

Die Nutzung von vernässenden Ackerflächen neu denken: Synthese des Projektes «Feucht(Acker)Flächen»

Yvonne Fabian¹, Giotto Roberti¹, Katja Jacot¹, Anja Gramlich^{1,2}, Regula Benz², Erich Szerencsits¹, Gregory Churko¹, Volker Prasuhn¹, Jens Leifeld¹, Alexander Zorn³, Thomas Walter¹ (†) und Felix Herzog¹

¹Agrarökologie und Umwelt, Agroscope, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz

²Pflanzenbau und Umwelt, AGRIDEA, Eschikon 28, 8315 Lindau, Schweiz

³Nachhaltigkeitsbewertung und Agrarmanagement, Agroscope Tänikon 8356 Ettenhausen, Schweiz

Auskünfte: Yvonne Fabian, E-Mail: yvonne.fabian@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs13-198g> Publikationsdatum: 10. November 2022



Feuchtackerfläche, welche periodisch bis zur Oberfläche mit Wasser porengesättigt ist. (Foto: Thomas Walter, Agroscope)

Zusammenfassung

Rund 30 % der Fruchtfolgeflächen der Schweiz (137 000 ha) sind drainiert. Zunehmend stellt sich für die älteren Drainagen die Frage der Erneuerung und der entsprechenden Kostenfolgen. Gleichzeitig sind Feuchtlebensräume in der Agrarlandschaft durch die grossflächige Entwässerung selten geworden. Die Entwässerung beeinflusst verschiedene Prozesse in komplexer Weise: Sie verändert die Hydrologie, Nähr- und Schadstoffflüsse, Treibhausgasemissionen sowie die Biodiversität. Ackerbegleitarten, die auf Ruderal- oder Feuchtackerflächen spezialisiert sind, gehören zu den am stärksten gefährdeten Organismen der Schweiz. Im Rahmen des Projektes «Feucht-(Acker-)Flächen (FAF)» wurden Lösungen

im Konfliktbereich Förderung der Biodiversität in Ackerbaugebieten, landwirtschaftsbedingte Nähr- und Schadstoffbelastung der Gewässer, Treibhausgasemissionen und der landwirtschaftlichen Produktion gesucht. Um Entscheidungsträger im Umgang mit FAF zu unterstützen, wurde eine Entscheidungshilfe für die Praxis ausgearbeitet, welche die verfügbaren räumlichen Informationen aufzeigt und systematisch durch die Kriterien Biodiversität, Hydrologie, Boden und Klima und landwirtschaftlicher Nutzung führt.

Key words: soil, greenhouse gases, water bodies, drainages, meliorations.

Einleitung

In der Schweiz werden mindestens 18 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) künstlich entwässert (Béguin und Smola, 2010). Ein Grossteil der Drainagesysteme wurde in den letzten 200 Jahren bis Ende der 1980er Jahre installiert. Mittlerweile ist jedoch etwa ein Drittel der Anlagen in schlechtem oder unbekanntem Zustand (Béguin und Smola, 2010). Soll die Entwässerungsleistung und somit das Produktionsniveau erhalten bleiben, sind Renovationen oder gar Erneuerungen notwendig. Dabei stellt sich die Frage, ob eine Instandstellung der Anlagen immer die beste Lösung ist oder ob sich an einigen Standorten andere Nutzungsformen besser eignen. Drainageinstallationen sind teuer und sie beeinflussen die umliegenden Ökosysteme in vielfältiger Weise (Blann *et al.*, 2009). Sie verändern den Wasserhaushalt, beeinflussen Nährstoff- und Schadstofftransporte, sie tragen zu Treibhausgasemissionen bei und verändern

Definition Feuchtackerflächen

Eine Feuchtackerfläche (FAF) ist eine ackerbaulich genutzte Fläche, die periodisch stark von Grund-, Hang- oder Stauwasser beeinflusst wird. Eine starke Beeinflussung bedeutet, dass Teile der Äcker während mehreren Perioden im Jahr bis zur Oberfläche mit Wasser porengesättigt sind, so dass die landwirtschaftliche Produktivität der auf mesophile Standorte spezialisierten Ackerkulturen reduziert ist.

Lebensräume für Tiere und Pflanzen (Blackwell & Pilgrim, 2011; Gimmi *et al.*, 2011). Beispielsweise sind durch die grossflächige Entwässerung Feuchtlebensräume in der Schweiz drastisch zurückgegangen und viele Tier- und Pflanzenarten, die darauf als Hauptlebensraum angewiesen sind, sind bedroht. Besonders gefährdet sind

1 Potentielles Vorkommen von Feuchtackerflächen in der Schweiz

Potentialkarte FAF (Szerencsits *et al.* 2018)

3 Wirtschaftlichkeit von Feuchtackerflächen

Bericht Wirtschaftlichkeit auf FAF (Zorn 2018)
Reisbericht (Jacot *et al.* 2018)

2 Einfluss landwirtschaftlicher Drainage auf Wasser- und Stoffflüsse / Klimarelevanz von FAF

Literaturstudie Effekte der Drainagen auf Stoffflüsse (D, E) (Gramlich *et al.* 2018a; Gramlich *et al.* 2018b)
Literaturstudie Treibhausgasemissionen entwässerter Landwirtschaftsböden (Leifeld *et al.* 2019)

4 Biodiversität auf FAF

Biodiversitäts-Bericht FAF (Churko *et al.* 2018)
Pflanzen- und Laufkäferdiversität auf FAF (Churko *et al.* 2020b)
FAF Korridore (Churko *et al.* 2020a)
Masterarbeiten zu Biodiversität auf FAF (Aregger 2017; Gschwend *et al.* 2020)

5 Biodiversitätsförderung auf FAF

Reisbericht (Jacot *et al.* 2018)
Biodiversitätsbericht Reisanbau (Gramlich *et al.* 2020)
Faktenblatt Reisanbau (Gramlich *et al.* 2021)
Masterarbeiten zu Pflanzen (Rutz 2021) und Macro-Invertebraten in Reis und Feuchtgebieten (Arquint 2021)
Reisvideos (<https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/umwelt-ressourcen/biodiversitaet-landschaft/oekologischer-ausgleich/feuchtacker/oekologischer-nassreis-anbau.html/>)
Libellengemeinschaft der Nassreisfelder (Monnerat *et al.* 2021)
Masterarbeiten mit Reissortenversuchen (Meier 2019, Steinegger 2021)

6 Entscheidungshilfe FAF

Entscheidungshilfe FAF (Roberti *et al.* 2022)

Abb. 1 | Schematischer Aufbau des Projektes Feucht(Acker)Flächen (FAF) mit den im Rahmen des Projektes entstandenen Publikationen. Diese sind unter www.feuchtacker.ch frei verfügbar.

einjährige und mehrjährige Pflanzengesellschaften auf Ruderalflächen (Nanocyperion und Bidention), wie sie Delarze *et al.* (2015) beschreiben. Bei den Tieren sind die national prioritären Amphibienarten besonders stark betroffen (Schmidt & Zumbach, 2005), aber auch weitere Artengruppen wie Laufkäfer, Libellen oder Watvögel. Die Förderung der Biodiversität im Ackerbau ist ein Ziel des Handlungsfeldes Landwirtschaft im Aktionsplan «Strategie Biodiversität Schweiz» (Aktionsplan des Bundesrates, 2017). Bei der Auswahl der Umweltziele-Landwirtschaft(UZL)-Arten (BAFU & BLW, 2008) wurden, mit Ausnahme der Amphibien, für Feuchtackerflächen (FAF) besonders relevante Tiergruppen nicht einbezogen. Die aktuellen Biodiversitätsförderflächen sind wenig geeignet, um Arten zu fördern, die auf feuchte Lebensräume angewiesen sind. Es besteht daher dringender Bedarf, die Möglichkeiten der Förderung dieser Arten weiterzuentwickeln. Dazu gehört neben der Erhaltung der Schutzgebiete eine gezielte Vernetzung derselben. Temporär vernässte Äcker könnten hierzu einen Beitrag leisten.

