

CSD INGENIEURE SA
Avenue des Sports 14
CH-1400 Yverdon-les-Bains
+ 41 24 424 95 00
yverdon@csd.ch
www.csd.ch

CSD INGENIEURS
INGÉNIEUX PAR NATURE



Bundesamt für Landwirtschaft – BLW

Temporäre Überschwemmungen von landwirtschaftlichen Feldern als Rastplatz für ziehende Limikolen: Suche nach neuen Standorten, Machbarkeit, Entschädigung an den Landwirt

Schlussbericht – Deutsche Übersetzung für den Kanton Solothurn

Yverdon-les-Bains, Februar 2025 / FCH010233

Inhaltsverzeichnis

1 Hintergrund.....	1
1.1 Limikolen-Rastplätze	1
1.1.1 Thema	2
1.1.2 Wissenschaftlicher Hintergrund	2
1.1.3 Die Erfahrung von Yverdon-les-Bains.....	2
1.1.4 Notwendigkeit eines zusätzlichen Standorts in der Nähe von Yverdon-les-Bains	3
1.1.5 Allgemeine Ziele des bestehenden Forschungsprojektes	3
1.1.6 Übereinstimmung mit der Agrarpolitik und anderen übergeordneten Planungsinstrumenten. .	3
1.2 Das Forschungsprojekt ELA - Kanton (VD-FR-SO) - BLW.....	4
1.2.1 Potenzieller Nutzen	4
1.2.2 Risiken.....	5
1.2.3 Verwertung der Ergebnisse des Forschungsprojekts	5
2 Projektergebnisse - Forschungsfragen und -ziele	6
2.1 Spezifische Bedingungen einer Anlage	6
2.1.1 Wahl des Ortes.....	6
2.1.2 Voruntersuchungen, betreffend der Machbarkeit.....	7
2.1.3 Erste Einrichtung der Anlage - erste Überschwemmungen.....	8
2.1.4 Langfristige Überschwemmungen	10
2.2 Optimale Fläche eines Anlaufpunktes.....	11
2.2.1 Die Erfahrungen von Yverdon.....	12
2.2.2 Ein Abakus als Hilfe bei der Abgrenzung.....	12
2.3 Potenzielle Standorte VD-FR-SO.....	14
2.3.1 Datenbankrecherche und GIS-Analysen	14
2.3.2 Ergebnisse der GIS-Analyse.....	15
2.4 Landwirtschaftliche Synergien	17
2.4.1 Analyse der Limikolen-Rastplätze durch den Kanton Waadt.....	19
2.4.2 Analyse der Watvogel-Rastplätze durch den Kanton Freiburg.....	20
2.4.3 Analyse der Limikolen-Rastplätze durch den Kanton Solothurn.....	21
2.5 Bodenkunde	22
2.5.1 Die Böden des Standorts Yverdon-les Bains: Eigenschaften, Entstehung und Zukunft	22
2.5.2 Eingriffe in das Untersuchungsgebiet: Überschwemmungen, Bauarbeiten und Bodenuntersuchungen	25
2.5.3 Bodenbeobachtung: Methodik	26
2.5.4 Bodenfruchtbarkeit : Ergebnisse und Interpretation.....	28
2.5.5 Pedologische Überwachung: Auswirkungen von Überschwemmungen auf den Boden	31
2.5.6 Bilanz der bodenkundlichen Überwachung: Grenzen und Perspektiven.....	32
2.5.7 Perspektiven: ein multifunktionaler Standort: landwirtschaftliche Produktion, Rastplatz für Watvögel, Klimaschutz.....	33
2.6 Entschädigung an die Bewirtschaftenden	34

2.6.1	Geschätzte Ertragsverluste, je nach Kulturpflanze	35
2.6.2	Anerkennung und Aufwertung von Rastplätzen für Watvögel als Flächen zur Förderung der Biodiversität.....	39
2.6.3	Schlussfolgerung zur Vereinbarkeit von Zwischenstopps für Watvögel mit der Landwirtschaft und Entwicklungsmöglichkeiten	40
3	Kommunikation nach aussen.....	42
4	Schlussfolgerung	44
5	Bibliografie.....	46
6	Anhänge	48

Das vorliegende Forschungsprojekt wird vom Bundesamt für Landwirtschaft und den Kantonen Waadt, Freiburg und Solothurn unterstützt. Es untersucht die Möglichkeit, landwirtschaftlich genutztes Land vorübergehend zu überfluten, um ziehende Limikolen zu beherbergen.

Es wurde von Vertretern der kantonalen Verwaltungen (Landwirtschaft, Biodiversität, Natur, Landschaft) der Kantone Waadt, Freiburg und Solothurn erstellt. Diese kantonsübergreifende Sichtweise ist sinnvoll, da die kantonalen Kontexte und Erfahrungen variieren.

Spezialisten der Schweizerischen Vogelwarte oder aus dem Bereich Boden haben in ihrem jeweiligen Fachgebiet zu dieser Arbeit beigetragen.

Der Verein «Escale Limicoles et Agriculture» stellte die in Yverdon-les-Bains gesammelten technischen und biologischen Erfahrungen zur Verfügung.

Das Büro CSD Ingenieure in Yverdon-les-Bains stellte seine ingenieurwissenschaftliche Expertise zur Verfügung, koordinierte die Partner und übernahm die Redaktion des vorliegenden Berichts.

1 Hintergrund

Der Klimawandel und die beschleunigte Abnahme der biologischen Vielfalt, die von der Wissenschaft seit vielen Jahren aufgezeigt werden, werden von unseren politischen Behörden anerkannt und sind zu einer grossen Herausforderung für das Leben, wie wir es auf der Erde kennen, geworden.

Die globale Erwärmung steht im Mittelpunkt der Diskussionen, aber die Biodiversität und ihre Verteilung insbesondere auf unserem Kontinent ist ein ebenso wichtiges Thema.

Andererseits hat die weltweite Bevölkerungszunahme, die selbst in unseren Breitengraden noch lange nicht unter Kontrolle ist, zu einer Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und einer Intensivierung der landwirtschaftlichen Praktiken geführt. Die Notwendigkeit einer gewissen regionalen Ernährungsautonomie wurde spürbar und durch die Covid 19-Pandemie weiter bestätigt.

Unsere Landwirte müssen, um im weltweiten Wettbewerb zu bestehen, ihre Gewinnspannen sehr knapp kalkulieren und können kaum Flächen aus der Produktion herausnehmen, auch nicht zeitweise.

1.1 Limikolen-Rastplätze

Arten, die an Feuchtgebiete gebunden sind, insbesondere Zugvögel (Limikolen), gehören zu den am stärksten vom Rückgang ihres Lebensraums betroffenen Arten, vor allem in der Schweiz. Ein Potenzial zur Schaffung von Ersatzmassnahmen besteht in der Bereitstellung von temporär überfluteten Standorten in landwirtschaftlichen Flächen. Mögliche Standorte befinden sich in den intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten des Schweizer Mittellandes.

Der Hauptzugstrom der Limikolen verläuft über die Atlantikküsten Nord- und Westeuropas, doch 10-15% des Stroms, der für die Populationsdynamik nicht zu vernachlässigen ist, verläuft durch die Mitte des Kontinents. Er konzentriert sich im Schweizer Mittelland auf einer NO-SW-Achse, um die von den Alpen gebildete Barriere zu umgehen. Nach dem aktuellen Stand der Forschung ist nicht bekannt, ob diese eigentlich direkte und vorteilhafte Strecke aufgrund der immer seltener werdenden Nahrungs- und Rastplätze nicht von einem grösseren Anteil des Stroms genutzt wird.

Die landwirtschaftliche Produktion durch immer grössere und schwerere Maschinen hat in Mitteleuropa und in der Schweiz nach und nach die flachen Sumpfflächen beseitigt, die Watvögel auf ihren Wanderungen zur Nahrungsaufnahme benötigen. Zudem wurden durch Massnahmen zur Regulierung der Wasserstände (Jura-gewässerkorrektionen) die Ufer von Seen und Flüssen, die nun kaum Pegelschwankungen unterliegen, ungeeignet.

Durch abwechselnde landwirtschaftliche Nutzung und saisonale Überflutung geeigneter Gebiete könnten die von Zugvögeln benötigten Flächen neu geschaffen werden. Dabei könnte die Bodenfruchtbarkeit erhalten werden und die landwirtschaftliche Bewirtschaftung mit Maschinen bliebe zeitweise möglich.

1.1.1 Themen

Limikolen oder kleine Watvögel (Bekassinen, Schnepfen, Kampfläufer, Flussregenpfeifer usw.) überqueren zu Tausenden unser Land, um im Frühjahr ihre Nistplätze in Nordeuropa und im Herbst ihre Überwinterungsgebiete am Mittelmeer und in Äquatorialafrika aufzusuchen. Die meisten Arten sind Zugvögel, die nicht in der Schweiz brüten. Sie benötigen für ihre Zwischenstopps (Rast, Ernährung) überschwemmte Flächen mit wenigen Zentimetern Wasserstand, die weitläufig und offen sind. Normalerweise sind diese Lebensräume in der Schweiz aufgrund der anthropogenen Regulierung von Wasserständen kaum verfügbar. Bei Überschwemmungereignissen können solche Lebensräume in landwirtschaftlichen Gebieten entstehen. Dann werden sie je nach Jahreszeit sofort von Limikolen genutzt. Seemoore, wie das Grande Cariçaie am Neuenburgersee, sind aufgrund ihrer üppigen Vegetation weniger geeignet.

1.1.2 Wissenschaftlicher Hintergrund

Die wissenschaftliche Grundlage für das vorliegende Projekt bildet eine Publikation der Schweizerischen Vogelwarte Sempach aus dem Jahr 1992: "Stationierung von Limikolen mit Zwischenstopp in der Schweiz. Inventar der Standorte. Erhaltung und Gestaltung: Beispiele. Limikolen und ihre Wanderungen".

Die Schweizerische Vogelwarte ist ein wissenschaftlicher und finanzieller Partner des Projekts in Yverdon-les-Bains (siehe § 1.1.3 unten). Die Daten des seit 2017 durchgeführten ornithologischen Monitorings werden in der Plattform "ornitho.ch" gesammelt und halbjährlich in den SI-Bulletins (Informationsdienst) der Vogelwarte veröffentlicht. Das SI-Bulletin berichtet über die schweizweit aussergewöhnliche Attraktivität des Standorts Yverdon-les-Bains für durchziehende Limikolen.

Die Auswirkungen temporärer Überschwemmungen auf die Böden des Standorts Yverdon-les-Bains waren Gegenstand einer EPFL-Masterarbeit (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne): "Evolution d'un sol tourbeux travaillé soumis à une inondation saisonnière contrôlée." (Bienz R. 2018). Ein Protokoll zur Bodenüberwachung, bestehend aus 11 biologischen, chemischen und physikalischen Indikatoren, wurde entwickelt und im Herbst 2018 und im Frühjahr 2020 angewendet. Aktuell ist daraus kein eindeutiger Trend hinsichtlich der positiven oder negativen Auswirkungen von Überschwemmungen auf die Qualität von Torfböden bekannt.

Es gibt nur wenige konkrete Beispiele mit kontrollierten temporären Überschwemmungen von landwirtschaftlichen Feldern in der Schweiz oder im Ausland. Im Kanton Solothurn stellen jedoch der OROEM-Standort Grenchen (WZV-Objekt Grenchen) und der Standort Dünnerebene bei Kestenholz (Limikolenrastplatz von regionaler Bedeutung) konkrete und aktuelle Beispiele dar.

1.1.3 Die Erfahrung von Yverdon-les-Bains

Seit 2015 besteht in Yverdon-les-Bains ein Rastplatz für ziehende Limikolen auf einer 5 Hektar grossen Gemüseparzelle am Stadtrand. Dieser ist ein ornithologischer und technischer Erfolg. Seit den ersten kontrollierten Überschwemmungen im Jahr 2017 ist es gelungen die landwirtschaftliche Produktion und den Artenschutz miteinander zu verbinden. Im Herbst 2020 und im Herbst 2021 wurden dort mehr als 7200 Limikolen-Tage gezählt, was ihn zum wichtigsten Rastplatz dieser Vogelgruppe in der Schweiz macht.

Der Fortbestand des Standorts ist derzeit für 10 Jahre (bis 2030) gesichert. Es besteht eine Vereinbarung zwischen dem Eigentümer (Stadt Yverdon-les-Bains), dem Betreiber (Stoll Production SA) und dem Verein, der das Projekt koordiniert (Escale Limicoles - Agriculture). Während dieses Zeitraums wird eine wissenschaftliche Überwachung durchgeführt, die sowohl auf die vorhandenen Arten als auch auf die Hydrologie und die Entwicklung der Bodenqualität überwacht.

