertet werden.	2	1	1	2	3

Landnutzungs-faktenblatt (MB Nr.) für die Schweiz	Landnutzungs-typ	Höhenstufe	Aktuelle Flächennutzung und Eignung	LN Nutzung	Aktuell nicht LN Verwertung und Nutzung	Ziel Wasserstufe	Nährstoff e	THG	Wirtschaft-lichkeit	Umstellung
Rinder MB 170	Weide	Tal Berg	Flächen welche feucht bewirtschaftet werden könnten. Eine Extensivierung ist auch mit herkömmlichen Rassen möglich.	Diverse robust Rassen eignen sich für die Beweidung von Feuchtflächen. Meist für Fleisch, aber auch Zweitnutzung für Milch möglich. Auf Flachmoorstandorten werden z.B. Hochlandrinder genutzt. Zu empfehlen für Viehhaltungsbetriebe.		3/4	1 / 2	2	2	2 / 3
Wasserbüffel MB 170	Weide	Tal Berg	Flächen welche feucht bewirtschaftet werden könnten.	Für Fleisch oder Milchprodukte. In der Schweiz bereits auf trockenen und feuchten Standorten genutzt.	bei hohen Wasserständen (5 oder 6) evtl. keine LN.	4/5	1 / 2	2 / 3	2	2 / 3
Pferde & Ponies MB 170	Weide	Tal Berg	Flächen welche feucht bewirtschaftet werden könnten. Eine Extensivierung ist auch mit herkömmlichen Rassen möglich.	Diverse Rassen eignen sich für Feuchtflächen. Teils für Fleisch genutzt.	Einnahmen durch Freizeit und Therapie Angebot.	3/4	1 / 2	2	2	2 / 3
Rotwild MB 170	Weide	Tal Berg	Vor allem für Flächen welche feuchter bewirtschaftet werden könnten. Eine Extensivierung ist auch mit herkömmlichen Rassen möglich.	Damwild, Sikawild, Davids-hirsch und Rotwild sind auf Feuchtflächen möglich. Einnahmen durch Zucht oder Fleisch.		3/4	1 / 2	2	2	2 / 3
Extensive robuste Schaf-rassen MB 170	Weide	Tal Berg	Fläche, auf denen eine vollständige Wiedervernässung nicht möglich ist oder angestrebt wird, da meisten Schaf-rassen für nasse Bedingung nicht geeignet sind.	Nur wenige Schafrassen sind robust genug und an feuchte Bedingungen anpasst (u.a. Skudde, Shetland). Schafe sind für solche Flächen empfohlen, wo nur eine Teil-Wiedervernässung angestrebt ist. Für diese Fläche gibt es jedoch vermutlich wirtschaftlichere Optionen. Fleisch, Milch und Wolle als Sekundärprodukte.		3	1 / 2	1	1// 2	2 / 3
Gänse MB 170	Weide	Tal Berg	Flächen welche feuchter bewirtschaftet werden könnten. Eine Extensivierung ist auch mit herkömmlichen Rassen möglich.	Diverse robuste Rassen für Fleisch oder Federn		3/4	1 / 2	2	1 / 2	1 / 2

Landnutzung Faktenblatt (MB Nr.) für die Schweiz	Landnut- zungstyp	Höhen- stufe	Aktuelle Flächennutzung und Eignung	LN Nutzung	Aktuell nicht -LN Verwertung und Nutzung	Ziel Was- serstufe	Nähr- stoffe	THG	Wirtschaft- lichkeit	Um- stel- lung
Weide (Salix sp.) MB 175	Forst	Tal Berg	Flächen im Übergangsbereich zwischen Ackerland oder Gras- land und feuchten Flächen. Weiden sind sehr anpassungs- fähig an unterschiedliche klima- tische Bedingungen und Bo- denbeschaffenheiten	Innerhalb der offenen Acker- fläche, dann als "mehrjähriger nachwachsender Rohstoff" zu deklarieren. Verwertung als Bodenverbesserer,	Einstreu oder Hackschnitzel für ener- getische Verwertung. Nur für Flächen im Übergangsbereich nass/trocken, welche bereits feucht sind oder teils wieder- vernässt werden könnten zu empfeh- len, damit eventuell die Wasserversor- gung im angrenzenden Moor gewähr- leistet bleibt. Weitere Forschung bezüg- lich THG-Emissionen nötig; Risiko diffu- ser Nährstoffeinträge reduziert; bringt Struktur in Agrarlandschaft zur Förde- rung der Biodiversität.	3	2/3	unbe- kannt	2	2