Um Ernteauffälle auf vernässenden Äckern zu minimieren, sollten alternative Nutzungsformen in Betracht gezogen werden; sei es eine extensivere Bewirtschaftung mit angepassten Kulturen, beispielsweise der Anbau von Reis, oder auch eine Renaturierung gewisser Gebiete (Joosten *et al.*, 2015). So könnten gezielt Habitate für stark gefährdete Tier- und Pflanzenarten (Mosr *et al.*, 2002; Blann *et al.*, 2009; Walter *et al.*, 2013; Delarze *et al.*, 2015) geschaffen und die Vernetzung der bestehenden Feuchtgebiete in der Agrarlandschaft verbessert werden.

Im Projekt «Feucht(Acker)Flächen» wurden in sechs Arbeitsschritten Grundlagen und Hilfen für die Entscheidungsfindung zum zukünftigen Umgang mit Feuchtackerflächen im Konfliktbereich zwischen der Förderung der Biodiversität und der landwirtschaftlichen Produktion erarbeitet (Abb. 1). Dieser Artikel fasst die Ergebnisse zusammen. Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete liegen grösstenteils als Publikationen vor, die auf der Website des Projektes (www.feuchtacker.ch) frei verfügbar sind.

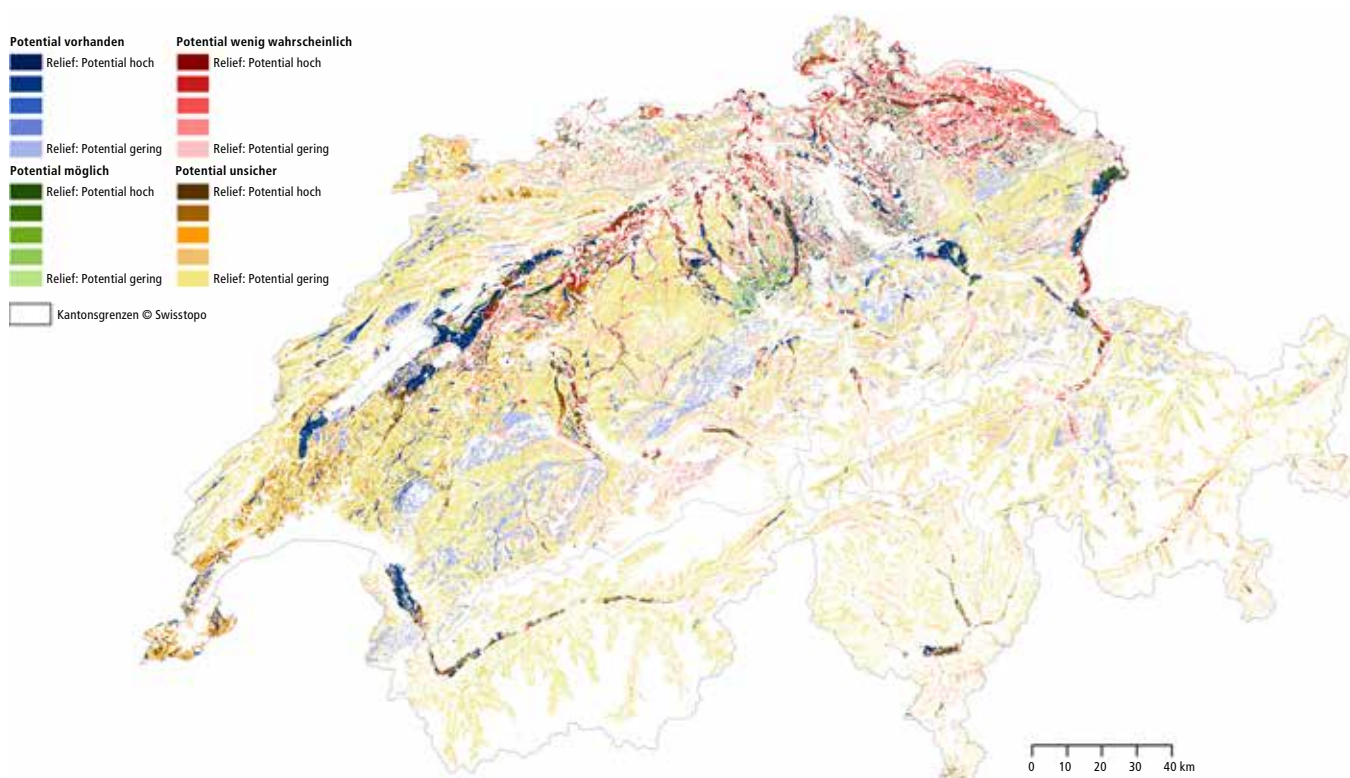


Abb. 2 | Feuchtflächenpotential in der offenen Kulturlandschaft. Die Farben zeigen das Potential für unzureichende Versickerung durch den Untergrund. Blau – Potential vorhanden: Im Untergrund sind wasserstauende Schichten vorhanden, sodass Wassersättigung auch in Hanglagen häufig oder dauerhaft auftreten kann. Grün – Potential möglich: Die Wassersättigung des Bodens ist vom Kleinrelief und den Niederschlagsmengen abhängig. Rot – Potential wenig wahrscheinlich: Wasser kann auch in Ebenen durch den durchlässigen Untergrund versickern. Wassersättigung tritt nur kleinräumig, bei Ablagerungen von Feinmaterial oder Bodenverdichtung auf. Braun bis gelb – Potential unsicher: Die Datenlage lässt die Beurteilung der Versickerung im lokalen Massstab nicht zu. Je dunkler der Farbton ist, umso grösser ist die Wasserakkumulation auf der Fläche.

Vorgehen und Resultate

In fünf Arbeitsschritten wurden Grundlagen erarbeitet (Abb. 1) und basierend auf den Ergebnissen wurde in einem sechsten Arbeitsschritt eine Entscheidungshilfe ausgearbeitet, die Entscheidungsträger im Umgang mit FAF unterstützen soll.

Potentielles Vorkommen von Feuchttackerflächen in der Schweiz

Das Feuchtflächenpotential wurde anhand der Prozesse Wasserakkumulation und Versickerung beurteilt. Aus dem Höhenmodell (Swissalti3d © swisstopo) wurden Reliefparameter berechnet und Ebenen und Mulden modelliert. Das Potential der Versickerung wurde von Bodenkarten abgeleitet. Wo keine detaillierten Bodenkarten vorhanden waren, wurden geologische Karten und andere Surrogate in einem Expertenmodell überlagert und gewichtet. Mit Hilfe dieser Daten wurde eine Karte entwickelt, die das Feuchtflächenpotential der Schweizer Kulturlandschaft darstellt (Abb. 2, Szerencsits *et al.*, 2018). Die Berechnungen zeigen, dass rund

40000 ha (also 10 %) der Schweizerischen Ackerflächen (393 640 ha, gemäss Arealstatistik 2009) in Ebenen und Mulden liegen und ein hohes bis sehr hohes Vernässungspotential haben.