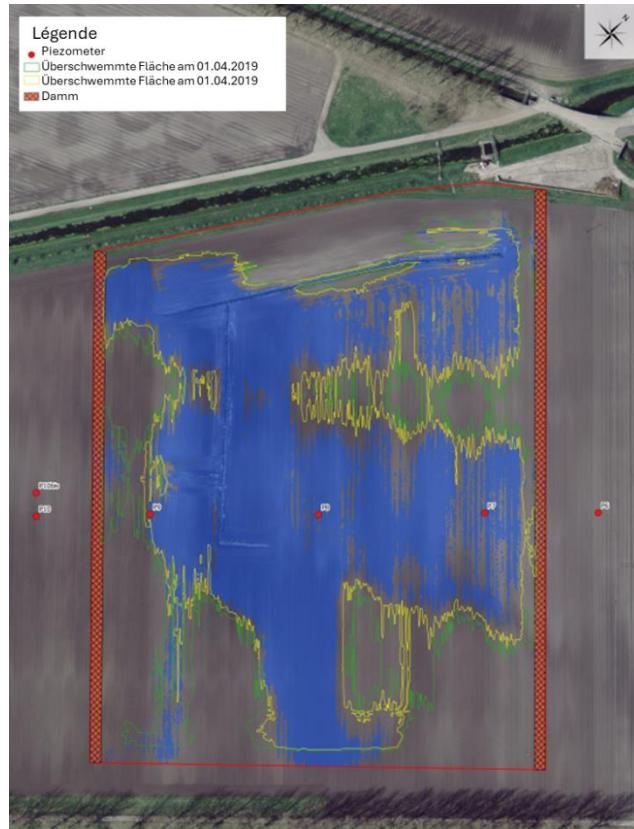


Abbildung 1 Kartierung der zeitweise überfluteten Parzelle für den Zwischenstopp von Limikolen in Yverdon-les-Bains

1.1.4 Notwendigkeit eines zusätzlichen Standorts in der Nähe von Yverdon-les-Bains

Um jedes Jahr eine landwirtschaftliche Produktion zu gewährleisten, die den Anforderungen der Fruchtfolgefläche (FFF) entspricht, wird der Standort Yverdon-les-Bains nur einmal pro Jahr überschwemmt. Entweder im Frühling (März bis Mai) oder im Herbst (August bis Oktober). Rastplätze für Limikolen werden jedoch sowohl im Frühling (vor der Brut, nach Norden) als auch im Herbst (nach der Brut, nach Süden) benötigt. Idealerweise würden, zwei verschiedene Orte in derselben Region abwechselnd zu überflutet. Derzeit ist der Verein Escales Limicoles et Agriculture auf der Suche nach einem zweiten Standort.

1.1.5 Allgemeine Ziele des bestehenden Forschungsprojektes

Das Projekt in Yverdon-les-Bains ist innovativ; es hat von optimalen Bedingungen und Synergien profitiert, die seine Umsetzung ermöglicht haben.

Die Forschungsarbeit untersucht die notwendigen Bedingungen, um dieses Modell in ähnlichen Regionen (Kantone Waadt, Freiburg und Solothurn) zu replizieren und das Projekt in Yverdon-les-Bains zu ergänzen. Die Bedingungen und Einschränkungen für die Einrichtung von Raststätten, die Auswirkungen der vorübergehenden Überflutung auf den Boden und die finanzielle Entschädigung für den Landwirt müssen analysiert werden. Der letzte Punkt ist von entscheidender Bedeutung, um die Landwirte davon zu überzeugen, Fläche zur Verfügung zu stellen.

Zunächst wäre es ideal, zwei Anlaufstellen pro Kanton zu finden. Anschliessend könnten weitere Standorte je nach Gelegenheit und Bedarf hinzugefügt werden.

1.1.6 Übereinstimmung mit der Agrarpolitik und anderen übergeordneten Planungsinstrumenten

Mehrere Instrumente zielen auf eine Stärkung der Biodiversität ab, die landwirtschaftliche Flächen einbezieht. Sowohl die Strategie Biodiversität Schweiz als auch das Landschaftskonzept Schweiz weisen auf den Bedarf

an qualitativ hochwertigen Flächen hin, die die Vernetzung der natürlichen Lebensräume verbessern können. Ein Rastplatz für Watvögel erfüllt diese Bedürfnisse und stellt ein wichtiges Element der ökologischen Infrastruktur dar. Obwohl er nur vorübergehend ist, könnte er als Lebensraum anerkannt werden, der die UZL-Qualitätskriterien erfüllt (ART-Schriftenreihe 18, Juni 2013). Viele Zielarten oder UZL-Arten, wie der Grosse Brachvogel, die Uferschneepfe, der Kiebitz oder die Ringelnatter, profitieren von solchen Standorten.

1.2 Das Forschungsprojekt ELA - Kanton (VD-FR-SO) - BLW

In der folgenden Tabelle sind die Fragen und Ziele des Forschungsprojekts aufgeführt:

Forschungsfragen und -ziele.
<ol style="list-style-type: none"> Spezifische Bedingungen für einen Anlaufpunkt. Definieren Sie die Bedingungen, die für die Einrichtung eines Anlaufpunktes notwendig sind: Geografie, Topografie, Randaktivitäten, Wasserversorgung, Wasserstandsregulierung, Drainagen. Optimale Fläche eines Rastplatzes. Bewerten Sie die minimale, optimale und maximale Fläche, die für die verschiedenen Gruppen von Limikolen geeignet ist. Potenzielle Standorte VD - FR - SO. Bestimmung potenzieller Standorte in den Kantonen VD, FR, SO, die als Zwischenstopps für ziehende Limikolen dienen können. Synergien in der Landwirtschaft. Identifizierung von Synergien mit Projekten zur Strukturverbesserung (Drainagen, Bewässerung, ...). Bodenkunde. Analyse der Auswirkungen periodischer Überschwemmungen auf den Boden nach dem Stand des Wissens auf der Grundlage des Standorts Yverdon und von Daten aus der wissenschaftlichen Literatur (Verdichtung, Auswaschung von Betriebsmitteln, Torfregeneration, Bodenfauna). Entschädigung für den Landwirt. Beziffern Sie die Ertragseinbussen für die Landwirtschaft in Abhängigkeit von der Überschwemmungszeit (Frühjahr oder Herbst) und den betroffenen Kulturen. Schlagen Sie Lösungen für eine angemessene finanzielle Entschädigung vor.

Tabelle 1 Fragen und Ziele des Forschungsprojekts.

1.2.1 Potenzieller Nutzen

Durch die Realisierung von Rastplätzen können der breiten Öffentlichkeit **konkrete Synergien** zwischen Naturschutz und Landwirtschaft aufgezeigt werden. Die Beobachtung von Vögeln ist eine Aktivität, die nicht nur auf versierte Ornithologen beschränkt ist. Zudem könnten die Produkte von den "Limikolen-Parzellen" bei der Vermarktung aufgewertet werden (Limikolen-Label).

Vorteile für die Landwirtschaft :

- Effektiver Beitrag zum Naturschutz
- Mögliche Optimierung von natürlich überschwemmten und wenig produktiven landwirtschaftlichen Parzellen
- Besseres Image der Produktion > Möglichkeit der Vermarktung
- Potenzielle Flächen, die auf die 3,5% BFF angerechnet werden könnten, die auf Ackerland eingerichtet werden sollen

Vorteile für die Natur :

- Bereitstellung von temporären Biotopen, die seltene und bedrohte Arten beherbergen
- Stärkung der Amphibienpopulationen
- Positive Auswirkungen auf Insekten und die mikrobielle Wasserfauna
- Elemente, die zum Aufbau der ökologischen Infrastruktur beitragen
- Konsolidierung der Verantwortung der Schweiz für Zwischenstopps von Limikolen auf dem interkontinentalen Zug

Vorteile für die Bevölkerung :

- Beobachtungsorte von Limikolen für die breite Öffentlichkeit, in zugänglichen Gebieten ohne Störungsrisiko
- Darstellung einer Synergie zwischen Natur und Landwirtschaft (*"Auf diesem Feld wuchsen im Frühjahr Karotten; im Herbst machen Zugvögel hier Zwischenstation!"*).

1.2.2 Risiken

- Technische Aspekte der notwendigen Wasserregulierung der Standorte > Erwägung einer Zusammenarbeit mit Projekten zur strukturellen Verbesserung,
- Ertragseinbussen, die je nach Kulturart ausgeglichen werden müssen,
- Positive oder negative Auswirkungen temporärer Überschwemmungen auf die Qualität und Fruchtbarkeit des Bodens,
- Aufnahme des Anlegeplatzes in ein Inventar oder in die ökologische Infrastruktur, die auf Raumplanungsbene verbindlich ist.

1.2.3 Verwertung der Ergebnisse des Forschungsprojekts

Nach dieser Studienphase wird der Grundstein für konkrete Umsetzungen gelegt. Von den Ergebnissen können profitieren:

- die Verwaltungen anderer Kantone des Schweizer Mittellandes (insbesondere BE, NE, ZH, AG, TG) mit ähnlichen Regionen,
- Organisationen, die für die Entwicklung der biologischen Vielfalt zuständig sind, und Naturschutzverbände, die ein ähnliches Projekt starten möchten,
- das Bundesamt für Landwirtschaft, für die Definition neuer Arten von Flächen zur Förderung der Biodiversität oder von Zielen, in Verbindung mit zukünftigen Agrarumweltprojekten (ökologische Netzwerke, Landschaftsqualität).

2 Projektergebnisse - Forschungsfragen und -ziele

In diesem Kapitel wird das Forschungsergebnis für die verschiedenen Forschungsziele der Tabelle 1.

2.1 Spezifische Bedingungen einer Anlage

Definieren Sie die notwendigen Bedingungen für die Einrichtung einer Anlage: Geografie, Topografie, Randaktivitäten, Wasserversorgung, Wasserregulierung, Drainagen.

In diesem Kapitel werden die Schritte, Untersuchungen und Massnahmen zusammengefasst, die für die Einrichtung und den Fortbestand einer Anlage erforderlich sind.

Nebst den im Kapitel 2.2.1 und 2.2.2 beschriebenen flächenmässigen Eigenschaften (zwischen 3 und 5 ha) und den Einschränkungen hinsichtlich der Zugänglichkeit und Störung des Rastplatzes (Standort möglichst weit entfernt von Strassen, Waldstreifen und Störungsquellen) die eine optimale Aufnahme der Limikolen ermöglichen, müssen auch Parameter betreffend der Durchführbarkeit der Überflutung berücksichtigt werden.

2.1.1 Wahl des Ortes

Räumliche Merkmale der Anlage :

- Flaches Gelände (1-2°), dass sich in der Region Mittelland befindet (vgl. Kap. 2.3). Die ideale Wassertiefe, die während einer Überschwemmung benötigt wird, liegt zwischen 0 und 15 cm (max. 20 cm), mit einer geringen Abweichung vom Mittelwert. Die Entstehung von Inseln und die Maximierung der linearen Wasser-Boden-Grenzfläche sind ebenfalls wichtige Merkmale von Überschwemmungsflächen.
- Überschwemmungsflächen sind idealerweise 1-3 ha in einem Feld von 3-5 ha (vgl. Kap. 2.2). Die Mindestfläche für eine funktionierende Anlage wird auf 3 ha geschätzt.
- Idealerweise ist die Anlage relativ weit von Hecken und Baumgruppen entfernt (siehe Kap. 2.2.1), da Limikolen grosse Flächen benötigen, auf denen sie die Anwesenheit von Räubern erkennen können (Beispiel: Meeresufer).
- Idealerweise ist die Anlage ausreichend weit von Strassen und anderen Störquellen entfernt (siehe Kap. 2.2.1), um die Störung zu begrenzen.
- Wenn der Standort nicht ausreichend abgelegen ist und Besucher/Schaulustige erwartet werden: Der Standort kann trotzdem funktionieren, ähnlich wie in Yverdon-les-Bains. Man sollte jedoch gut über die Kanalisierung der Besucher nachdenken (Parkplätze, Hinweise auf Beobachtungspunkte usw.).

Bodeneigenschaften, Drainagen :

- Vorzugsweise fruchtbare Boden mit reichlich Regenwürmern, z. B.: Torfböden.
- Eine durchgehende Schicht aus Lehm oder Seekreide im Untergrund ist ein unbestreitbarer Mehrwert, da sie das Versickern von Wasser in den Boden verringert.
- Das Vorhandensein eines Drainagenetzes im Untergrund, das oft für eine gute landwirtschaftliche Produktion notwendig ist, ist kein Nachteil, sondern ein Vorteil, solange man den Abflusskanal (während der Überschwemmungsperiode) vorübergehend mit einem Absperrenventil blockieren kann. Die Abtrocknung nach der Überschwemmungsperiode wird schneller erfolgen, wenn ein Drainagesystem vorhanden ist.

Überschwemmungsperioden :

- Eine Überschwemmung pro Jahr.
- 1^{er} März - 31. Mai oder 1^{er} August - 30. Oktober oder sogar 30. November. Diese Überschwemmungszeiten können je nach landwirtschaftlichen Erfordernissen oder Verzögerungen bei der Herbstwanderung leicht angepasst werden.

- Wahl des Standorts und des Überschwemmungszeitraums sind in Abhängigkeit von der Art der Kulturen, die dort angebaut werden können, und unter Berücksichtigung der Maschinen und Techniken der Landwirte.

2.1.2 Voruntersuchungen, betreffend der Machbarkeit

Nachdem ein potenzieller Standort ermittelt wurde, müssen in einem ersten Schritt Untersuchungen durchgeführt werden, um die Voraussetzungen für die Einrichtung eines Rastplatzes für Limikolen zu prüfen.