Schilfröhricht (Phragmites sp.) MB 173+174	Paludikultur	Tal	Degradierete, nasse oder wie- dervernässte, ebene Torfböden mit guter Nährstoffversorgung	keine LN	Stoffliche oder energetische Verwer- tung. Hohes Potential THG-Emissionen zu reduzieren und kann auch als CO2 Senke agieren. Nährstoffpuffer und po- sitive Auswirkungen auf die Biodiversi- tät. Hohe Anschaffungskosten für an einen hohen Wasserstand angepasste Technik. Verwendung im Baubereich in Deutschland gewinnbringend möglich. Noch kein Absatzmarkt in der Schweiz. Der Anbau ist nur mit Förderung mög- lich. Aufbau der Wertschöpfungskette muss parallel aufgeleitet werden.	5/6	3	3	1	1
Rohrkolben (Thypha sp.) MB 172 + 174	Paludikultur	Tal	Degradierete, nasse oder wie- dervernässte, ebene Torfböden mit guter Nährstoffversorgung	keine LN	Stoffliche oder energetische Verwer- tung. Hohes Potential um THG-Emissi- onen zu reduzieren. Nährstoffpuffer evtl. PSM-Puffer. Positive Auswirkung auf die Biodiversität. Auf Grund des ho- hen Wasserstandes eine sehr neuartige Bewirtschaftungsart, verbunden mit viel Unsicherheiten und hohen Anschaf- fungskosten (Technik). Anbau Erfah- rungen sind vor allem in DE und von ei- nem Projekt in CH (Kt. LU) bekannt. Optimal für die Verwendung im Baube- reich. Aktuell kein Absatzmarkt in der Schweiz. Anbau nur mit Förderung möglich. Der Aufbau der Wertschöp- fungskette muss parallel aufgeleitet werden.	5/6	3	3	1	1

Landnutzung Faktenblatt (MB Nr.) für die Schweiz	Landnut- zungstyp	Höhen- stufe	Aktuelle Flächen- nutzung und Eig- nung	LN Nutzung	Aktuell nicht LN Verwertung und Nutzung	Ziel Was- serstufe	Nähr- stoffe	THG	Wirtschaft- lichkeit	Um- stel- lung
Torfmoos (Sphagnum sp.) MB 176	Paludikultur	Tal Berg	Wiedervernässte oder nasse, degra- dierte ebene Hoch- moorflächen, wel- che zuvor als Gras- land genutzt wurden oder auf denen Torf abgebaut wurde.	keine LN	Wasserstandsregulierung von zentraler Bedeu- tung. Biomasse kann als Torfersatz im Gartenbau und auch bei Moorrenaturierung verwendet wer- den. Vielversprechende Landnutzungsoption für Hochmoorstandorte. Markt (Torfersatz) mit gros- sem Potential und bezüglich aller Umweltaspek- ten positive Wirkung. Aktuell nur im kleinen Rah- men, als Forschungsprojekt oder in enger Beglei- tung von der Forschung zu empfehlen, da Anbau noch nicht etabliert; diverse Projekte in DE be- kannt. Muss gefördert werden, da die Wirtschaft- lichkeit aktuell nicht gegeben ist.	5	3	2/3	1	1
Sonnentau (Drosera sp.) MB in Torfmoos 176	Paludikultur	Tal Berg	Degradierete Hoch- moorböden In Kombination mit Torfmoosanbau	keine LN	Kultivierung in Kombination mit Torfmoosen. Die Wasserstandsregelung ist von zentraler Bedeu- tung. Aktuell wird in diversen Ländern Drosera von Mooren gesammelt und als Phytopharmazeu- tika (auch in der Schweiz) erfolgreich vermarktet. Anbau aktuell nur in kleinem Rahmen, als For- schungsprojekt zu empfehlen, da zu wenig Erfah- rungen vorliegen und die Wirtschaftlichkeit unklar ist. Der Anbau ist in allen Umweltaspekten als po- sitiv zu bewerten.	5	3	2/3	1	1