Einfluss landwirtschaftlicher Drainage auf Wasser- und Stoffflüsse / Klimarelevanz von Feuchttackerflächen

Eine Literaturstudie zeigt auf, dass die Wirkung der Drainagesysteme auf Wasser-, Nähr- und Schadstoffflüsse stark von der lokalen Topographie und der Textur des Bodens abhängt (Abb. 3, Gramlich *et al.*, 2018a & b). In den meisten Studien erhöhten die landwirtschaftlichen Drainagen den totalen jährlichen Wasserabfluss, die Effekte auf Spitzenabflüsse waren jedoch sehr variabel. Stickstoff-Flüsse wurden durch Drainagen mehrheitlich erhöht. Phosphor und Pflanzenschutzmittel zeigten tendenziell tiefere Verluste unter drainierten Bedingungen. In Ebenen und abflusslosen Senken, die für FAF besonders interessant sind, können sich die Effekte für Phosphor und Pflanzenschutzmittel aber umkehren, da die Drainage die Rückhaltefähigkeit des Gebietes reduziert. Deswegen muss bei einer Entscheidungsfindung

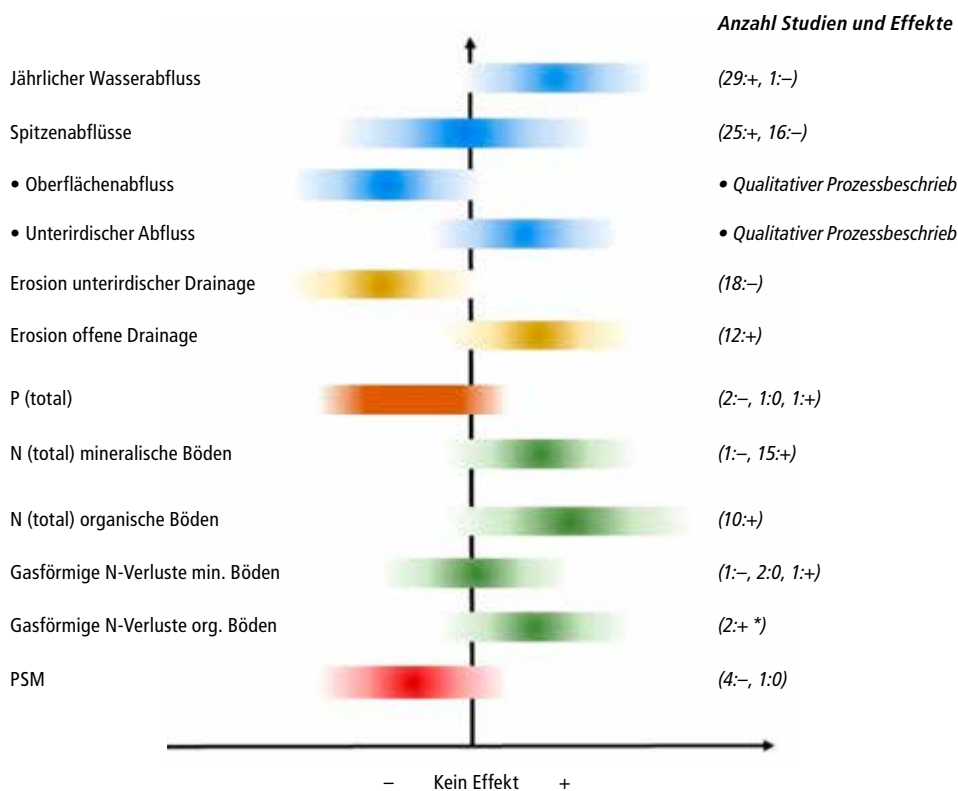


Abb. 3 | Charakterisierung der Drainageeffekte auf Wasserflüsse, Erosion und Stoffflüsse. Das Symbol + unterhalb der Graphik bedeutet eine Erhöhung der Flüsse durch die Drainageinstallation und das Symbol - steht für eine Reduktion der Flüsse. Die Zahlen rechts indizieren die Anzahl berücksichtigter Studien mit reduzierenden (-), unklaren (0) und erhöhenden (+) Einflüssen auf die Flüsse (Gramlich *et al.*, 2018a & b). P: Phosphor, N: Stickstoff, PSM: Pflanzenschutzmittel.

für oder gegen die Erneuerung bestehender Drainagen abhängig vom Standort entschieden werden, welche Wasserflüsse und/oder Stoffe lokal priorisiert werden. In der Praxis ist die Topographie in der Regel der entscheidende Faktor. So können zum Beispiel Standorte mit Senken ohne natürliche Verbindung zu Oberflächengewässern als lokale Reservoirs dienen und eine Drainageinstallation kann an diesen Standorten einen substantiellen Effekt auf die Wasser- und Stoffflüsse in die Oberflächengewässer haben. Zu beachten ist dabei nicht nur die lokale Topographie des Untersuchungsgebietes, sondern auch das umliegende Einzugsgebiet. Die Literaturstudie «Treibhausgase entwässerter Böden» verdeutlicht, dass die Entwässerung von organischen, aber auch diejenige von mineralischen Böden zu mikrobieller Oxidation der organischen Substanz unter Freisetzung der klimawirksamen Gase Kohlendioxid und Lachgas führt (Leifeld *et al.*, 2019). Gleichzeitig sinkt die Methanemission. In der Summe verschlechtert sich die Treibhausgasbilanz eines Standortes bei Entwässerung vor allem von organischen Böden, da sie die höchsten CO₂-Emissionen und die höchsten Kohlenstoffvorräte aufweisen. Die Wiedervernässung ändert die Nutzungsmöglichkeiten eines Standortes und kann – muss aber nicht – zu einer Erhöhung der Methanemissionen führen. Während Folgenutzungen wie nachwachsende Rohstoffe (Paludikultur) ökonomisch weniger interessant sind, aber ein hohes Einsparpotential für Treibhausgase haben, könnten Nassreisbau oder Aquakultur auf sehr

nassen Standorten Alternativen werden, die aber bisher kaum untersucht sind. Gleiches gilt für die Grünlandnutzung von Mineralböden mit hohen Wasserständen.

Wirtschaftlichkeit von Feuchttackerflächen

Basierend auf Kosten-Leistungsrechnungen der Zentralen Auswertung von Buchhaltungsdaten wurden für nässebedingte Ertragsausfälle Szenarien zur Wirtschaftlichkeit der ackerbaulichen Nutzung von Feuchttackerflächen berechnet. Unter Betrachtung des kalkulatorischen Gewinns je Hektare wurde für die Ackerkulturen Weizen, Gerste, Raps, Zuckerrüben, Kartoffeln und Körnermais jeweils die Gewinnschwelle, das heisst der prozentuale Ertragsausfall bestimmt, bis zu welchem alle Kosten der Produktion gedeckt sind. Im Bericht von Zorn (2018) wird deutlich, dass bei Futtergetreide, Kartoffeln, Körnermais und Weizen schon nässebedingte Ernteaufälle von ungefähr 10 % dazu führen, dass kein Gewinn mehr erzielt wird (Abb. 4). Nur bei Zuckerrüben und Raps können bis zu einem Ernteaufall von ungefähr 40 % noch Gewinne erzielt werden. Für eine fundierte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von FAF bestehen Datenlücken (Umfang, Art von FAF, Auftreten von Näscheschäden, alternative Nutzungen), die es zu füllen gilt. Um Feuchttflächen in der Agrarlandschaft aufzuwerten, gleichzeitig aber eine Produktion aufrechtzuerhalten, können Kulturpflanzen angebaut werden, die temporäre Nässe tolerieren. Möglich wäre zum Beispiel Paludikulturen wie Torfmoosanbau oder Nassreis (siehe Ab-