Folgende Untersuchungen sind erforderlich:

- Definieren der Bodenbeschaffenheit (Pedologie) und die Durchlässigkeit des Bodens, um den Wasserbedarf grob abschätzen zu können.
- Schätzung der erforderlichen Durchflussmenge für die Aufrechterhaltung der Überschwemmung.
Als Beispiel: Für den Standort Yverdon-les-Bains (Ort "Quatre-Vingts") ist ein Durchfluss von 5-10 l/s im Durchschnitt über die gesamte Überschwemmungsdauer erforderlich, um ein 5 ha grosses Gelände mit Wasser zu versorgen. Diese Werte können von Jahr zu Jahr variieren, je nach Grundwasserstand und Niederschlagsmenge während der Überschwemmungsperiode.
- Geländetopographie: Analyse des digitalen Geländemodells (DEM), um die zu erwartenden Wassertiefen zu ermitteln. Es ist in der Tat nicht einfach, "mit dem Auge" sicherzustellen, dass die Topographie des Geländes geeignet ist, um eine Wassertiefe von 0-15 cm über fast das gesamte überflutete Gebiet mit einer maximalen Wasser-Land-Grenzfläche zu haben.
- Die Topographie sowie die Bodenbeschaffenheit haben ebenfalls Auswirkungen auf die seitliche Ausbreitung der Grundwasseranhebungszone / Einfluss auf nahegelegene landwirtschaftliche Betriebe. Untersuchungen zur Eindämmung von Überschwemmungen sowohl an der Oberfläche als auch in der Tiefe müssen eventuell geprüft werden.
- Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel: Die potenziellen Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel und die umliegenden Grundstücke/Gebäude müssen berücksichtigt werden, da der piezometrische Spiegel durch die Überflutung des Grundstücks lokal angehoben wird.
- Wasserversorgung :
 - Eine Versorgung durch Oberflächenwasser erfordert a priori weniger technische Untersuchungen und einfacher zu implementierende, temporäre Anlagen (mobile Pumpen, elektrisch/solar oder Diesel; Leitungssystem, um das Wasser an den Ort des Geschehens zu bringen; Durchflussmesser oder Messung des gepumpten Volumens, um die für die Aufrechterhaltung der Überschwemmung erforderliche Durchflussmenge abschätzen zu können). Eine Bewilligung für die Wasserentnahme ist jedoch erforderlich.
Die Versorgung durch ein Oberflächengewässer sollte bei den ersten kontrollierten Flutungen benutzt werden, bei denen die Funktionsweise des Systems überprüft und die Durchführbarkeit bestätigt wird.
Die monatlichen Durchschnittsabflüsse von Flüssen und Kanälen sollten untersucht und mit den für die Überschwemmung notwendigen Wassermengen verglichen werden, bevor die Nutzung organisiert wird. Auch eine Versorgung aus verschiedenen Quellen kann in Betracht gezogen werden. Die Entwässerungskanäle im Mittelland haben im Vergleich zu den für die Überflutung der Rastplätze erforderlichen Wassermengen oft relativ geringe Wassermengen, insbesondere in den Monaten August und September.

- Eine Grundwasserspeisung wird von den Kantonen immer häufiger gefordert (keine neuen Wasserentnahmeverteilungen für Flüsse; Flüsse führen immer häufiger Niedrigwasser für die Überschwemmung, die im August beginnt).

Bei einer Versorgung aus dem Grundwasser sind hydrogeologische Studien erforderlich, um die Kapazität des Grundwassers sowie die Auswirkungen der Entnahme auf den Grundwasserspiegel und mögliche Wasserquellen in der Nähe zu bewerten. *Die Nutzung eines bestehenden Brunnens (der gerade genutzt wird oder stillgelegt ist) sollte, wo immer möglich, bevorzugt werden.* Die Installation von Solarpumpen in Brunnen wird vom Kanton Solothurn seit mehreren Jahren zur Schaffung von temporären Teichen, hauptsächlich für Amphibien, genutzt.

Bei einer Versorgung durch Oberflächenwasser kann sich die Kapazität des Grundwasserspiegels von Jahreszeit zu Jahreszeit und von Jahr zu Jahr ändern, je nach Niederschlagsmenge. Zuverlässige Informationen über den durchschnittlichen Grundwasserspiegel sind erforderlich, bevor ein neuer Brunnen in Betracht gezogen werden kann. Die Untersuchungen und Investitionen für einen neuen Brunnen sind sehr kostspielig.

Eine Bewilligung zur Nutzung des Grundwassers ist erforderlich.
 - Entleerung des Rastplatzes und Steuerung der Wasserzufuhr: Die Entleerung des Rastplatzes ist ein entscheidender Schritt der Überschwemmungsperiode, am Ende der Frühjahrsüberschwemmung oder wenn man nach einer Herbstüberschwemmung die Bodenbedeckung sicherstellen will. Der Standort muss nämlich schnell für Aussaat und Anpflanzungen nutzbar sein, wobei eine schnelle Entleerung ideal ist. Dafür ist das Vorhandensein eines Drainagesystems von Vorteil. Am Ende der Überschwemmungsperiode werden die Drainagen wieder aktiviert, um die überflutete Parzelle schneller zu entleeren.
- Die Bedingungen für die Entleerung des Standorts sollten mit den Bewirtschaftenden festgelegt werden. Z. B. "kein Oberflächenwasser am Ende der Flutungsperiode" oder "X cm trockener Boden am Ende der Periode" oder einfach "Abschalten der Pumpen und Öffnen der Drainagen am Ende der Flutungsperiode".

2.1.3 Erste Einrichtung der Anlage - erste Überschwemmungen

Sobald alle Untersuchungen abgeschlossen sind und die Machbarkeit des Projekts feststeht (soweit dies möglich ist), geht es darum, eine erste kontrollierte Flutung durchzuführen.

Zunächst ist es ratsam, temporäre und mobile Einrichtungen zu schaffen, um die Kosten des Vorhabens in Grenzen zu halten. Anschliessend können langfristig dauerhafte Einrichtungen geschaffen werden.

Wasserversorgung :

- Pumpen und Schlauch: Für eine erste kontrollierte Überschwemmung empfehlen wir die Nutzung von Oberflächenwasser zur Wasserversorgung, da die Installation der Geräte in der Regel einfach ist. Die erforderliche Ausrüstung wäre dann eine (oder mehrere) temporäre Pumpe, die in dem/den Oberflächengewässer(n) platziert wird, ein Durchflussmesser oder ein System zur Messung des Volumens, ein Schlauchsystem, um das Wasser zu den Anlaufstellen zu transportieren. Die meisten dieser Materialien werden üblicherweise von landwirtschaftlichen Betrieben verwendet, die sie für die Flutung des Standorts zur Verfügung stellen könnten. Alternativ kann diese Ausrüstung auch von einem Unternehmen gemietet und aufgestellt werden.
- Wenn in der Nähe des Standorts ein Brunnen vorhanden und nutzbar ist, ist die Nutzung des Grundwassers eine Alternative, sobald der erste Überflutungstest durchgeführt wurde.
- Stromversorgung: Je nach Pumpentyp sowie für die Durchfluss- und Volumenmessung erforderlich. Zu mieten und einrichten lassen.
- Abflussüberwachung: Die Einrichtung eines Systems, das die Überwachung der vor Ort eingebrachten Abflüsse ermöglicht, ist wichtig, um die grundlegenden Annahmen zu überprüfen und die

Anträge und Einrichtungen für zukünftige Überschwemmungen anpassen zu können, sowie die langfristige Machbarkeit und Akzeptanz der Anlage zu bestätigen.

- Piezometrische Überwachung: Zum mindesten bei den ersten Überschwemmungen; Piezometer und Sonden zum Ablesen des Wasserstands (Grundwasserstand) innerhalb und vor allem außerhalb des überschwemmten Grundstücks mieten und aufstellen lassen (Empfehlung), um das Ausmaß des Anstiegs des Grundwasserspiegels und die potenziellen Auswirkungen auf nahe gelegene Kulturen und Einrichtungen zu ermitteln. Sonden mit automatischer Datenübertragung sind von Vorteil, da sie eine Echtzeit-Überwachung der Auswirkungen der Überschwemmung ermöglichen. Mindestens drei Sonden sind erforderlich (eine auf beiden Seiten des Standorts in einem Abstand, der von der Bodenart abhängt, und eine im Anlageperimetert, um die optimale Überflutungshöhe zu bestimmen).
- Einholen der erforderlichen Genehmigungen (Pumpen im Fluss oder im Grundwasser).

Weitere Aspekte zur Vorbereitung auf die Flutung:

- Ein kompetenter und erfahrener Ornithologe muss gefunden werden, der an jedem Tag der vorübergehenden Überflutung zur Verfügung steht, um die ordnungsgemäße Funktion des Standorts zu überprüfen (optimaler Wasserstand, Funktion der Einrichtungen, allgemeine Überwachung des Standorts).
- Entfernen durch Eggen oder Mulchen jeglicher Vegetation auf dem Grundstück, das unter Wasser gesetzt werden soll (Kosten, die durch die Zahlung eines Beitrags an den Landwirt gedeckt werden).
- Einrichtung einer angemessenen Beschilderung zur Steuerung von Hundespaziergängern, Beobachtern und dem Parken ihrer Fahrzeuge (externe Finanzierung).
- Abschluss einer Versicherung für Schäden an umliegenden Parzellen (Kosten, die durch die Zahlung eines Beitrags an den Landwirt gedeckt werden).

Flutkontrolle :

- Tägliche Kontrolle des erforderlichen Wasserstandes in Abhängigkeit vom Wetter (Regen) und möglichen Ausfällen des Pumpsystems und Anpassung der Pumpenleistung.
- Ablesen von Piezometern (mit oder ohne automatische Datenübertragung) am überfluteten Standort und insbesondere den angrenzenden Parzellen zur Überwachung des Grundwasserspiegels, der auf einem Niveau zu halten ist, der die umliegenden Kulturen nicht beeinträchtigt.

Überwachung der biologischen Wirksamkeit :

- Die Identifizierung und tägliche Zählung der Limikolen durch einen erfahrenen Ornithologen ist notwendig, um die Wirkungen der kontrollierten Flutung zu messen. Dies ist eine heikle Aufgabe, da Limikolen sehr geschickt darin sind, sich zu verstecken und eine schwer zu identifizierende Gruppe darstellen. Auch die anderen Vogelgruppen werden gezählt. Eine Überwachung der Amphibien, insbesondere im Frühjahr, und der Insekten (z. B. Libellen) wird nach noch zu erstellenden Protokollen dringend empfohlen.

Geschätzte Kosten	
Pumpenanlage (inkl. Miete der Ausrüstung)	CHF 20'000
Stromverbrauch (3 Monate)	CHF 2'500
Anbringen/Abbauen und Mieten von Piezometern und Sonden (3)	CHF 9'000
Definition der Anforderungen, Koordination der Arbeiten und Präsentation der technischen und biologischen Ergebnisse (durchgeführt von einem Ingenieurbüro)	CHF 25'000
Biologische Überwachung	CHF 5-10'000
Gesamt	CHF 61'500 - 66'500

Tabelle 2 Indikatives Budget für eine Überschwemmung ohne feste Installationen (drei Monate), mit Flussversorgung durch Grundwasser (bestehender Brunnen)

Die bodenkundliche Überwachung, wie sie derzeit in Yverdon-les-Bains konzipiert ist, kostet CHF 20'000 für die Kontrolle von 11 Indikatoren. Diese Kosten können durch eine geringere Auswahl an Indikatoren oder durch den Verzicht auf eine Referenzfläche gesenkt werden. Auch die Periodizität der bodenkundlichen Überwachung muss festgelegt werden.

Die Kosten können nach der Konsolidierung der Funktionsweise des Systems durch eine geringere Intensität der Überwachung gesenkt werden.

Die Kosten für das Mieten und Installieren des Wasserversorgungssystems können drastisch gesenkt werden, wenn man mit dem Landwirt zusammenarbeitet. Die hier angegebenen Kosten berücksichtigen die Miete der gesamten Ausrüstung für drei Monate von einer spezialisierten Firma sowie den Ein- und Ausbau und die Überwachung durch diese Firma.

Bei Verwendung einer Pumpe und einer festen Stromversorgung liegen die Kosten bei etwa CHF 4'000 pro Überschwemmung, die grob die Stromkosten und einige zusätzliche Entschädigungen für den Landwirt (Überwachung der Pumpen usw.) abdecken.

Bisher wurden keine konkreten Erfahrungen mit einer Versorgung durch Pumpen aus einem Brunnen/Grundwasserleiter dokumentiert, weshalb wir einen Betrag äquivalent zu der Entnahme aus einem Oberflächengewässer angenommen haben. Eine Machbarkeitsstudie für einen Rastplatz mit Versorgung aus einem Brunnen ist in der Orbe-Ebene in Arbeit. Wir werden in Zukunft in der Lage sein, die Kosten dieser Flutungstechnik genauer anzugeben.

2.1.4 Langfristige Überschwemmungen

Sobald die Funktionsfähigkeit des Standorts sowohl aus hydraulisch-technischer als auch aus biologischer Sicht nachgewiesen ist, kann eine dauerhafte Einrichtung des Standorts erfolgen.

Zunächst können eventuelle Geländeanpassungen vorgenommen werden (z. B. wasserundurchlässige Dämme zur seitlichen Eindämmung der Überschwemmung; eventuelle Optimierung der Drainagen; andere...). Die Errichtung von Dämmen zur Verhinderung der seitlichen Überflutung belief sich für den Standort Quatre-Vingts auf 80'000 CHF.

Falls die Grundwasserversorgung über einen neuen Brunnen erfolgt, wird dieser angelegt, sobald die Funktionsfähigkeit des Standorts nachgewiesen ist (Quantifizierung der Wassermengen und biologische Attraktivität).

Die Überwachung des piezometrischen Pegels und die Überwachung durch ein Ingenieurbüro werden langfristig nicht mehr notwendig sein. Auch die biologische Überwachung könnte überarbeitet und vereinfacht werden.

Eine regelmässige Kontrolle des Standorts wird jedoch weiterhin erforderlich sein, insbesondere um regelmässig zu überprüfen, ob die Anlagen ordnungsgemäss funktionieren und der Wasserstand aufrechterhalten wird.

Je nach Publikumsaufkommen könnte es notwendig sein, ein Konzept für den Empfang der Öffentlichkeit zu erstellen. Eine Zusammenarbeit mit Vereinen oder anderen Partnern ist für ein solches Projekt durchaus denkbar.

Geschätzte Kosten	
Pumpenanlage (inkl. Miete der Ausrüstung)	CHF 20'000
Stromverbrauch (3Monate)	CHF 2'500
Regelmässige Kontrolle des Standorts und der Funktionsweise der Anlagen (durchgeführt von einem Ingenieurbüro)	CHF 3'500
Gesamt	CHF 26'000

Tabelle 3 Haushaltskosten einer Überschwemmung (drei Monate) ohne festes landwirtschaftliches Bewässerungssystem, mit Versorgung aus dem Fluss oder aus dem Grundwasser (bestehender Brunnen)

Die Pumpenanlage hängt von der Länge der zu verlegenden Schläuche ab, um das zu flutende Grundstück zu erreichen, sowie von der Stromzufuhr. Die Kosten für die Miete und Installation der Wasserversorgung können drastisch gesenkt werden, wenn man mit dem Landwirt zusammenarbeitet. Die hier angegebenen Kosten berücksichtigen die Miete der gesamten Ausrüstung für drei Monate von einer spezialisierten Firma sowie die Verlegung/Abbau und Überwachung durch diese Firma.