Nassreisanbau (Oryza sp.) MB Agridea	Paludikultur	Tal	Degradierete Flach- moore mit guter Nährstoffversor- gung. Nur auf Flä- chen mit ganzjährig wasserführenden, nahegelegenen Ge- wässern aus denen bis zu 5000m ³ Was- ser/a gepumpt wer- den darf.	Verwertung zum Verzehr. Wasserstandsregelung von zentraler Bedeutung. Seit 2017 in der CH erfolgreich angelegt und erforscht. Möglichkeit zur Anzucht von Setzlingen und Spezialtechnik zum Setzen nö- tig. Kann im Direktverkauf ab Hofladen wirtschaftlich sehr in- teressant sein. Kein Einsatz von PSM im Nassreisanbau er- laubt. Düngeempfehlung bis maximal 110 kg N/ha. Inner- halb der Nährstoffpufferzone von Mooren darf Nassreis des- halb nicht angebaut werden.	-	5	nicht be- kannt	2	2/3	2

Landnutzung Faktenblatt (MB Nr.) für die Schweiz	Landnut- zungstyp	Höhen- stufe	Aktuelle Flächen- nutzung und Eig- nung	LN Nutzung	Aktuell nicht LN Verwertung und Nutzung	Ziel Was- serstufe	Nähr- stoffe	THG	Wirtschaft- lichkeit	Um- stel- lung
Schwarz-Erle (Alnus glutinosa) als Hochwald Kein MB	Forst	Tal Berg	Degradierete, wieder- vernässte tiefgrün- dige Moorböden mit guter Nährstoffver- sorgung und be- wegtem Bodenwas- ser.	keine LN	Verwertung als Furnierholz und Sägeholz. Beste- hender Absatzmarkt in der Schweiz. Bakterien des Wurzelsystems fixieren Stickstoff und noch wenig bekannt zu THG-Emissionen. Weitere An- bauerfahrungen und Abklärung bezüglich Was- serbedarf sind nötig um Eignung für Flächen im Umfeld von Mooren zu bestimmen.	4	2	2	2/3	2
Schwarz-Erle (Alnus glutinosa) als Nie- derwald Kein MB	Forst	Ta lBerg	Degradierete, wieder- vernässte flachgrün- dige Moorböden, Randgebiete wie- dervernässter Flä- chen	keine LN	Energetische Verwendung als Stückholz, Hack- schnitteln und Pellets. Auch stoffliche Verwen- dung für Span- und Faserplatten oder in der Pa- pier- und Zellstoffindustrie. Bestehender Absatz- markt in der Schweiz. Bakterien des Wurzelsys- tems fixieren Stickstoff und noch wenig bekannt zu THG-Emissionen. Forschung zu Wasserbedarf sind nötig um die Eignung für Flächen im Umfeld von Mooren zu bestimmen.	4	2	2	2	2
Grossfrüchtige Moosbeere (Cranberry) Kein MB	Beeren	Tal (Berg)	degradierete Hoch- moorböden, welche nicht bis zur Ober- fläche wieder- vernässt werden können; Standorte am Rande von Hochmooren	Zum Verzehr, roh oder verar- beitet. Konventioneller Anbau auf drainierten Moorböden ist verbreitet. N-Bedarf gering. Zu Auswirkung auf die Umwelt wie auch zum Anbau ist wenig be- kannt. Für Testflächen empfoh- len. Gemäss Abel et al. (2022) Vielversprechend für den Palu- dikulturanbau in gemässigten Zonen.	-	3	nicht be- kannt	1, keine Er- fahrungen bekannt	2/3	nicht be- kannt
Gemeine Moosbeere Kein MB	Beeren	Tal (Berg)	Degradierete Hoch- moorböden, welche nicht bis zur Ober- fläche wieder- vernässt werden können; Standorte am Rande vom Hochmoore; Über- gangsmoore	Zum Verzehr als Kompott oder Marmelade. In Nordosteuropa im Zusammenhang mit Natur- schutzprojekten bekannt. Nur Ernte von Hand und dement- sprechend hohe Kosten für An- bau & Ernte. Für Testflächen empfohlen, gemäss Abel et al. (2022) eine vielversprechende Paludikultur in der gemässig- ten Zone.	-	3	nicht be- kannt	1, keine Er- fahrungen bekannt	2/3	nicht be- kannt