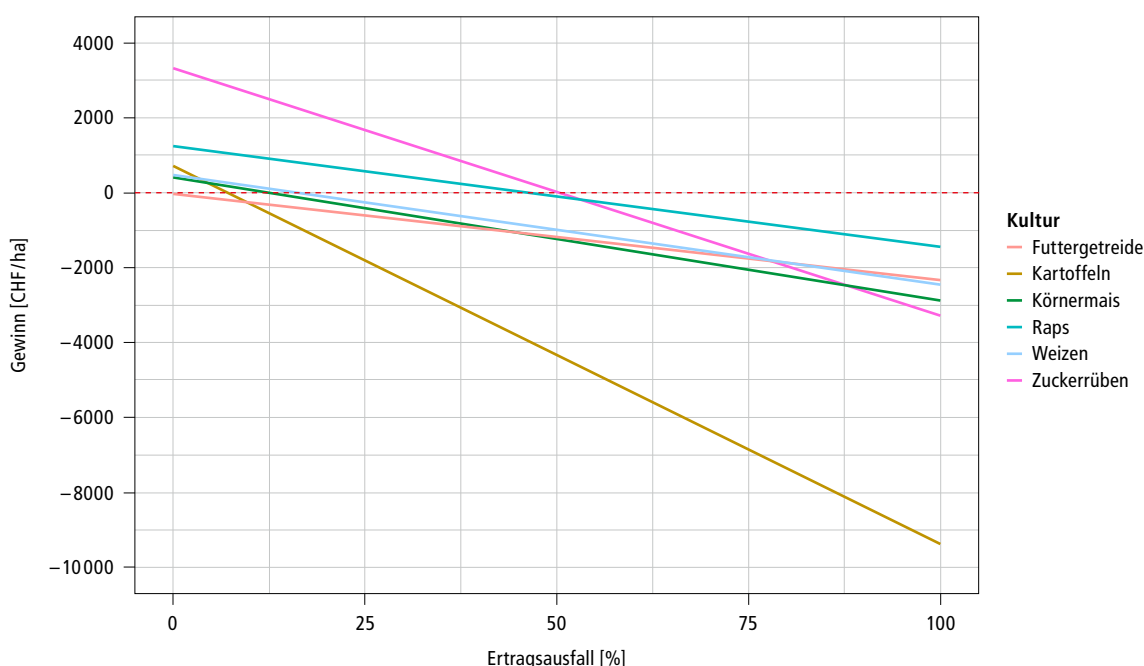


Abb. 4 | Gewinn in CHF/ha in Abhängigkeit des Ertragsausfalls. Die rot gestrichelte Linie ist die Gewinnschwelle (Zorn, 2018).

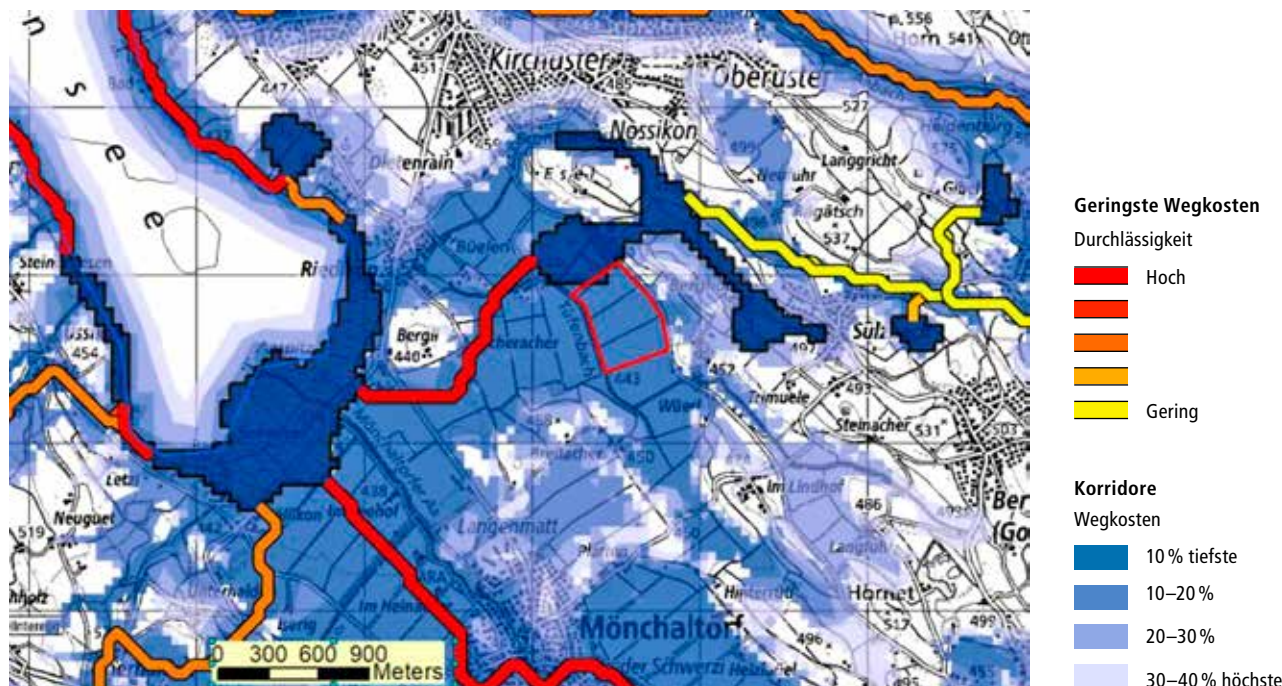


Abb. 5 | Durchlässigkeit der Feuchtgebietskorridore und Wegkosten der Feuchtgebietsarten (Churko *et al.* 2020a).

schnitt «Biodiversitätsförderung auf Feuchttackerflächen mittels Nassreisanbau»; Joosten *et al.*, 2015).

Biodiversität auf Feuchttackerflächen

Um die Verbreitung von Feuchtgebietsarten in der Schweiz abzuschätzen, wurden in einem ersten Schritt aus den bestehenden Datenbanken von InfoSpecies seit 1990 die Arten ausgewählt, die Feuchtigkeit als Lebensraumanspruch haben. In einem zweiten Schritt konnten dann aufgrund der Fundmeldungen für Gefässpflanzen, Moose, Flechten, Pilze und die Fauna Karten mit Verbreitungshotspots der Feuchtgebietsarten erstellt werden (Churko *et al.*, 2018). Erwartungsgemäss kumulieren sich die gemeldeten Rote-Liste-Feuchtgebietsarten in den Feuchtgebiets-Schutzobjekten. Doch teilweise kommen auch ausserhalb der Schutzgebiete solche Arten vor, insbesondere entlang von Fließgewässern und um Stillgewässer. Dennoch ist hier darauf hinzuweisen, dass diese Karten auf einem sehr heterogenen Kenntnisstand basieren. Bei einer detaillierten Betrachtung in der Planung und Umsetzung von Vorhaben, die diese Arten fördern oder gefährden, ist daher jeweils zu recherchieren, ob die Arten im Gebiet vorkommen oder ob das Fehlen gewisser Arten durch mangelnden Kenntnisstand begründet ist.

Basierend auf der oben beschriebenen Feuchtflächen-Potentialkarte wurde mittels Least-Cost-Path-Analyse eine Potentialkarte für Korridore zwischen national be-

deutenden Feuchtgebiets-Schutzobjekten berechnet (Abb. 5, Churko *et al.*, 2020a). Die Korridore lokalisieren und priorisieren Gebiete, in denen die Förderung von FAF die Verbindung zwischen den geschützten Feuchtgebieten am effektivsten verbessern kann. Diese Grundlagen sind für Planungen und Umsetzungen als Geodaten verfügbar.

Eine 2018 durchgeführte Feldkampagne in zehn Regionen mit grossflächig hohem Nässepotential verteilt über die ganze Schweiz zeigte, dass Äcker mit periodischer Vernässung in intensiv bewirtschafteten Ackerbaugebieten trotz Entwässerungssystemen vorkommen und Nässezeigerarten (Gefässpflanzen und Laufkäfer) aufweisen (Abb. 6, Churko *et al.*, 2020b). Die Resultate deuten aber darauf hin, dass die feuchten Stellen ohne angepasstes Management nur wenig zur Förderung seltener Gefässpflanzen und Laufkäfer in der Agrarlandschaft beitragen. Um den ökologischen Wert dieser Feuchtflächen zu nutzen, wäre eine intensivere Bewirtschaftung, allenfalls eine Wiedervernässung und eine gute Vernetzung mit grösseren Feuchtstandorten notwendig. Beispiele für grossflächige Lösungen sind die kantonale Landwirtschafts- und Schutzzone Grenchener Witi (Kantonale Landwirtschafts- und Schutzzone Witi Grenchen – Solothurn – Amt für Raumplanung – Kanton Solothurn) und die Flutung von Ackerland für Zug- und Watvögel in der Orbe-Ebene am Neuenburger See (Vogelwarte, 2019).