Bei Verwendung einer Pumpe und einer festen Stromversorgung liegen die Kosten bei etwa CHF 4'000 pro Überschwemmung, die grob die Stromkosten und einige zusätzliche Entschädigungen für den Landwirt (Überwachung der Pumpen usw.) abdecken.

Geschätzte Kosten	
Stromverbrauch (3Monate) Regelmässige Kontrolle des Standorts und der Funktionsweise der Anlagen (durchgeführt von einem Ingenieurbüro)	
Gesamt	CHF 7'500

Tabelle 4 Haushaltskosten einer Überschwemmung (drei Monate) mit festem landwirtschaftlichem Bewässerungssystem, mit Versorgung aus dem Fluss oder aus dem Grundwasser (bestehender Brunnen)

Langfristig könnten die Kosten einer Überflutung mit einem bestehenden stationären landwirtschaftlichen Bewässerungssystem idealerweise auf etwa CHF 7'500 pro Überflutungsperiode reduziert werden. Diese genannten Überschwemmungskosten sind nur technischer Natur und beinhalten nicht die wissenschaftliche Begleitung, die Überwachung der Hydrologie auf Grundwasserniveau und die bodenkundliche Überwachung sowie mögliche Entschädigungen für den Landwirt.

2.2 Optimale Fläche eines Anlaufpunktes

Bewerten Sie die minimalen, optimalen und maximalen Flächen, die für die verschiedenen Gruppen von Limikolen geeignet sind.

Schmid et al. (Stationierung von Limikolen, die in der Schweiz rasten, Vogelwarte Sempach, 1992) klassifizierten 196 Rastplätze von Limikolen in der Schweiz, die 1992 in einer Zählung und Kartierung beschrieben wurden; diese Rastplätze werden nach verschiedenen Kriterien, insbesondere nach ihrer Fläche, vorgestellt:

Fläche	Anzahl	Prozent
<1ha	5	2%
1-10 ha	43	22%
10-100 ha	92	47%
100-1000 ha	50	26%
>1000 ha	6	3%

Tabelle 5 Flächen der 1992 von der Vogelwarte Sempach erfassten Rastplätze.

Die betreffenden Flächen erscheinen gross, wenn man sie mit der überfluteten Parzelle Quatre-Vingts in Yverdon-les-Bains (5 ha) vergleicht. Diese Flächen sind jedoch anderer Art und stellen "Regionen mit hohem Potenzial" dar, die die Vogelwarte abgegrenzt hat und von denen nur ein Teil je nach saisonalen und hydrologischen Bedingungen für Limikolen günstig ist. Daher ist es schwierig, diese Werte mit unseren zu vergleichen. Die Autoren betonen auch, wie wichtig es ist, ausreichend grosse Gebiete zu haben, um die Auswirkungen von Störungen zu begrenzen.

2.2.1 Die Erfahrungen von Yverdon

Das Gelände des Pilotprojekts in Yverdon-les-Bains an den "Quatre-Vingts" umfasst 5 ha, von denen 2/3 mit Wasser bedeckt sind. [1]. Die Erfahrung der ersten vier kontrollierten Überschwemmungen hat gezeigt, dass der Standort der Ort in der Schweiz ist, an dem die meisten Limikolen rasten, wenn er überschwemmt wird. [1][2][3][4]. Zu diesem grossen Erfolg tragen sicherlich mehrere Faktoren bei: Der Standort liegt ideal auf den Zugwegen (im Herzen des Mittellandes, in der Verlängerung eines grossen Sees); die Testüberschwemmungen deckten fast die gesamte Durchzugszeit ab (August-Oktober oder März-Mai) und ermöglichen so mit der Zeit den Aufbau einer kleinen Population von Limikolen. Lokal ist der Standort durch seine Lage in einem offenen Gebiet in der Mitte der Orbe-Ebene und durch die grosse Fläche, die er bietet, sehr günstig. Die überflutete Fläche sorgt auch für eine gute Attraktivität für überfliegende Limikolen.

Es ist wahrscheinlich, dass eine kleinere überflutete Fläche ebenfalls das Rasten von Limikolen ermöglicht. Es ist auch wahrscheinlich, dass es einen Zusammenhang zwischen der Grösse eines Ortes und der Menge und Seltenheit der Limikolen gibt, die dort rasten können (obwohl die Limikolen sicherlich konzentrierter sein können, als es derzeit im Quatre-Vingts-Feld der Fall ist). Der wahrscheinlich wichtigste Faktor ist jedoch die Störungen. Ein ausreichend grosser Standort ermöglicht es den Limikolen, sich bei Störungen in einen anderen Teil des Standorts zurückzuziehen. [5] und so den Rastplatz nicht endgültig zu verlassen.

Für Watvögel auf Zwischenstopps nennt Livezey et al. (2016) [6] Fluchtdistanzen von ca. 40 m und sogar 70 m im Fall eines nicht angeleinten Hundes, der die Störung verursachte. Für Vögel der Storchenfamilie liegt diese Distanz bei ca. 50 m. Es erscheint daher logisch, eine Pufferzone von mindestens 50 m zwischen dem für Limikolen geeigneten Gebiet und den angrenzenden Gebieten vorzusehen ist.

Für die Kernzone eines kleinen Überschwemmungsgebietes (z. B.: 2500 m²) ist daher ein deutlich grösseres Feld erforderlich (2,25 ha für eine Kernzone von 2500 m² oder 4 ha für eine Kernzone von 1 ha in einem quadratischen Grundstück).

Der Effekt "offene Flächen" oder "Freistellung" ist genauso gross oder sogar noch grösser. Im folgenden GIS-Ansatz (Kap. 2.3.1) wird gezeigt, dass die Einwirkung von waldähnlichen Elementen (insbesondere die hohen Baumgruppen mit Pappeln in der Plaine de l'Orbe) auf einen Rastplatz noch grösser ist als die Beeinträchtigung durch Störungen. Aus diesem Grund wurde ein 100 m breiter Puffer auf Wälder und bebaute Gebiete angewendet, die an potenziell günstige Standorte angrenzen.

2.2.2 Ein Abakus als Hilfe bei der Abgrenzung

Die Werte für 50 m und 100 m Pufferstreifen wurden im GIS-Ansatz berücksichtigt, der bei der Definition potenzieller Objekte in den Kantonen Waadt, Freiburg und Solothurn angewendet wurde (siehe Kapitel 3.2.1). 2.3.2). Die Abbildung 2 zeigt den mittleren Teil (Ordinate) eines Feldes einer bestimmten Grösse (Abszisse) für ein quadratisches Feld (schwarze Linie) und für ein rechteckiges Feld, das doppelt so lang wie breit ist

(blaue Linie), wenn an seinem Rand eine Pufferzone von 50 m vorgeschrieben wurde (normalerweise gibt es auf allen Seiten eines bestimmten Feldes eine Aktivität).

Die Analyse von Abbildung 2 zeigt uns, dass es ratsam ist, **mindestens** ein Feld von 3-5 ha und ein überflutetes Kerngebiet in der Größenordnung von 1-3 ha anzustreben. Dies ist die Größenordnung der Fläche des Zwischenlagers in Yverdon und wir haben nun den Beweis, dass es gut funktioniert.

Allerdings wurde seit 2019 auch beobachtet, dass grosse Gruppen (mehrere Dutzend Individuen) grosser Limikolen (Grosser Brachvogel, Uferschnepfe, Bruchwasserläufer) vom Rastplatz Yverdon-les-Bains angezogen wurden, im Flug über dem Platz kreisen und dann ohne Zwischenstopp weiterzogen. Dies war insbesondere bei 23 Grossen Brachvögeln am 12. April 2023 und bei 40 Bruchwasserläufern am 1^{er} Mai 2023 der Fall (J.-C. Muriset - ornitho.ch). Es ist plausibel anzunehmen, dass ein zwei- bis dreimal grösseres Rastgebiet diesen grossen Vögeln eine Pause ermöglichen würde.

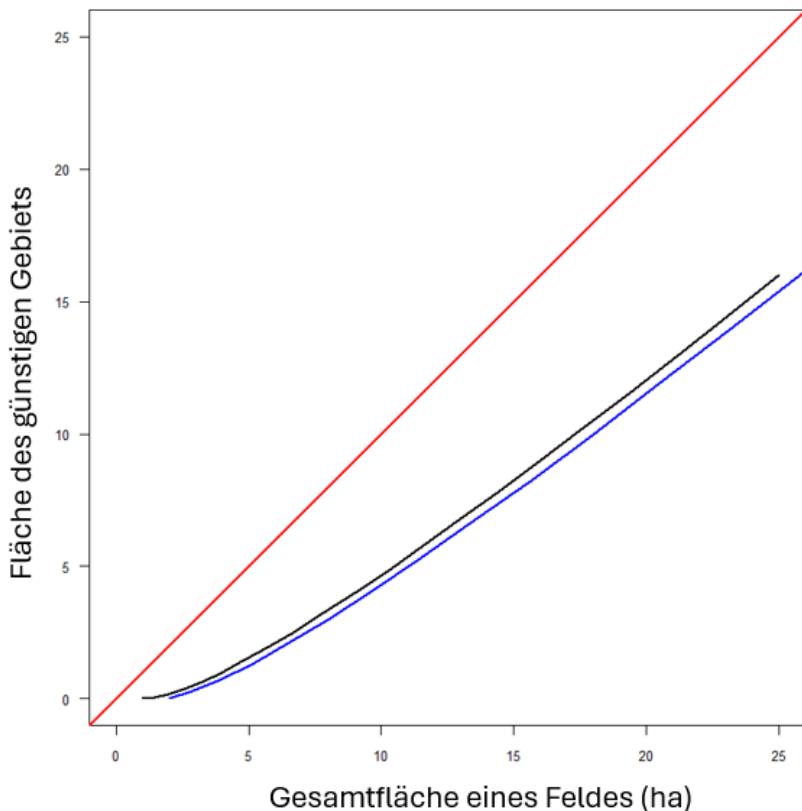


Abbildung 2 Beziehung zwischen der zentralen günstigen Fläche eines Feldes (Ordinate), wenn eine Pufferzone von 50 m um das Feld herum abgezogen wurde. Schwarze Linie: quadratisches Feld mit gegebener Fläche auf der Abszisse; blaue Linie: Felder, die doppelt so lang wie breit sind, mit gegebener Fläche auf der Abszisse. Rote Linie: ohne Pufferzonen.

2.3 Potenzielle Standorte VD-FR-SO

Ermittlung potenzieller Standorte in den Kantonen VD, FR, SO, die als Zwischenstopps für ziehende Limikolen dienen könnten.

2.3.1 Datenbankrecherche und GIS-Analysen

Ein erstes Modell wurde von der Schweizerischen Vogelwarte (Dr. Jérôme Guélat und Dr. Sylvain Antoniazza) auf der Grundlage von GIS-Daten erstellt. Die Vorgehensweise wird im Folgenden beschrieben.

Da die Hauptzugroute der Limikolen für die drei Kantone Waadt, Freiburg und Solothurn das Schweizer Mittelland ist, wurde die Arbeit nur in dieser biogeografischen Zone durchgeführt.

Da sich die Studie auf das Potenzial in landwirtschaftlichen Gebieten bezieht, wurde der Layer "Landwirtschaftlicher Betrieb: Nutzungsflächen" als Basislayer verwendet¹.

Bei der Auswahl der potenziellen Standorte wurden einige Hauptfaktoren berücksichtigt:

- Limikolen benötigen relativ offene Gebiete; sie mögen die Nähe zu Wäldern, Gebäuden usw. nicht. Daher wurde eine Pufferzone von 100 m um Polygone der Kategorien "Agglomeration und bewohntes Gebiet" und "Zentrum einer Grossstadt" (aus dem swissTLMRegio-Layer "TLMRegio_LandCover") gelegt. Diese Gebiete wurden aus dem Focal Layer entfernt. Im gleichen Sinne wurde auch eine Pufferzone von 100m um die Polygone der Kategorien "Wald" und "Wald offen" (aus dem Layer "TLM_BODENBEDECKUNG" des swissTLM3D) gelegt, die ebenfalls aus dem Focal Layer entfernt wurden.
- Der zweite Hauptfaktor ist die Topografie des Standorts (Neigung unter 1-2°), um ausreichend grosse und nicht zu tiefe überflutete Flächen zu haben. Hierfür wurde das DTM25² verwendet, um nur Flächen mit diesen geografischen Merkmalen auszuwählen.
- Der dritte Hauptfaktor ist die Störung. Eine 50m-Pufferzone um alle Wege und Strassen (mit dem swissTLM3D-Layer "TLM_STRASSE") wurde generiert und diese Bereiche wurden aus dem Focus-Layer entfernt.
- Anschliessend wurden unter allen ausgewählten Polygonen (von denen es viele gibt) Prioritäten gesetzt.
 - o Priorität 3: Standardmässig haben die Flächen der Fokusebene, die mit den oben genannten Einschränkungen gewonnen wurden, die Priorität 3.
 - o Priorität 2: Eine Priorität 2 wurde für Flächen vergeben, die leichter überschwembar sein sollten. Hierfür wurde der von Agroscope erhaltene Layer "Feucht Acker" verwendet. Alle Polygone der GIS-Auswahl, die mindestens 80% überflutbare Fläche (definiert durch das Attribut P_Gesamt = 14 oder 15 im Layer von Agroscope) aufweisen, wurden berücksichtigt.
 - o Priorität 1: Feldern, die sich in Kilometerquadranten befinden, die in den letzten fünf Jahren (2017-2021) eine substanzielle Anzahl von Limikolen beherbergt haben, wurde Priorität 1 zugewiesen.
- Schliesslich wurden sehr kleine Flächen (weniger als 1'000m²) aus der Auswahl entfernt.