Landnutzung Faktenblatt (MB Nr.) für die Schweiz	Landnutzungstyp	Höhenstufe	Aktuelle Flächennutzung und Eignung	LN Nutzung	Aktuell nicht LN Verwertung und Nutzung	Ziel Wasserstufe	Nährstoffe	THG	Wirtschaftlichkeit	Umstellung
Heidelbeere Kein MB	Beeren	Tal Berg	Degradierete Hochmoorböden, welche nicht bis zur Oberfläche wiedervernässt werden können; Standorte am Rande vom Hochmooren wahrscheinlich auch gut für ein agroforstwirtschaftliches System geeignet	Zum Verzehr oder im medizinischen Bereich. Noch nicht domestiziert aber Anbauerfahrungen von Kultur-Heidelbeeren sind vermutlich übertragbar. Das ausge-dehnte Rhizom kann das Risiko von Bodenerosion reduzieren. Ansonsten ist kaum etwas über Umweltwirkungen bekannt (Abel et al. 2022). Kann nur für Testflächen empfohlen werden.	-	3	nicht be- kannt	1, keine Erfah- rungen be- kannt	2/3	nicht be- kannt
Preiselbeere Kein MB	Beeren	Tal Berg	Moorböden, welche nicht bis zur Oberfläche wiedervernässt werden können oder Mineralböden. Auf Mineralböden ist das Wachst-um und der Ertrag tiefer.	Zum Verzehr roh, oder verarbeitet als Saft, Kompott etc. Beeren und Blätter werden im medizinischen Be-reich verwendet. Direktvermarktung möglich, Wirt-schaftlichkeit bei nicht manueller Ernte vermutlich gut. Nährstoff Bedarf gering, aber Unkrautbekämpfung nö-tig. Zum Anbau, sowie zur Auswirkung auf die Umwelt ist wenig bekannt. Erstmals als Testflächen empfohlen.	-	3	nicht be- kannt	1, keine Erfah- rungen be- kannt	2/3	nicht be- kannt
Riesen-China-schilf Kein MB	Sonstige	Tal	Fläche, auf denen eine vollstän-dige Wiedervernässung nicht möglich ist oder angestrebt wird. Hat hinsichtlich Klima und Boden ähnliche Ansprüche wie Mais. Ist auch an Hanglagen geeignet. Als Paludikultur wenig erforscht.: Optimaler Standort ist nicht bekannt.	Anbau an trockenen Standorten in der Schweiz be-kannt. Vielfältige stoffliche, sowie energetische Verwer-tung. Vermarktung in CH über die Interessengemein-schaft Miscanthus (IGM). Anbau in hydrologischen Puf-ferzonen wird nur bedingt empfohlen da als Paludikultur kaum bekannt. Für feuchte bis nasse Standorte gibt es bessere Optionen. Wird auf trockenen Standorten als Ersatz zu Mais und als Nährstoffpufferpflanze einge-setzt. Für diese Standorte kämen auch andere Landnut-zungen in Frage, welche Direktzahlungen erhalten und die Biodiversität fördern, wie z.B. wenig intensive, oder extensive Wiesen.	-	4	2	nicht be- kannt	3	3
Aktuelle Nut-zung mit er-höhtem Was-serstand oder in Kombination mit einer mine-ralischen Deckschicht Kein MB	Sonstige	Tal Berg	Fläche, auf denen eine vollstän-dige Wiedervernässung nicht möglich ist oder angestrebt wird. Auch an Hanglagen geeignet. Als Paludikultur wenig erforscht: opti-maler Standort ist nicht bekannt.	Optionen: 1. Wasserstufe im Winter erhöhen 2. Drainierte/trockene Fläche reduzieren und 3. Mineralische Deckschicht (circa 20-40cm) mit ange-passtem Wasserstand vereinfacht die Bewirtschaftung (bessere Befahrbarkeit). Umstellung ist kleiner als bei Paludikulturen/Feuchtwie-sen (Reduktionspotential Moorböden THG-Emissio-nen). Weitere Forschung ist nötig.	Teilflächen mit Tümpel/Paludi-kultur	vari- abel, evtl. nur Teil- flä- chen	nicht be- kannt, va- riabel	variabel	3	2