Abb. 6 | Beispiele von Feuchttäckern a) Marais de Sionnet, b) Magadino, c) Magadino, d) Orbe.

Biodiversitätsförderung auf Feuchttackerflächen mittels Nassreisanbau

Im Idealfall werden FAF weiterhin produktiv genutzt und gleichzeitig wird die Biodiversität gefördert. Deshalb wurden seit 2017 in enger Zusammenarbeit mit Landwirtinnen und Landwirten Pilotversuche zum Nassreisanbau im Schweizer Mittelland und im Wallis durchgeführt (Jacot *et al.*, 2018). Dabei waren – und sind immer noch – agronomische Herausforderungen zu meistern, insbesondere die Etablierung der Kultur (säen oder setzen), die Unkrautregulierung, die Regulierung des Wasserstands sowie die Düngung und den Pflanzenschutz. Voraussetzung für einen erfolgreichen Reisanbau ist die Verfügbarkeit von Wasser zur Flutung der Felder und wenig durchlässige Böden, die zuvor planiert werden können. Das Schweizer Mittelland stellt für Nassreis eine Grenzertragsregion dar, da die Vegetationsperiode in kühlen Jahren fast zu kurz ist. Doch

konnte in allen Jahren zumindest auf einem Teil der Flächen zufriedenstellende Ernten erzielt werden.

Zur Förderung der Biodiversität wurden am Feldrand Wassergräben von 20–50 cm Tiefe und mindestens 1,5 m Breite eingerichtet (Abb. 7), die schon ab Mitte April mit Wasser gefüllt wurden, um Amphibien Laichplätze zu bieten. Dort kann sich das Wasser erwärmen, was dann auch für die Entwicklung der Reispflanzen vorteilhaft ist. Im Mai wurde das gesamte Feld geflutet und ein Wasserstand von ca. 10–15 cm Tiefe bis Anfang September konstant gehalten. Es wurden keine Pflanzenschutzmittel ausgebracht und Düngemittel sparsam eingesetzt. Die Sorte Loto hat sich als frühreife, temperaturresistente Risottoreissorte, die gut im Schweizer Klima auf gefluteten Feldern reift, herausgestellt (Meier, 2019; Steinegger, 2021).

In mehreren Feldern konnten bereits ab dem ersten Jahr schutzrelevante Zielarten wie der Laubfrosch, die Kreuz-



Abb. 7 | Ökologischer Nassreisanbau. Pilotfeld bei Brugg (AG) (a) im Juni und (b) Ende August 2019.

kröte, die Gelbbauchunke und die Sumpfheidelibelle nachgewiesen und ihre Reproduktion dokumentiert werden (Abb. 8; Monnerat *et al.*, 2021; Gramlich *et al.*, 2020). Das Vorkommen vieler verschiedener Libellenarten spiegelt das grosse Potential der Reisfelder als ergänzenden Feuchtgebietslebensraum wider (Monnerat *et al.*, 2021). Die Anzahl gefährdeter Feuchtgebietsarten, die in den 13 Nassreisfeldern gefunden wurden, war sehr unterschiedlich. Zentrale Einflussfaktoren sind der Abstand zu etablierten Feuchtgebieten, weitere Strukturen in direkter Nähe des Reisfeldes, offene Wasserflächen und Biodiversitätsfördergräben mit stehendem Wasser ab April bis Ende August und für die Pflanzen vorhandene Samenbanken im Boden aus früheren Überflutungen (Fabian *et al.*, in Vorbereitung; Arquint, 2021; Rutz, 2021). Neben der Tatsache, dass Reisfelder selbst als Lebensraum interessant sind und die Populationen

stärken, sind sie auch wertvolle Elemente für die Vernetzung von bestehenden Feuchtgebieten.

Ein Faktenblatt (Gramlich *et al.*, 2021) soll mit praktischen Empfehlungen den Reisanbau erleichtern und sicherstellen, dass die Voraussetzungen als Lebensraum für die habitat-typischen Tier- und Pflanzenarten vorhanden sind. Es ist in Abklärung, ob 2023 der ökologische Nassreisanbau als regionspezifische Biodiversitätsförderfläche mit Vernetzungsbeiträgen (Direktzahlungen) unterstützt werden kann. Dabei werden die notwendigen Rahmenbedingungen zur Förderung der Biodiversität im Reisanbau vorgegeben und abgegolten. Auf landwirtschaftlich genutzten organischen Böden ist der Reisanbau eine Alternative zu Vernässung und Renaturierung. Er kann helfen, die organische Bodensubstanz als nicht erneuerbare Ressource langfristig zu erhalten und damit Klimagasemissionen zu reduzieren.

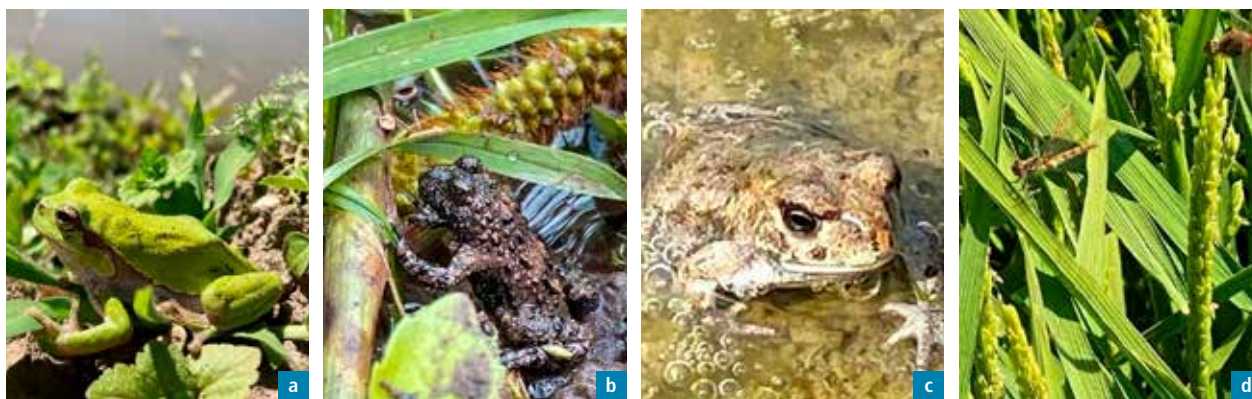


Abb. 8 | Reisfelder im ersten Jahr im Mai 2021 mit a) adultem Laubfrosch (*Hyla arborea*), b) junger Gelbbauchunke (*Bombina variegata*), c) Kreuzkröte (*Epidalea calamita*) und d) Sumpfheidelibelle (*Sympetrum depressiusculum*) sowie Grosse Heidelibelle (*Sympetrum striolatum*) (Fabian *et al.*, 2022).