¹ https://www.geodienste.ch/services/lwb_nutzungsflaechen?locale=fr

² <https://www.swisstopo.admin.ch/fr/geodata/height/dhm25.html>



Abbildung 3 Potenzielle Standorte im Kanton Waadt (Beispiel für die Ergebnisse, die mit dem systematischen GIS-Ansatz erzielt wurden). Gut sichtbar sind die Orbe-Ebene im Zentrum des Kantons sowie die waadtändischen Teile der Broye-Ebene im Nordosten. Die restlichen Standorte sind über das gesamte Waadtländer Plateau verstreut.

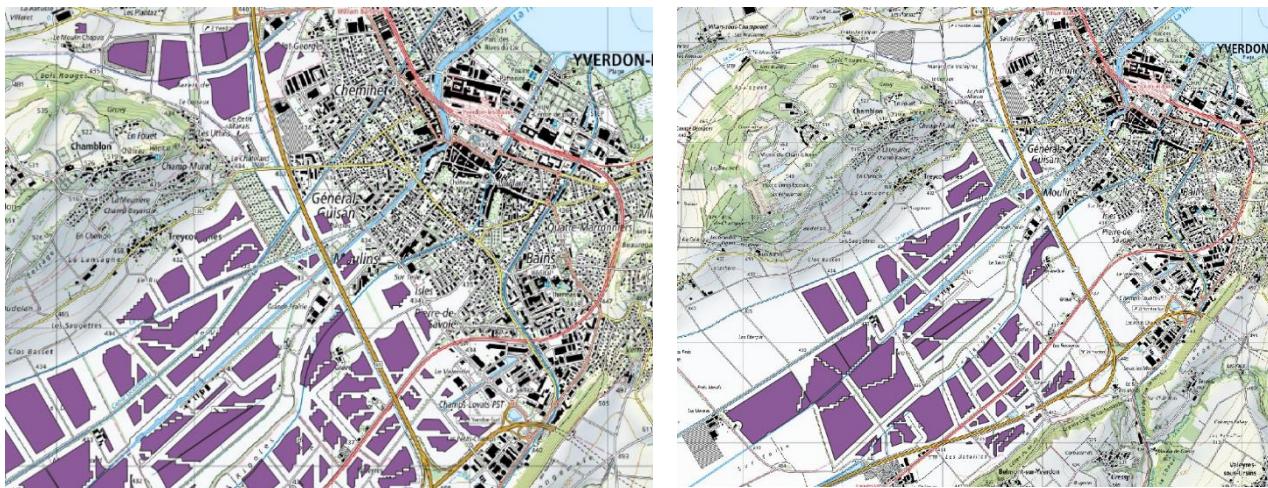


Abbildung 4 Plan links: Zoom der potenziellen Standorte in der Region Yverdon (Beispiel für die Ergebnisse, die durch den systematischen GIS-Ansatz erzielt wurden). Die meisten großen Felder in den flachen Gebieten stechen als potenzielle Standorte hervor. Plan rechts: Potenzielle Standorte der Priorität 1 in der Region Yverdon (Beispiel für die Ergebnisse des systematischen GIS-Ansatzes). Die untere Orbe-Ebene war sehr günstig für den Limikolenstopp, viele Felder haben Priorität 1 und die Anzahl der Standorte entspricht ziemlich genau der in Abbildung 4 dargestellten. In anderen Gebieten hatten weitaus weniger Felder Priorität 1.

2.3.2 Ergebnisse der GIS-Analyse

Die folgende Karte zeigt die potenziellen Standorte der Priorität 1, die in den Kantonen Waadt, Freiburg und Solothurn nach dem systematischen GIS-Ansatz identifiziert wurden.

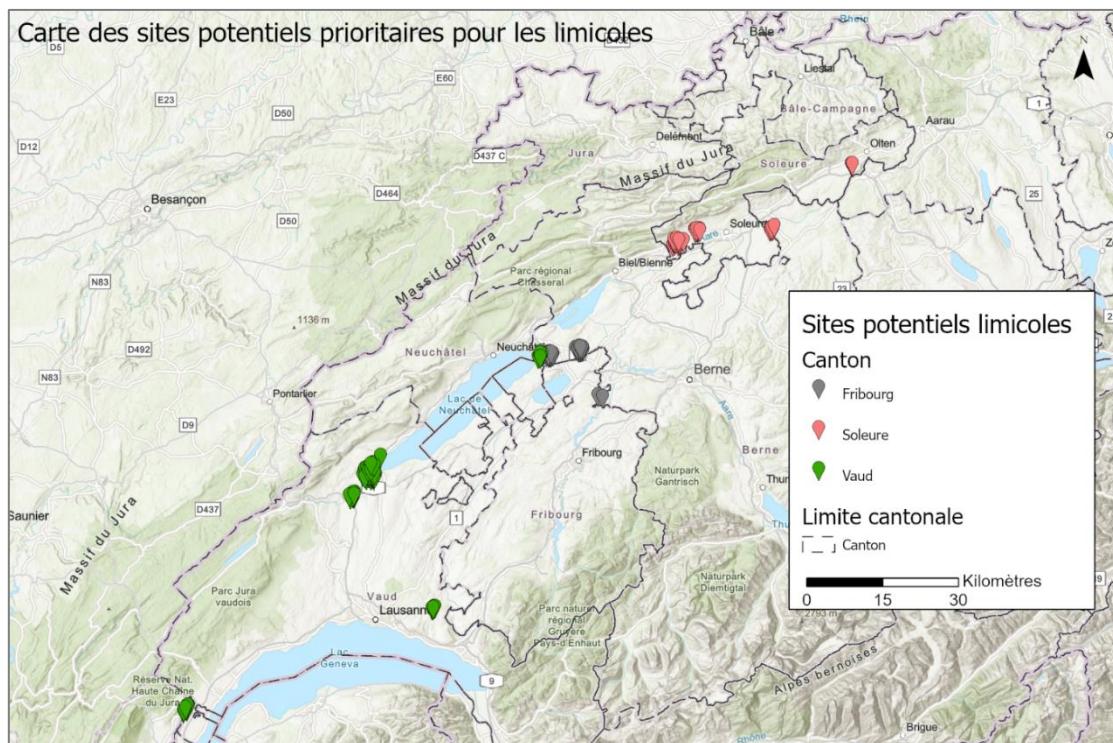


Abbildung 4 Karte der Ergebnisse des GIS-Ansatzes zur Identifizierung potenzieller Standorte der Priorität 1 für Limikolen in den Kantonen Waadt, Freiburg und Solothurn. Die untere Rhoneebene (Villeneuve, Noville, Rennaz) weist ebenfalls mehrere geeignete Standorte zur Schaffung von Limikolengebieten auf. Seine praktisch N-S-Achse ist auch günstig für den Zug der Limikolen, die im Herbst über das Val d'Illiez und den Col de Cou/Bretot weiterziehen (zahlreiche nächtliche Zugbeobachtungen). Dieser Bereich ist auf der Karte nicht dargestellt, da er nicht zur biogeografischen Zone des Mittellandes gehört.

2.3.2.1 Waadt

Bei den Feldern mit Priorität 1 kristallisieren sich sechs Bereiche heraus:

- die Region Marais de la Versoix: in diesem Gebiet ist es vor allem der Sumpf selbst, der als Zwischenstopp dient;
- Dasselbe gilt für den Lac de Bret, wo die festgehaltenen Felder marginal sind;
- für die Region Chavornay werden vor allem die Teiche von Creux de Terre genutzt.;
- in der Region La Sauge (Cudrefin) ist es eher der Étang de la Sauge, der in der Regel genutzt wird.
- ein kleines Feld wird noch an der Mündung der Thièle in Yverdon identifiziert, was jedoch auf die Nähe zu den Anlaufstellen am Seeufer (Inseln und Sandbänke) zurückzuführen ist.
- bleibt also im Wesentlichen die untere Orbe-Ebene, in der mehrere Felder in den letzten Jahren eine grosse Zahl von Limikolen beherbergten: das absichtlich überflutete Feld von Quatre-Vingts, aber auch ein Feld zwischen Epesses und dem Flugplatz, das insbesondere im sehr feuchten Sommer 2021 überflutet wurde und auf dem grosse Vogelbestände stehen blieben.

Die Felder mit Priorität 2 befinden sich hauptsächlich in der Orbe-Ebene und der unteren Broye-Ebene, mit einigen verstreuten Standorten in anderen Gebieten.

Die Felder der Priorität 3 umfassen fast alle randständigeren Felder (mit immerhin einer relativ grossen Fläche der Broye-Ebene direkt nördlich von Payerne).

2.3.2.2 Freiburg

Die Felder der Priorität 1 befinden sich in drei Bereichen:

- im Auried von Kleinbösing, dort findet der Limikolenstopp wahrscheinlich vor allem im Auried selbst statt.
- in der Region Krümmi (Agriswilmoos gemäss Karte 25'000), wo sich die Limikolen vor allem an den Teichrändern aufhalten.
- beiderseits der Broye im Norden von Vully; hier wurde die Zahl von 500 Limikolen-Tagen dank des Feldes südlich von "Erlenhof" erreicht, das während der Überschwemmungen im Sommer 2021 überflutet wurde und grosse Gruppen von Limikolen anlockte. Dieses Feld wurde 2022 in eine Kiebitzmassnahme umgewandelt (die Anzahl der Limikolen, die 2022 rasteten, war jedoch bescheidener als 2021; Mitteilung von Lucas Lombardo auf der CHClub300-Website).

Die Felder der Priorität 2 umfassen einen grossen Teil des Freiburger Seelands sowie ein Gebiet der unteren Broye-Ebene. Dann folgen einige eher randständige Standorte.

Die Felder der Priorität 3 sind relativ weit verstreut.

2.3.2.3 Solothurn

Die Felder der Priorität 1 befinden sich in vier Zonen:

- die Felder bei Boningen werden aufgrund der Sichtungen auf den Feldern bei Rothrist als vorrangig klassifiziert. Diejenigen in der Region Inkwilersee sind auf die Sichtungen rund um den See zurückzuführen.
- in Selzach scheinen die Vögel entlang der Aare stehenzubleiben.
- südlich von Granges finden die Beobachtungen wahrscheinlich vor allem auf den Feldern statt, doch werden die Daten meist auf der Ebene von Quadratkilometern gemeldet, sodass eine Verfeinerung notwendig wäre, um die besten Felder zu kennen.

Felder der Priorität 2 befinden sich vor allem in der Ebene zwischen Grenchen und Solothurn sowie an einigen anderen Standorten.

Die Felder der Priorität 3 decken den Rest ab.

2.4 Landwirtschaftliche Synergien

Synergien mit Projekten zur Strukturverbesserung (Drainagen, Bewässerung, ...) identifizieren.

Die Partnerkantone des Projekts untersuchten verschiedene Synergien, hauptsächlich im Zusammenhang mit laufenden landwirtschaftlichen Projekten, an den im GIS-Ansatz identifizierten potenziellen Standorten. Synergien wurden im Rahmen von Entwässerungs- und Bewässerungsprojekten, Landumlegungen, Projekten zur Erhaltung von Moorböden und anderen Projekten, die landwirtschaftliche Flächen berühren (Revitalisierung von Wasserläufen usw.), gesucht.

Den Kantonen wurde eine Übersichtstabelle als Unterstützung für die Identifizierung und Klassifizierung potenzieller Standorte mit Synergien oder Einschränkungen vorgeschlagen. Diese soll die Erfolgswahrscheinlichkeit des Standorts auf der Grundlage einer vorläufigen Analyse ohne Konsultation der Grundeigentümer oder der standortspezifischen technischen Daten bewerten. Informationen über die Fläche der Standorte, die Grundeigentümer, die zu berücksichtigenden Akteure und andere nützliche Informationen wurden von den Kantonen zur Verfügung gestellt.

Nom	ID (FR)	Canton	Commune(s)	Synergie principale	Synergies - précisions	Contrainte principale	Contraintes - précisions	Surfaces		
								ha	coord.	propriété foncière

Est-ce un site potentiel	Catégorie site potentiel	Description du projet	Acteurs à considérer	Probabilité succès (1="élevée" à 3="faible")	Explication de la probabilité de succès	Autres remarques	Ist-Zustand, locale Experten	Carte

Abbildung 5 Informationen aus der Tabelle der von den Kantonen ausgewählten potenziellen Standorte. (Name, ID, Kanton, Gemeinde, Hauptsynergie, Synergie – Präzisierungen, Hauptbeschränkung, Beschränkung – Präzisierungen, Fläche [ha, Koordinaten, Landbesitz], ist dies ein potenzieller Standort?, Kategorie potenzieller Standort, Beschreibung des Projekts, Zu berücksichtigende Akteure, Erfolgswahrscheinlichkeit, Erklärung der Erfolgswahrscheinlichkeit, weitere Bemerkungen, Ist-Zustand – Lokale Experten, Karte).

Die untenstehende Tabelle (Tabelle 6) zeigt die wichtigsten Synergien und Einschränkungen, die den Kantonen bei der Standortwahl vorgeschlagen wurden. Zu den wichtigsten Synergien, die am häufigsten berücksichtigt wurden, gehören eindeutig der Grundbesitz (Parzellen, die dem Kanton gehören) sowie die ökologischen Netzwerke und die Überschwemmungshäufigkeit im aktuellen Zustand. In der Tat könnten die Standorte für Zwischenstopps in erster Linie auf Parzellen realisiert werden, die bereits häufig überschwemmt werden und für die Lösungen gesucht werden, die eine Nutzung der Parzelle ermöglichen.

Tabelle 6 In der Analyse berücksichtigte Synergien und Hauptbeschränkungen.