Kriterien und Indikatoren		Max. Punkte	Bewertung
KRITERIEN MIT GESETZLICHEN VORGABEN			Biodiversität► Produktion
GV1	Gewässerraum	1	1
GV2	Wasser- und Zugvogelreservate	1	1
GV3	Moorlandschaften	1	1
GV4	Pufferzonen für Feuchtbiotop	1	1
BIODIVERSITÄT			
Priorisierte Zonen für Biotop-/Artenschutz			
N1	Vernetzungskorridore für Offenland-Feuchtgebietsarten	5	3
N2	Ökologische Infrastruktur	2	2
Artenvorkommen			
N3	Potential für Offenland-Feuchtgebietsarten (OFG-Arten)	2	1
N4	Vorkommen National prioritäre Feuchtgebietsarten	2	1
Total Biodiversität		11	7
GEWÄSSER			
Hydrologie			
G1	Oberflächenabfluss	1	1
Gewässerschutz			
G2	Oberflächengewässer	2	1
G3	Revitalisierungsplanung	1	0
G4	Grundwasser	3	2
G5	Grundwasserspiegel	2	1
Total Gewässer		9	5
BODEN UND TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN			
Bodeneigenschaften			
B1	Bodeneigenschaften	2	1
Treibhausgas-Emissionen			
B2	Bodentyp organisch	1	0,5
Bodenfunktionen			
B3	Produktionsfunktion	in Erarbeitung	
B4	Lebensraumfunktion	in Erarbeitung	
B5	Regulierungsfunktion	in Erarbeitung	
Total Boden		3	1,5
LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZUNG			
Wirtschaftlichkeit			
L1	Landwirtschaftlicher Ertragswert	6	3
L2	Fruchtfolgeflächen	2	2
L3	Potential für FFF-Kompensation	1	1
L4	Sanierungskosten der Drainagen	2	1
Total Landwirtschaft		11	7

Abb. 9 | Bewertung einer Fläche anhand der Entscheidungshilfe Feuchttackerflächen mit den gesetzlichen Kriterien (rot) und den Indikatoren für 1) Biodiversität (grün), 2) Gewässer (blau), 3) Boden und Treibhausgasemissionen (braun) und 4) Landwirtschaftliche Nutzung (gelb) (Roberti *et al.*, 2022).

Die Zusammenarbeit zwischen Forschung (Agroscope, HAFL), Beratung (Agridea) und den Landwirtinnen und Landwirten findet im Rahmen der IG Nassreis statt (www.nassreis.ch) und wird seit 2022 auch durch den Schweizerischen Nationalfonds unterstützt.

Entscheidungshilfe Feuchttackerflächen

Mit der Entscheidungshilfe werden die Grundlagen für den zukünftigen Umgang mit Feuchttäckern bereitgestellt, das heisst, ob die Drainagen erneuert werden sollten und weiterhin mit mesophilen Kulturen produziert werden kann, oder ob die Fläche vernässt und unter Umständen als Paludikultur bewirtschaftet werden kann und damit feuchteliebende Tier und Pflanzenarten

gefördert werden (Roberti *et al.*, 2022). Die Entscheidungshilfe informiert und unterstützt kantonale Landwirtschaftsämter und Fachstellen für Bodenschutz und für Natur, Bauherrschaften und Beratungskräfte sowie Landwirtinnen und Landwirte bei Entscheiden zur weiteren Bewirtschaftung potentieller FAF. Sie soll insbesondere bei Fragen zur Fortsetzung der Entwässerung (bzw. Sanierung der Drainagesysteme), zur Veränderung des Wasserhaushalts des Bodens oder zur Umgestaltung in eine echte FAF entsprechend den Standortbedingungen unterstützen. In einem strukturierten Ablauf werden die relevanten Kriterien bewertet und die Abwägung zwischen verschiedenen Interessen und Prioritäten unterstützt. Neben gesetzlich vorgeschriebenen

Kriterien (Gewässerraum, Wasser- und Zugvogelreservate, Moorlandschaften, Pufferzonen für Feuchtbiootope), die jegliche Eingriffe in den Wasserhaushalt auf einer Fläche verbieten, werden die wichtigsten Indikatoren der vier Themenbereiche «Biodiversität», «Gewässer», «Boden und Treibhausgase» und «Landwirtschaftliche Nutzung» bewertet. Integraler Teil der Entscheidungshilfe sind Karten zu diesen Themen, die den aktuellen Stand des Wissens abbilden und online als GIS-Tool zur Verfügung stehen. Der Entwurf der Entscheidungshilfe wurde mit vier Pilotkantonen (Zürich, Freiburg, Waadt und Wallis) getestet und weiterentwickelt. Die Entscheidungshilfe ist in drei Landessprachen erhältlich und damit schweizweit nutzbar.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Feuchtflächenpotentialkarte (Szerencsits *et al.*, 2018) bietet schweizweit parzellenscharfe Informationen zur Wasserakkumulation und, wenn detaillierte Bodenkartierungen vorhanden sind, zur Versickerung auf Landwirtschaftsflächen. Es ist davon auszugehen, dass heute ein Grossteil der Flächen mit hohem Potential künstlich entwässert ist. Diese Eingriffe erweiterten die Anbauflächen für mesophile Ackerkulturen massgeblich. Sie haben auch den Wasser- und Stoffhaushalt ganzer Landschaften tiefgreifend verändert und die Lebensräume von Pflanzen- und Tierarten, die auf periodisch vernässte Lebensräume angewiesen sind, stark reduziert. Heute stellt sich die Frage zum künftigen Umgang mit diesen Flächen, sie verlangt nach einer Abwägung zwischen den Zielen der landwirtschaftlichen Produktion, des Ressourcen- und des Biodiversitätsschutzes.

Biodiversität

Während der Feldkampagne 2018 wurden 60 FAF aufgesucht und beurteilt. Es zeigte sich, dass einige Tage nach stärkeren Regenfällen trotz der Entwässerungssysteme stellenweise immer noch stehendes Wasser auf den Feldern zu beobachten war. Es wurden jedoch nur wenige seltene Pflanzen- und Tierarten beobachtet. Mögliche Gründe sind zu wenig Wasser, zu wenig Dynamik der temporären Feuchtstellen, ungenügende Grösse und Vernetzung der feuchten Lebensräume und eine ungenügende biologische Qualität durch die unangepasste Nutzung und durch die umgebende intensive Landwirtschaft (Churko *et al.*, 2020b; Boissinot *et al.*, 2019). Zur Förderung der Arten mit engen Lebensraumansprüchen, wie Amphibien, ist eine Aufwertung dieser Flächen nötig (Churko *et al.*, 2020c). Eine Aufwertung

kann über eine komplette Renaturierung, eine extensive Bewirtschaftung und/oder eine bessere Vernetzung mit weiteren Feuchtackerflächen und mit Feuchtgebieten erreicht werden (Churko *et al.*, 2020a; Churko *et al.*, 2020c). In diesem Zusammenhang spielt die Dauer der Vernässung eine grosse Rolle, da sie die Qualität des Lebensraumes für Feuchtgebietsarten stark beeinflusst (Brose, 2003). Die Blockierung, oder Aufgabe der Drainagen würde vielen feuchteliebenden Arten neuen Lebensraum schaffen (Hartel & Wehrden, 2013).

Organische Böden und Klima

Viele von temporärer Nässe betroffene Ackerflächen sind ehemalige Mooregebiete, die heute landwirtschaftlich intensiv genutzt werden (Gramlich, 2018a). Durch die Entwässerung baut sich die organische Substanz ab und eine langfristige Nutzung des Bodens ist häufig mit grossen Investitionen in Drainagesysteme und Bodenaufschüttungen verbunden. Nebst den beträchtlichen Kosten spricht gegen diese Massnahmen auch, dass drainierte organische Böden beträchtliche Kohlendioxidmengen emittieren und damit die Klimabilanz der Landwirtschaft verschlechtern (Leifeld *et al.*, 2019), während sie eigentlich als nicht erneuerbare Ressource erhalten werden müssten (Weber *et al.*, 2019; Bodenstrategie Schweiz, 2020). Deshalb kann es aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht Sinn machen, für organische Böden nach alternativen Nutzungen zu suchen (Zorn, 2018). Zum bestmöglichen Erhalt der organischen Substanz und auch zum Schutz und der Wiederansiedelung der seltenen Lebewesen, die auf Moor- und Auenstandorte angewiesen sind, wäre je nach Grösse und geographischer Lage eine Renaturierung bzw. Wiedervernässung sinnvoll (Egli *et al.*, 2021). Mit der Wiedervernässung und Nutzung der Fläche als sogenannte Paludikultur, wie dem Reisanbau, kann nachweislich der Abbau der organischen Substanz verlangsamt werden (Liu *et al.*, 2021). In mehreren Europäischen Ländern wurden deshalb bereits ehrgeizige Ziele zur Wiedervernässung von organischen Böden formuliert (Nordt *et al.*, 2022; Joosten *et al.*, 2015).