Hauptsynergie	Hauptzwang
Häufige Überschwemmungen	Drainagen (unkontrolliert)
Drainagen (anstehendes Projekt und/oder kontrollierbare	D Verfügbarkeit von Wasser
Bewässerung (einfache Wasserversorgung)	Strukturen (SBB, Autobahn, Flugplätze, andere)
Drainagen/Bewässerung	Umwelt (Altlasten, Grundwasser, Sonstiges: bitte angeben)
Flurbereinigung / AF	Eigentum (Anzahl der Eigentümer; Sensibilitäten; etc.)
Bodenerhaltungsprojekt	Andere Projekte mit widersprüchlichen Zielen (bitte angeben)
Projekt zur Veränderung der Topografie (Anpassung der	Fruchtfolgefäche
Becken Hochwasserrückhaltebecken / INO kontrollierte	Andere
Synergie Wasserbau	
Ökologische Netzwerke / ökologische Infrastruktur	
Landschafts- / Regionalplanung	
Umweltkompensation	
Inventar (WZVV und andere Inventare)	
Schweizer Biodiversitätsstrategie	
Qualitätskriterien AEO	
Parzelle im Besitz des Kantons	
Andere	

Die aus dieser Analyse resultierende Auswahl an Standorten bleibt ein internes Arbeitsdokument der Kantone und ist nicht zur Veröffentlichung bestimmt. Die betroffenen Eigentümer und Betreiber werden von Fall zu Fall je nach Gelegenheit angesprochen.

Kurz- bis mittelfristig besteht das Ziel darin, mindestens zwei Rastplätze pro Kanton zu schaffen, um abwechselnd Frühlings- und Herbstüberschwemmungen zu ermöglichen und gleichzeitig die landwirtschaftliche Nutzung aufrechtzuerhalten.

Insgesamt wurden von den drei Kantonen 50 Standorte ausgewählt (18 Standorte für Freiburg, 22 Standorte für Solothurn und 10 Standorte für Waadt). Die Karte in der Abbildung 6 zeigt die indikative Lage der Standorte, die nach der Analyse ausgewählt wurden.

Für den Kanton Freiburg befinden sich die meisten Standorte im Seebereich, wobei die Mehrheit der Standorte im Grossen Moos liegt. Ein Standort wurde auch im Broyebezirk und einer im Sensebezirk ausgewählt.

Im Kanton Waadt befinden sich fast alle Standorte in der Orbe-Ebene, ähnlich wie der bereits bestehende Standort in Yverdon-les-Bains. Einige Standorte befinden sich auch in der Nähe des Grand-Marais zwischen dem Neuenburgersee und dem Murtensee.

Für den Kanton Solothurn sind die Standorte in der Aareebene recht gleichmäßig verteilt.

Die folgenden Kapitel berichten über die Schritte, die die verschiedenen Kantone unternommen haben, um mögliche Synergien in der Landwirtschaft zu identifizieren und die besten Standorte hervorzuheben, die über den GIS-Ansatz in Kapitel 2.2.1 identifiziert wurden. 2.3.2.

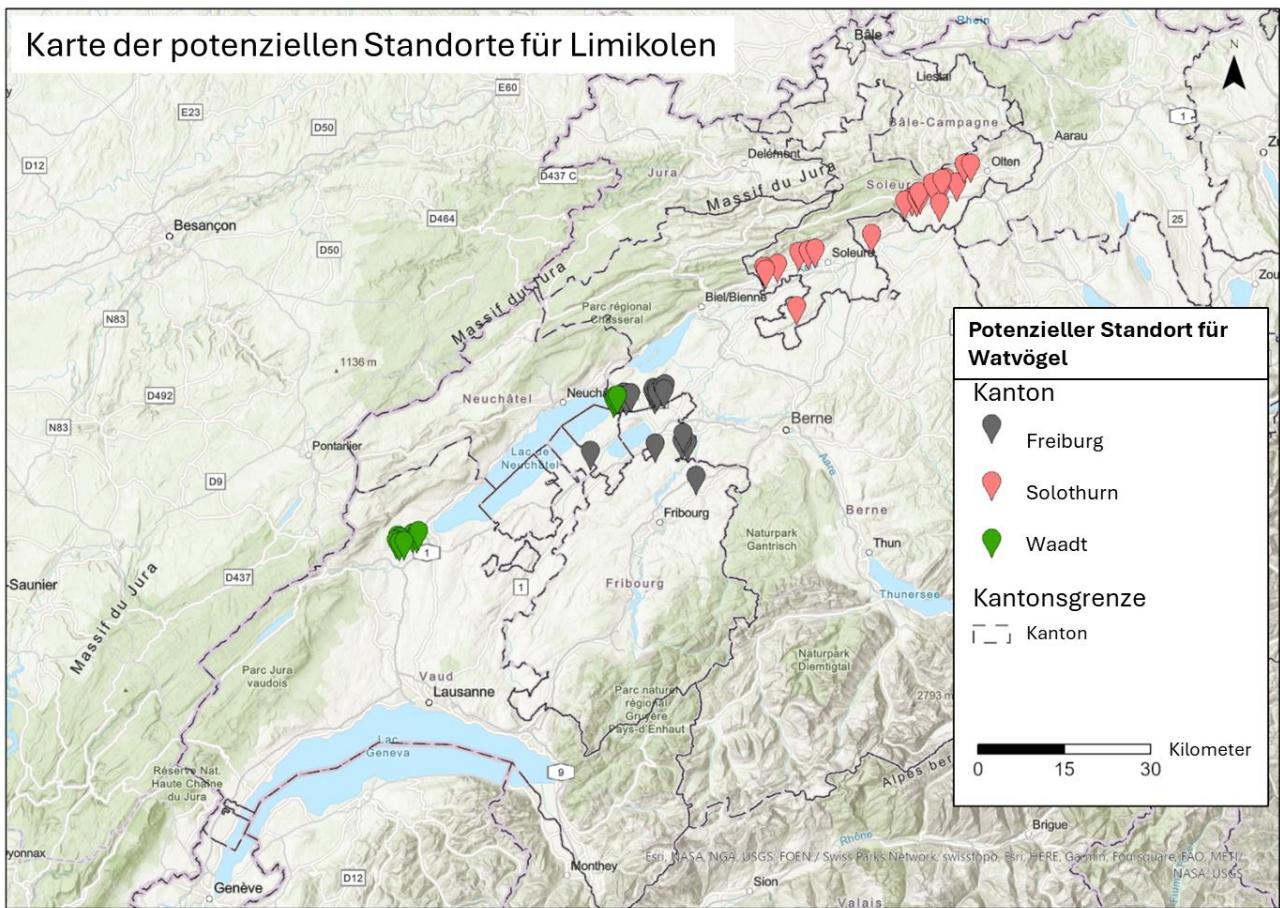


Abbildung 6 Karte der geografischen Verteilung der Standorte, die nach der Analyse der landwirtschaftlichen Synergien in den Kantonen Waadt, Freiburg und Solothurn ausgewählt wurden.

2.4.1 Analyse der Limikolen-Rastplätze durch den Kanton Waadt

Auf der Grundlage des von Sempach erarbeiteten GIS-Modells haben wir auf kantonaler Ebene verfügbare räumliche Daten hinzugefügt:

- Flächen im Besitz des Staates Waadt
- Für Direktzahlungen angemeldete Flächen
- Flächen von Betrieben, die mit dem Staat VD verbunden sind (Etablissements pénitentiaires de la plaine de l'Orbe (EPO), Domaine de Marcellin, Domaine de Granges Verney). Es überrascht nicht, dass nur die EPO von potenziellen Standorten betroffen sind.

Die mit dem Eigentum verbundenen Informationen sind nicht in Form von Geodaten verfügbar. Diese Informationen sind jedoch auf Einzelfallbasis für die Mitarbeiter des Kantons Waadt verfügbar, die einen Zugang zur Plattform des Grundbuchs haben. Dadurch konnte das Grundeigentum der in der Analyse berücksichtigten Parzellen überprüft werden.

Da die Drainagen im Kanton Waadt nicht georeferenziert sind, war es nicht möglich, sich auf diese Daten zu stützen, um die nicht drainierten Flächen zu ermitteln. Nach Angaben des Sektors für Meliorationen sind jedoch in den am besten geeigneten Perimetern, d. h. in der Orbe- und Broye-Ebene, fast alle Grundstücke drainiert.

Die Analyse ergab eine grosse Anzahl von Parzellen. Wir konzentrierten uns daher auf Flächen der Priorität 1, bei denen Perimeter von mehr als 3 ha von einem einzigen Landwirt bewirtschaftet wurden, um komplexe

Verhandlungen und eine zukünftige Bewirtschaftung durch mehrere Betriebe zu vermeiden. Wir konzentrierten uns auch auf Flächen in der Nähe des Standorts Quatre-Vingts, was die Plaine de l'Orbe betrifft, auf Flächen, die sich im Besitz des Staates Waadt befinden, sowie auf Flächen in der Nähe eines Wasserlaufs, um die künstliche Bewässerung zu gewährleisten. Anschliessend überprüften wir die Eigentümer und behielten die Parzellen, die diese eher akzeptieren würden (Stiftungen, Gemeinden). Standorte in der Nähe des Militärflughafens Payerne wurden zu diesem Zeitpunkt wegen des potenziellen Konflikts mit Flugzeugen nicht in die Analyse einbezogen. Untersuchungen zur Machbarkeit in der Nähe eines Militärflughafens müssen durchgeführt werden, bevor diese Standorte vorgeschlagen werden können.

Letztendlich wurden 10 Parzellen in die engere Wahl gezogen. Wie bei den anderen Kantonen bedeutet dies nicht, dass die nicht berücksichtigten Parzellen ungeeignet sind. Wenn die ausgewählten Parzellen die Umsetzung der Massnahme nicht erlauben, wird die Arbeit der Vogelwarte es ermöglichen, nach anderen potenziellen Parzellen zu suchen.

2.4.2 Analyse der Watvogel-Rastplätze durch den Kanton Freiburg

Auf der Grundlage des von Sempach erarbeiteten GIS-Modells haben wir auf kantonaler Ebene verfügbare räumliche Daten hinzugefügt:

- Fruchfolgeflächen (FFF)
- Perimeter der Bewässerungsprojekte: realisierte Projekte und laufende bzw. in Erwägung gezogene Projekte. Bei den realisierten Projekten enthält die Ebene vor allem Projekte, die im Rahmen der Verordnung über die Strukturverbesserungen in der Landwirtschaft (SVV) subventioniert wurden.
- Perimeter der drainierten Gebiete: nicht deckende Daten, hauptsächlich Projekte, für die eine Subvention im Rahmen der OAS gewährt wurde. Drainagen, die ohne Subventionierung und ohne öffentliche Ausschreibung realisiert werden konnten, sind in unseren Datenbanken nicht enthalten. Diese Schicht ist daher unvollständig.
- Flächen der Betriebe, die mit dem Staat FR verbunden sind (Grangeneuve, Sorens, Bellechasse). Wenig überraschend ist nur der Betrieb in Bellechasse von potenziellen Standorten betroffen.

Eigentumsbezogene Informationen sind nicht in Form von Geodaten verfügbar. Der Zugang zum Grundbuch ist jedoch öffentlich und kann über einen Link auf jedem Artikel des Kartenportals erfolgen (Beschränkung auf 20 Auskünfte pro Tag/Person/Sprache). Dies ermöglicht eine fallweise Überprüfung des Grundeigentums.

Die Karte der Gefährdung durch Oberflächenabfluss (BAFU) wurde dem Projekt ebenfalls hinzugefügt. Sie hebt potenziell gefährdete Gebiete hervor, die auf einer nicht vor Ort verifizierten Modellierung beruhen. Nach den Ortskenntnissen der befragten Experten ergab sich, dass die von Abschwemmungen betroffenen Gebiete häufig nicht mit den Orten übereinstimmen, von denen bekannt ist, dass sie regelmäßig überschwemmt werden. Daher haben wir diese Daten in der Analyse nicht verwendet.

Angesichts der grossen Anzahl potenzieller Standorte, die im Grundmodell hervorgehoben wurden, wählten wir zunächst nur die Standorte der Priorität 1 aus und überprüften sie, indem wir auf der Karte navigierten. An dieser Analyse waren mehrere Personen beteiligt, die verschiedene Sektoren repräsentierten:

- Grangeneuve, Sektion Landwirtschaft, Sektor Strukturverbesserung: Kenntnis u. a. von Bewässerungs- und Entwässerungsprojekten,
- Service des forêts de la nature, section faune, chasse et pêche : Kenntnis des Geländes und der zu schützenden Arten,
- Amt für Wald und Natur, Sektion Natur und Landschaft: Verbindung zu ökologisch wertvollen Biotopen (innerhalb und ausserhalb der Landwirtschaftszone), Verträge NHG
- Grangeneuve, Sektion Landwirtschaft, Sektor Natürliche Ressourcen: Kenntnis der mit den potenziellen Standorten verbundenen Nutzungsbeschränkungen und der möglichen Synergien mit bestehenden Programmen.

Wir haben die Standorte nach Sektoren bewertet, wobei wir uns auf Standorte in öffentlicher Hand (Kanton, Gemeinden, Institutionen) konzentrierten. Ein Standort, der in die Endauswahl aufgenommen wurde, bedeutet nicht, dass es genau diese Parzelle sein muss, sondern eine Parzelle in diesem Sektor oder sogar nur ein Teil einer Parzelle. Ein Maximum an Informationen wurde in der Excel-Datei zusammengefasst.

In einem zweiten Schritt überprüften wir die Standorte der Priorität 2, da wir der Ansicht waren, dass das Kriterium "keine Limikolen beobachten" nicht gegen ein Projekt spricht, wenn ansonsten die Machbarkeit eines Projekts als hoch eingeschätzt wird. So grenzten wir einen potenziellen Standort auf den Parzellen von Agrico in St-Aubin ab, die ebenfalls dem Staat Freiburg gehören, aber von einem Waadtländer Landwirt bewirtschaftet werden.