Berücksichtigt werden muss bei einer Renaturierung von Feuchtackerflächen aber auch, dass solche Massnahmen für die betroffenen Betriebe einschneidende Konsequenzen haben können, die abgefedert werden müssen. Je nach Lage kann eine Ausserkraftsetzung von Drainagen in gewissen Fällen auch zu Stauwasserproblemen in umliegenden Gebieten führen, oder Pflanzenschutz- oder Düngemittel können über Oberflächenabfluss in die Gewässer gelangen (Beguín & Smola, 2010; Blann, 2009).

Alternative Nutzungen

In Paludikulturen erzeugt man mit Pflanzenarten, die einen hohen Wasserstand gut vertragen, auf wiedervernässten ehemaligen Moorflächen Biomasse zur Energiegewinnung oder zur stofflichen Verwendung. Als vielversprechende Paludikulturen käme der Nassreisanbau, die Torfersatzstoffproduktion mit Torfmoosen, die Energie-, Baustoff-, oder Dämmstoffgewinnung aus Schilfröhricht, Rohrkolben oder Rohrglanzgras, die Nutzung von Hölzern aus Erlenbruchwald und Weide aus Kurzumtrieb sowie eine extensive Wiesenbewirtschaftung in Frage. Allenfalls wäre auf sauren Böden auch die Produktion von Blaubeeren oder Preiselbeeren mit stehendem Wasser zwischen den Reihen möglich (Abel, 2016).

Der Reisanbau konnte im Rahmen dieses Projektes in der Schweiz getestet werden und hat sich auf temporär vernässten Flächen als vielversprechende Nutzungsalternative erwiesen (Jacot *et al.*, 2018). Gewisse seltene Arten wie Kreuzkröten, Laubfrösche und Sumpfheidelibellen reagieren rasch auf Fördermassnahmen in ehemals feuchten Flächen (Gramlich *et al.*, 2020; Monnerat *et al.*, 2021). Die Wiederansiedelung von feuchteliebenden Arten sowie die Anlage von Holz-, Stein-, oder Sandstrukturen sind weitere sinnvolle Massnahmen zur Förderung spezifischer Arten. Bei entsprechender Bewirtschaftung (keine Pflanzenschutzmittel und temporäre Vernässung, sorgfältige Standortwahl, Wasser- und Unkrautmanagement) kann eine Nassreisfläche einen selten gewordenen Lebensraumtyp in die Schweizer Agrarlandschaft zurückbringen und gleichzeitig ein attraktives, rentables Produkt generieren (Jacot *et al.*, 2018; Gramlich *et al.*, 2021). Die Beweidung von vernässtem Grasland mit Wasserbüffeln, irischen Hochlandrindern oder Gänsen käme ebenfalls in Frage (Abel, 2016; Buschmann *et al.*, 2020) und wird an geeigneten Standorten in der Schweiz von verschiedenen Organisationen wie ProNatura schon erfolgreich eingesetzt (Martin *et al.*, 2020).

Literatur

- Abel, S., 2016. Edible and medical plants from paludiculture. In: Wichtmann, W., Schroder, C. & Joosten, H. (Eds.), Paludiculture – productive use of wet peatlands: Climate protection – biodiversity – regional economic benefits. Schweizerbart Science Publishers.
- Aktionsplan des Bundesrates, 2017. Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg.). Bern.
- Aregger, K., 2017. The Influence of Waterlogged Arable Soils on Microbial and Carabid Communities - A Field Study on Waterlogged and Drained Areas of Arable Land in Grenchen, Switzerland. Masterarbeit, ETH Zürich, Umweltwissenschaften & Agroscope.
- Arquint, A., 2021. Pre-alpine rice paddies – A promising strategy to conserve a subset community of natural wetland aquatic macroinvertebrates on the Swiss plateau, Masterthesis University Zürich & Agroscope.

Fazit und Entscheidungsfindung

Bei Entscheiden zur künftigen Nutzung von FAF müssen immer Interessenabwägungen stattfinden. Es braucht eine sorgfältige Beurteilung der Einzelfälle unter Berücksichtigung von Biodiversität, Hydrologie, Boden und Klima sowie landwirtschaftlicher Nutzung. Die Entscheidungshilfe Feuchttackerflächen unterstützt bei der Beurteilung der verschiedenen Indikatoren und ermöglicht eine Fall-zu-Fall-Priorisierung der Indikatoren (Roberti *et al.*, 2022).

Ausblick

Ab 2022 werden aufbauend auf den Erkenntnissen des Projektes Feucht-(Acker-)Flächen zwei Folgeprojekte durchgeführt. Im Projekt «ökologischer Nassreis» wird in Zusammenarbeit mit Landwirtinnen und Landwirten angestrebt, den Nassreisanbau agronomisch so zu optimieren, dass positive Effekte zum einen für die Wirtschaftlichkeit der Betriebe und zum anderen für Boden, Gewässer und Biodiversität erzielt werden können. Im Projekt «Moorpufferzonen: Nachhaltige Nutzungen helfen Schweizer Mooren» geht es darum, alternative Kulturen auf Flächen in den hydrologischen Pufferzonen um Moorobjekte vorzuschlagen, die weniger negative Einflüsse auf die Hoch- und Flachmoore haben und für die landwirtschaftliche Produktion in der Schweiz attraktiv sind.

In Erinnerung an Thomas Walter

Die Arbeit an diesem Projekt wurde vom plötzlichen Tod des Initiators Thomas Walter am 26.9.2019 überschattet. Thomas Walter hatte sich stark für die Biodiversität auf Feuchttäckern eingesetzt. ■

- Béguin, J. & Smola, S., 2010. Stand der Drainagen in der Schweiz – Bilanz der Umfrage 2008. Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) Bern.
- Blackwell, M.S.A. & Pilgrim, E.S., 2011. Ecosystem services delivered by small-scale wetlands. *Hydrological Sciences Journal*, 56, 1467–1484.
- Blann, K.L., Anderson, J.L., Sands, G.R. & Vondracek, B., 2009. Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: A review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 39, 909–1001.
- Bodenstrategie Schweiz, 2020. Kompetenzzentrum Boden, Bundesamt für Umwelt BAFU, (Hrsg.). Bern.
- Boissinot, A., Besnard, A., Lourdais, O., 2019. Amphibian diversity in farmlands: Combined influences of breeding-site and landscape attributes in western France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 269, 51–61.

- Brose, U., 2001. Relative importance of isolation, area and habitat heterogeneity for vascular plant species richness of temporary wetlands in East-German farmland. *Ecography*, 24.
- Buschmann, C., Röder, N., Berglund, K., Berglund, Ö., Lærke, PE., Maddison, M., Mander, Ü., Myllys, M., Osterburg, B. & van den Akker, J., 2020. Perspectives on agriculturally used drained peat soils: Comparison of the socio-economic and ecological business environments of six European regions. *Land Use Policy*, 90, 104181, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104181>.
- Brose, U., 2003. Regional diversity of temporary wetland carabid beetle communities: a matter of landscape features or cultivation intensity? *Agriculture Ecosystems & Environment*, 98, 163–167.
- Churko, G., Szerencsits, E., Gramlich, A., Prasuhn, V. & Walter, T., 2018. Arten der Feucht-(Acker-) Flächen in der Schweiz und Korridore zwischen Schutzobjekten. *Agroscope Science*, 76, 1–39.
- Churko, G., Walter, T., Szerencsits, E., & Gramlich, A., 2020a. Improving wetland connectivity through the promotion of wet arable land. *Wetlands Ecology and Management*, 28, 667–680.
- Churko, G., Gramlich, A. & Walter, T., 2020b. Vascular plant and ground beetle diversity on wet arable land versus conventional crop fields. *Basic and Applied Ecology* 53, 86–99.
- Churko, G., Kienast, F. & Bolliger, J., 2020c. A Multispecies Assessment to Identify the Functional Connectivity of Amphibians in a Human-Dominated Landscape. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9, 287.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Eggenberg, S. & Vust, M., 2015. Lebensräume der Schweiz – Ökologie – Gefährdung – Kennarten. 3rd Edition. Ott, Bern.
- Egli, M., Wiesenberg, G., Leifeld, J., Gärtner, H., Seibert, J., Rössli, C., Wingate, V., Dollenmeier, W., Griffel, P., Suremann, J., Weber, J., Zyberaj, M. & Musso, A., 2021. Formation and decay of peat bogs in the vegetable belt of Switzerland. *Swiss Journal of Geosciences*, 114, 2. <https://doi.org/10.1186/s00015-020-00376-0>.
- Fabian, Y., Jacot, K. & Brönnimann, V. (2022). Ökologischer Nassreis: Anbauverfahren nördlich der Alpen 2021, Bericht.
- Gimmi, U., Lachat, T. & Bürgi, M., 2011. Reconstructing the collapse of wetland networks in the Swiss lowlands 1850–2000. *Landscape Ecology*, 26, 1071–1083.
- Gramlich, A., Stoll, S., Aldrich, A., Stamm, C., Walter, T. & Prasuhn, V., 2018a. Einflüsse landwirtschaftlicher Drainage auf den Wasserhaushalt, auf Nährstoffflüsse und Schadstoffaustrag – eine Literaturstudie. *Agroscope Science*, 73, 52 S.
- Gramlich, A., Stoll, S., Stamm, C., Walter, T. & Prasuhn, V., 2018b. Effects of artificial land drainage on hydrology, nutrient and pesticide fluxes from agricultural fields – A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266, 84–99.
- Gramlich, A., Churko, G., Jacot Ammann, K. & Walter, T., 2020. Biodiversität auf Nassreisfeldern im Schweizer Mittelland: Gefährdete Arten finden neuen Lebensraum. *Agroscope Transfer*, 332, 1–15.
- Gramlich, A., Fabian, Y., & Jacot K., 2021. Faktenblatt Reisanbau – Ökologischer Nassreis-Anbau auf vernässenden Ackerflächen in der Schweiz. *Agridea*, Lindau.
- Gschwend, F., Aregger, K., Gramlich, A., Walter, T. & Widmer, F., 2020. Periodic waterlogging consistently shapes agricultural soil microbiomes by promoting specific taxa. *Applied Soil Ecology*, 155, 103623. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103623>.
- Hartel, T. & von Wehrden H., 2013. Farmed Areas Predict the Distribution of Amphibian Ponds in a Traditional Rural Landscape. *PLoS ONE*, 8 (5), e63649. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063649>.
- Holman, I., Hollis, J., Bramley, M. & Thompson, T., 2003. The Contribution of Soil Structural Degradation to Catchment Flooding: A Preliminary Investigation of the 2000 Floods in England and Wales. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7, 755–766. <https://doi.org/10.5194/hess-7-755-2003>.
- Jacot, K., Churko, G., Burri, M. & Walter, T., 2018. Reisanbau im Mittelland auf temporär gefluteter Fläche möglich – Ein ökonomisch und ökologisches interessantes Nischenprodukt. *Agroscope Transfer*, 238, 1–8.
- Joosten, H., Gaudig, G., Krawczynki, R., Tanneberger, F., Wichmann, S. & Wichtmann, W., 2015. Managing soil carbon in Europe: Paludicultures as a new perspective for peatlands (Chapter 25). In: *Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits* (eds. Banwart, SA, Noellemeyer, E & Milne, E). CAB International, 297–306.
- Leifeld, J., Vogel, D. & Bretscher, D., 2019. Treibhausgasemissionen entwässerter Böden. *Agroscope Science*, 74.
- Liu, Y., Ge, T., van Groenigen, K.J. Yang, Y., Wang, P., Cheng, K., Zhu, Z., Wang, J., Li, J., Guggenberger, G., Sardans, J., Punelas, J., Wu, J. & Kuzyakov, J., 2021. Rice paddy soils are a quantitatively important carbon store according to a global synthesis. *Commun Earth Environ*, 2, 154. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00229-0>.
- Lukács, B.A., Sramkó, G. & Molnár, A., 2013. Plant diversity and conservation value of continental temporary pools. *Biological Conservation*, 158, 393–400.
- Lupi, D., Savoldelli, S., Rocco, A. & Rossaro, B., 2012. Italian rice agroecosystems: a threat to insect biodiversity? *Landscape Management for Functional Biodiversity*. *IOBC/wprs Bulletin*, 75, 127–131.
- Martin, M., Jöhl, R., Volkart, G., Grosvernier, P. & Montavon, C., 2020. Bewirtschaftung von artenreichen Moorweiden. Zugang: <https://infohabitat.ch/wp-content/uploads/2020/07/Moorweiden.pdf>.
- Meier, J., 2019. Anbauoptionen für Nassreis in der Nordschweiz. Masterarbeit, Universität Hohenheim & Agroscope.
- Monnerat, C., Churko, G., Weiss, E. & Fabian, Y., 2021. Die Libellengemeinschaft der Nassreisfelder in der Schweiz (Odonata). *Libellula Supplement* 16, 201–228.
- Moser, D.M., Gygax, A., Bäumler, B., Wyler, N. & Palese, R., 2002. Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. BUWAL-Reihe «Vollzug Umwelt» Bundesamt für Umwelt, Bern, Switzerland.
- 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». Hrsg. Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt). Berlin.
- Normille, D., 2016. Nature from nurture. *Science*, 351, 908–910.
- Roberti, G., Gramlich, A., Benz, R., Szerencsits, E., Churko, G., Prasuhn, V., Leifeld, J., Zorn, A., Jacot, K., Herzog, F., & Fabian, Y., 2022. Entscheidungshilfe für feuchte und nasse Ackerflächen. Unterstützung bei der Identifikation von Flächen, auf denen Alternativen zur Entwässerung in Betracht zu ziehen sind. *Agroscope Transfer*, 449, 1–67.
- Rutz, T., 2021. Plant communities in Swiss rice paddy agroecosystems Masterarbeit Bern University of Applied Sciences, BFH & Agroscope.
- Schmidt, B.R. & Zumbach, S., 2005. Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz, Bern. BUWAL-Reihe «Vollzug Umwelt», 48.
- Steinegger, A., 2021. Paddy rice cultivation in northern Switzerland: A Variety Trial. Masterarbeit, ETH Zürich & Agroscope.
- Szerencsits, E., Prasuhn, V., Churko, G., Herzog, F., Utiger, C., Zihlmann, U. *et al.*, 2018. Karte potenzieller Feucht-Acker-Flächen der Schweiz. *Agroscope Science*, 72, 67 S.
- Vogelwarte, 2019. Win-win für Zugvögel und Landwirtschaft. Medienmitteilung. Vogelwarte, Sempach. <https://www.vogelwarte.ch/de/vogelwarte/news/medienmitteilungen/kontrollierte-flutung>.
- Walter, T., Eggenberg, S., Gonseth, Y., Fivaz, F., Hedinger, C., Hofer, G. *et al.*, 2013. Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft – Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL). ART-Schriftenreihe 18. *Agroscope*, Zürich-Reckenholz.
- Weber, P., Zirfass, K., Bollens, U., Egluff, T. & Hofmann, A. (2019). Innovationsprojekt «Umgang mit drainierten Böden» - Schlussbericht. Kanton Aargau, Bern, Zürich, 75.
- Zorn, A., 2018. Grundlagen der Wirtschaftlichkeit von Feucht-(Acker-)Flächen. *Agroscope Science*, 75, 1–36.