Die endgültige Auswahl von etwa 20 Parzellen ist nur indikativ und soll andere Standorte keinesfalls ausschliessen. Es ist wichtig, über alle diese Daten zu verfügen und sie je nach Entwicklung bestimmter Projekte abrufen zu können.

Ein Projekt zur Kartierung der Böden im Grossen Moos (BOKA = Bodenkartierung Grosses Moos) sollte neue Erkenntnisse bringen. Die Ergebnisse liegen derzeit vor, wurden aber noch nicht mitgeteilt. Das Projekt soll klären, auf welchen Böden auch in Zukunft eine intensive Landwirtschaft, insbesondere Gemüseanbau, möglich sein wird und wo die Bodenfruchtbarkeit durch gezielte Massnahmen nachhaltig verbessert werden kann. Die Studie könnte eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Verbesserung der Böden und für Investitionen in die landwirtschaftliche Infrastruktur wie Be- und Entwässerungsanlagen und ländliche Wege darstellen. Das Projekt umfasst Moorböden in dreizehn Gemeinden im Kanton Bern und sechs Gemeinden im Kanton Freiburg. Es ist möglich, dass aufgrund der Ergebnisse dieser Studie einige Flächen ihre Eigenschaft als FFF verlieren oder sogar von der Landwirtschaft aufgegeben werden. Diese Flächen könnten dann leichter für den Artenschutz genutzt werden.

2.4.3 Analyse der Limikolen-Rastplätze durch den Kanton Solothurn

Die Flächen im GIS-Modell der Vogelwarte Sempach bieten einen wertvollen Überblick über das Potenzial des Solothurner Mittellandes. Die Machbarkeit von Massnahmen für rastende Limikolen wurde eingehend untersucht. Dazu wurden die Flächen der Vogelwarte mit den Schichten des Geoportals des Kantons Solothurn überlagert. Dieser Vergleich führte zu einer Priorisierung der von der Vogelwarte identifizierten Flächen.

Die folgenden Ebenen des Geoportals wurden verwendet:

- Kantonale Landwirtschaftszone und Witi-Schutzgebiet Granges-Soleure
- Objekt WZV 102
- "Blaue Flächen" im WZVV-Objekt 102 (Limikolenflächen mit Drainageverbot und Entschädigung von Feuchtigkeitsschäden durch den Kanton).
- Landinformationen, Landbesitz (insbesondere Eigentum des Kantons)
- Fruchtfolgeflächen (kantonales FFF-Inventar)
- Drainagen
- Bodennutzung (insbesondere Baugebiet)
- Grundwasserschutzzonen

Die Machbarkeit der Massnahmen ist in der Gewässerschutzzone und Landwirtschaftszone Witi Grenchen-Solothurn (kant. Landwirtschafts- und Schutzzone Witi Grenchen-Solothurn) am höchsten, da sie zonenkonform sind (§1 des Zonenreglements "einen Teil der Grenchner Witi als Wasser - und Zugvogelreservat von nationaler Bedeutung zu erhalten"). Im WZVV-Perimeter Grenchen und in den bereits ausgewiesenen Flächen für Limikolen ("Blaue Flächen") ist die Machbarkeit besonders gut, da in diesem Gebiet eine kantonale Nutzungsplanung sowie eine Erhaltungspflicht für das WZVV-Objekt besteht. Insbesondere besteht ein Verbot für neue Drainagen und Feuchteschäden an landwirtschaftlichen Kulturen werden bereits vom Kanton entschädigt.

Zudem ist die Durchführbarkeit von Massnahmen auf Flächen, die dem Kanton gehören, am besten, da hier die Investitionen in der Regel bereits gesichert sind und der Projektträger gleichzeitig Eigentümer des Grundstücks ist. Privater Grundbesitz und komplizierte Eigentumsverhältnisse wie Erbschaften erschweren ein Projekt erheblich oder können es unmöglich machen.

Angemessene oder teilweise angemessene Fruchtfolgeflächen stellen in der Regel ein Negativkriterium dar, da sie eine Interessenabwägung mit einer detaillierten Begründung erfordern (durch die Zweckbestimmung vorgegeben) und eine Kompensationspflicht auslösen können (Faktenblatt des Kantons 2022). Nach Ansicht des Kantons führen Flächen mit bestehenden grossen Drainagebauwerken zu einer reduzierten Machbarkeit,

da die Eigentümer der Bauwerke langfristige Verpflichtungen gegenüber Bund und Kanton haben. Flächen in Bauzonen werden nicht berücksichtigt, da dort bereits eine andere Nutzung vorgesehen ist. Schliesslich ist der Bau von Biotopen in Grundwasserschutzzonen sehr stark eingeschränkt und kann nur in Ausnahmefällen nach hydrogeologischen Untersuchungen bewilligt werden, weshalb diese Flächen nicht prioritär behandelt werden. Auch die Lage auf beiden Seiten einer Kantonsgrenze (Limpachtal) erschwert das Projekt.

Neben dem Abgleich mit den kantonalen Geodaten besprachen wir die potenziellen Flächen mit verschiedenen lokalen Ornithologen. So konnten wir die Art der Überschwemmungen, d.h. ihre Häufigkeit und ihr Ausmass, sowie aktuelle Beobachtungen von Limikolen, die auf solchen Flächen rasten, ermitteln. Diese Informationen wurden in Form von Kommentaren eingefügt.

2.5 Bodenkunde

Analyse der Auswirkungen periodischer Überschwemmungen auf den Boden gemäss dem aktuellen Wissensstand betreffend des Standorts Yverdon und aus der wissenschaftlichen Literatur (physikalische Verdichtung, Auswaschungen, Torfregeneration, Bodenfauna).

Eines der Ziele des Projekts *Escales Limicoles Agriculture* ist es, die verschiedenen Nutzungen eines Standorts, d.h. die landwirtschaftliche Produktion und den Aufenthalt von Watvögeln (Flussregenpfeifer), miteinander in Einklang zu bringen. Bereits 2017 kamen Fragen im Zusammenhang mit den Auswirkungen von temporären Überschwemmungen zu folgenden Themen auf:

- Nahrungsressourcen, die den Watvögeln zur Verfügung stehen
- landwirtschaftliche Produktionskapazität
- kurz- und mittelfristige Erhaltung der chemischen, physikalischen und biologischen Fruchtbarkeit des Bodens

Ziel dieses Kapitels ist es, objektive Antworten auf die Frage nach den Vorteilen, Grenzen oder sogar Nachteilen dieses Pilotversuchs für mehrere Bodennutzungen zu geben.

Ausserdem soll die Aussage auf die Problematik der bekannten oder vermuteten Auswirkungen von temporären Überschwemmungen auf die im Schweizer Mittelland vorkommenden Torfböden ausgeweitet werden.

Dieses Kapitel basiert hauptsächlich auf den Ergebnissen, die am Limikolen-Rastplatz südlich von Yverdon-les Bains erzielt wurden. Die Daten stammen aus den Jahren 2018-2019 (aus einem Masterprojekt an der EPFL im ECOS-Labor von Romain Bienz. [7] und von 2020 (Bericht von Romain Bienz, Büro ECOTEC Environnement SA). [8]. Die allgemeinen Überlegungen stützen sich auch auf Daten aus der Literatur.

2.5.1 Die Böden des Standorts Yverdon-les Bains: Eigenschaften, Entstehung und Zukunft

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Norden der Orbe-Ebene, einer tiefen Erosionsrinne aus der Eiszeit, die durch alternierende quartäre Fluss- und Seeablagerungen aufgefüllt wurde. [9]. Diese Ablagerungen werden von Torfschichten überlagert, die auch zwischen den verschiedenen mineralischen Ablagerungen liegen können.

Das Untersuchungsgebiet in der Ortschaft Les Quatre-Vingts besteht aus zwei aneinander grenzenden landwirtschaftlichen Parzellen. Die "überflutete Parzelle" ist ein vorübergehender Rastplatz für ziehende Watvögel. Die "nicht überflutete Parzelle" dient als Referenz für die Analyse der Auswirkungen von Überschwemmungen auf den Boden. Der Rastplatz umfasst eine Fläche von fünf Hektaren Ackerland. Die temporäre Überflutung wird so geplant und kontrolliert, dass sie mit den Zugzeiten der Regenpfeifer im Frühjahr (März bis Mai) oder Herbst (August bis Oktober) übereinstimmt. Ausserhalb dieser Überschwemmungszeiten nutzt der Landwirt die Fläche für den Anbau von Gemüse oder Feldfrüchten.

2.5.1.1 Bodenart: ein "typischer" Boden

Beide Parzellen wurden 2018 mithilfe von Handbohrerbohrungen (maximale Tiefe 1.2 m) bodenkundlich beschrieben. Das Foto und die Skizze (Abbildung 7) zeigen H den häufigsten Boden, resp. "typischen" Boden

der beiden Parzellen.-,. Vereinfacht gesagt, handelt es sich bei diesem Boden um einen torfhaltigen Boden mit einer geringen Mächtigkeit der Torfschicht an der Oberfläche. In diesem Fall ist die Oberflächenschicht kalkhaltig, da sie Karbonate aus der darunter liegenden Kreide enthält. Gemäss dem Référentiel Pédologique (AFES, 2009. [10] zählt dieser Boden aufgrund seiner sehr geringen Torfmächtigkeit nicht zu den Torfböden (Histosols). Er wird als wassergesättigter Mineralboden resp. Als drainiertes Anmoor (mit geringer Torfdicke an der Oberfläche), eingestuft. Dieser Bodentyp ist einer der häufig vorkommenden Böden in der Orbe-Ebene. Für weitere Einzelheiten verweisen wir auf Gobat & Guenat. [11].

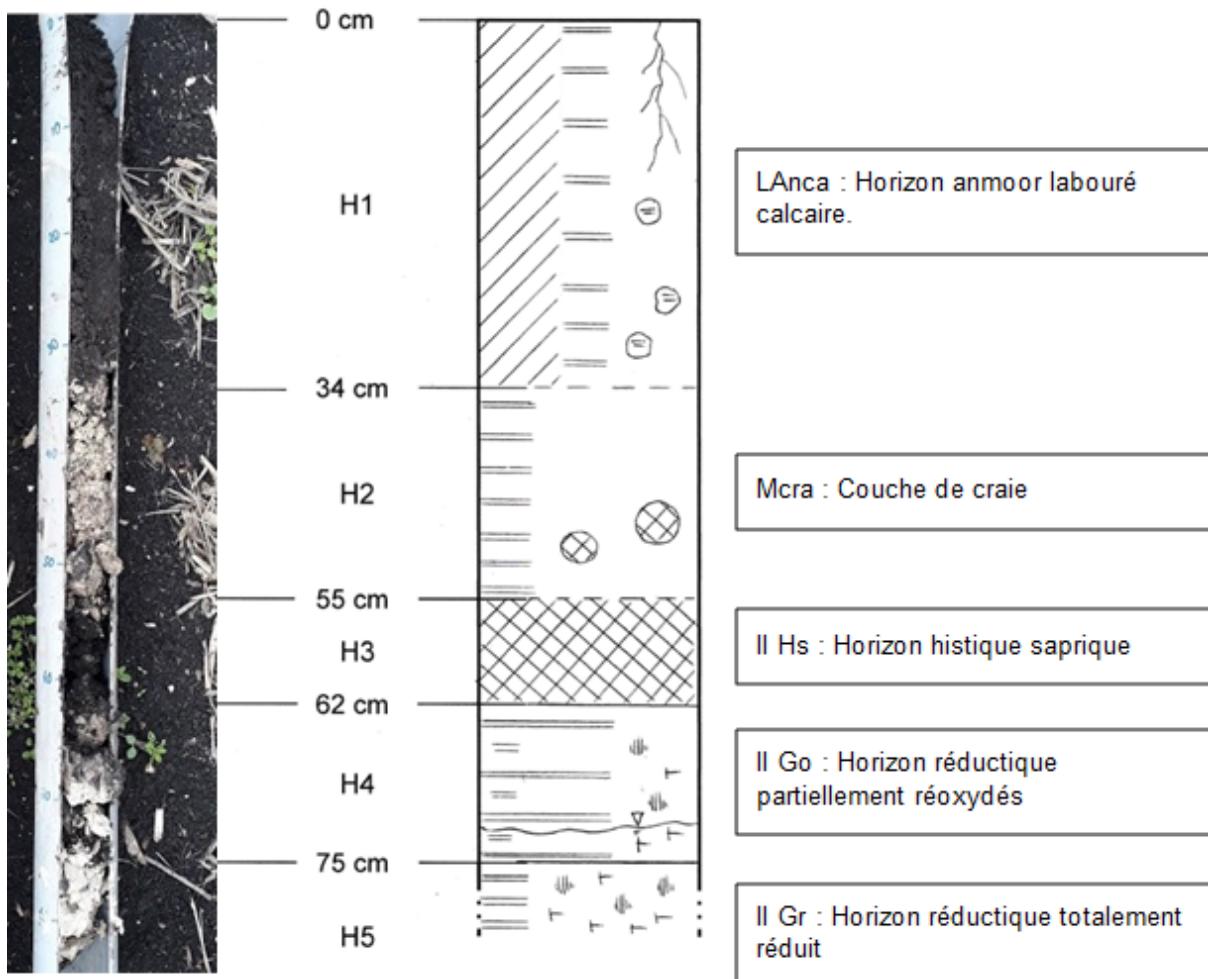


Abbildung 7 Foto des Profils F_E5 in Verbindung mit der beschreibenden Skizze, die 2019 vor Ort angefertigt wurde.

2.5.1.2 Bodengenese

Die Bodenbildung beginnt mit der Ablagerung einer undurchlässigen Mineralschicht in einer flachen Senke, die mit stehendem, kalkreichem Wasser gefüllt ist. Unter diesen Bedingungen sammeln sich die Pflanzenreste einer Niedermoorevegetation nach und nach im Wasser an und bilden eine Torfschicht.. Der Torf hätte sich Jahr für Jahr weiter ansammeln und einen viel dickeren Torfhorizont bilden können, aber die Torfbildung wurde durch Kreideablagerungen unterbrochen, die sich bilden, wenn sich die hydrologischen Bedingungen in der Ebene ändern (z.B. schwankender Wasserstand). In diesem Stadium ermöglicht dieser Boden die Entwicklung eines alkalischen Niedermoors, eines Ökosystems, das den grössten Teil der Orbe-Ebene einnimmt. Es ist ein Lebensraum, der reich an Biodiversität und anfällig für Überschwemmungen ist. Dieser Boden gilt als nicht sehr ertragreich und weist eine geringe Futterproduktivität auf. Ab Anfang des 19. Jahrhunderts wurden in der gesamten Ebene, und so auch im Untersuchungsgebiet und in dessen Umgebung, umfangreiche anthropogene Massnahmen (unterirdische Drainagen, Begradigung von Wasserläufen, Gräben von offenen Kanälen) durchgeführt, um Überschwemmungen und Staunässen zu bekämpfen, die Produktionskapazität der Böden zu erhöhen und die landwirtschaftlichen Arbeiten zu erleichtern (Erhöhung der Tragfähigkeit, Homogenisierung und bessere Kontrolle des Wasserhaushalts der Parzellen). So haben alle entwässerten Torfböden in der

Ebene eine sehr hohe agronomische Eignung erlangt und werden intensiv bewirtschaftet. Dies ist auch am vorliegenden Untersuchungsstandort in Yverdon-les-Bains der Fall.

2.5.1.3 Auswirkungen der Drainagen auf den Boden

Paradoxalement gefährden diese anthropogenen Massnahmen mittelfristig den Fortbestand des Bodens und seine Produktionsfunktion. Zum einen wird die Torfbildung durch die Drainage endgültig gestoppt. Andererseits verdichtet sich der Boden nach der Entwässerung und der Torf mineralisiert sich, was durch Pflugarbeiten und Winderosion noch verstärkt wird. Der Boden verliert nach und nach an Mächtigkeit. Die meisten entwässerten Torfböden werden seit 50 bis 150 Jahren bewirtschaftet; in dieser Zeitspanne haben sich die Torfmächtigkeiten um 50 bis 200 cm verringert. [12]. Mittel- bis langfristig ist unter diesen Bedingungen das Verschwinden des Torfs unausweichlich. Dies kann dazu führen, dass die unteren Bodenschichten freigelegt werden, die aus Seekreide bestehen, wie im Untersuchungsgebiet, oder aus sandigen oder lehmigen Schichten, die für eine intensive landwirtschaftliche Produktion weit weniger geeignet sind als Torf. Je nach der Mächtigkeit der verbleibenden Torfschicht und der Tiefe des Grundwasserspiegels kann es einige Jahre bis Jahrzehnte dauern, bis einige Parzellen bewirtschaftet werden können.

Da sich das Bodenniveau gesenkt hat, sind die Drainagen außerdem nicht mehr wirksam oder werden sogar von landwirtschaftlichen Maschinen zerstört und die Wurzeln der Kulturpflanzen kommen wieder mit dem Grundwasser in Berührung. Diese Entwicklung von Torfböden bedeutet in der Regel, dass die Drainagen durch ein tieferes System ersetzt werden müssen, um das Land weiterhin bewirtschaften zu können. [12]. Der Ersatz ist mit Kosten verbunden, die auf CHF 25'000 pro Hektar geschätzt werden, was für die gesamte Schweiz 4 bis 5 Milliarden ausmacht. [13][14]. Eine hohe Investition, zumal Drainagen weiterhin den Mächtigkeitsverlust dieser Böden fördern werden.

Im Fall des Untersuchungsgebiets wurde im Jahr 2020 eine Sanierung der Entwässerungssysteme in dem Gebiet durchgeführt, einschliesslich des überfluteten Grundstücks (**Rastplätze**) und des nicht überfluteten Grundstücks (Abbildung 8).

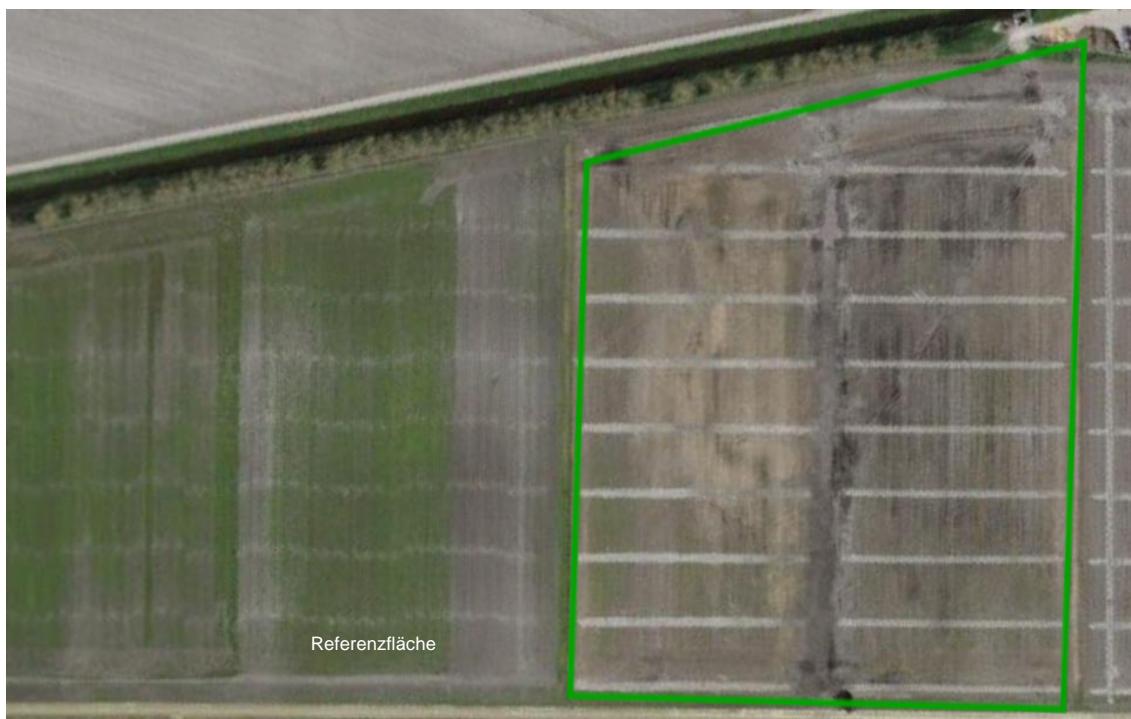


Abbildung 8 Luftbild des Rastplatzes (begrenzt durch das grüne Polygon) und Referenzfläche (links vom Rastplatz)

2.5.1.4 Heterogenität der Böden innerhalb des Untersuchungsgebiets

Das Luftbild (Abbildung 8) zeigt, wenn keine Vegetation vorhanden ist, Farbschattierungen der Bodenoberfläche. Auf der überschwemmten Parzelle ist der Verlauf eines alten Wasserlaufs zu erkennen. Auf beiden Parzellen spiegeln die Farbnuancen die Veränderungen in der Bodenzusammensetzung wider. Tatsächlich ändert sich die Mächtigkeit und sogar die Anzahl der Torf- oder Kreideschichten innerhalb einer Entfernung von wenigen Metern. Vier Fotos (Abbildung 9) veranschaulichen verschiedene Aspekte "des repräsentativen Bodens" innerhalb des Untersuchungsgebiets. Diese grosse Variation der lokalen Böden wird sich auf die bodenkundliche Überwachung auswirken: Um repräsentativ zu sein, müssen mehr Proben entnommen werden als bei Parzellen mit sehr homogenen Böden.



Abbildung 9 Fotos von vier Bodenprofilen, die während der Drainagearbeiten (2020) in der Anlegestelle aufgenommen wurden (C. Roulier).

2.5.2 Eingriffe in das Untersuchungsgebiet: Überschwemmungen, Bauarbeiten und Bodenuntersuchungen

Die Tabelle 7 fasst Überschwemmungen, verschiedene durchgeführte Arbeiten und Bodenbeobachtungen seit dem Zeitpunkt der Einrichtung des Standorts Escale Limicoles im Jahr 2017 zusammen.

Jahr	Überschwemmungen	Durchgeführte Arbeiten	Bodenbeobachtungen
2017	Herbst (15. Sept. - 31. Okt.)	-	Keine
2018		Errichten von wasserdichten Dämmen auf dem überfluteten Grundstück	im ersten nachfolgenden Herbst (8. November 2018)
2019	Frühling (1. März - 31. Mai)	Verlegung eines Drainagenetzes auf dem gesamten Gelände (Winter 2019-2020)	Keine
2020	Herbst (1. August - 31. Okt.)	Verlegung eines Bewässerungsnetzes auf dem gesamten Gelände	2. Nachbereitung im Frühjahr (21-23. März 2020)
2021	Herbst (17. August - 31. Oktober)	-	Keine

Tabelle 7 Überschwemmungskalender, durchgeführte Arbeiten, Bodenbeobachtung (Zeiträume, in denen Bodenproben gesammelt wurden).

2.5.3 Bodenbeobachtung: Methodik

2.5.3.1 Probenahmemuster

Die Entnahme der Bodenproben für die Analysen erfolgte in beiden Parzellen nach einem regelmässigen Raster (Abbildung 10). Insgesamt wurden 32 Probenahmepunkte gewählt, 16 auf jeder Parzelle, eine Anzahl, die notwendig ist, um einen repräsentativen Mittelwert der verschiedenen chemischen und physikalischen Indikatoren zu erhalten und gleichzeitig eine Genauigkeit von 10% zu gewährleisten. Die Bodenproben wurden mit einem Handbohrer aus der gesamten Dicke der ersten Schicht entnommen.

Die sequenzielle Probenahme wurde nicht für die biologischen Indikatoren verwendet, die ihr eigenes Probenahmekonzept haben. Für die Bestimmung der Biomasse und Dichte von Regenwürmern wurden fünf Flächen pro Parzelle gemessen. Für die biologische Bodenaktivität gibt es ein von Sol-Conseil entwickeltes Probenahmeprotokoll (1 Mischprobe pro Parzelle).

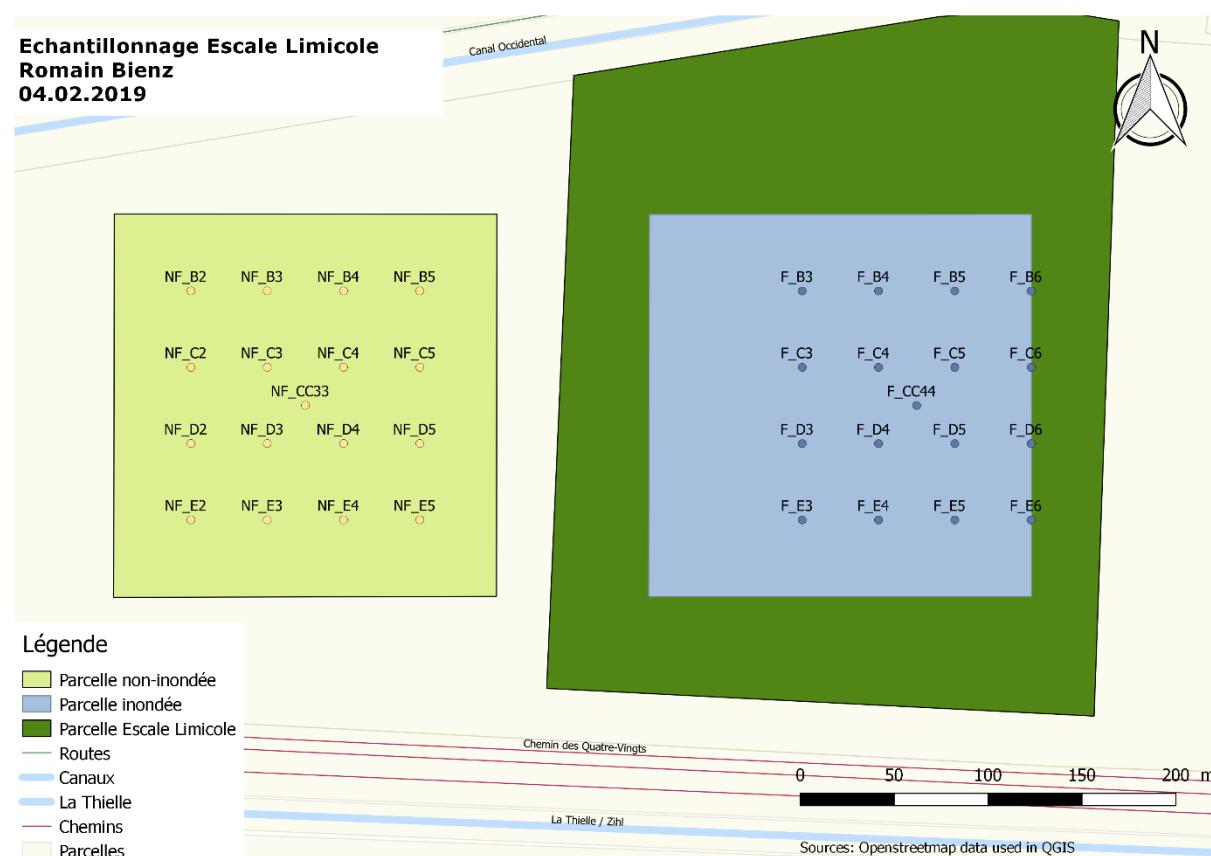


Abbildung 10 Lage der Probenahmepunkte auf den beiden Parzellen.

2.5.3.2 Auswahl der Bodenindikatoren

Die Überwachung der beiden Parzellen (überflutete Parzelle und nicht überflutete Kontrollparzelle) erfolgt anhand quantitativer biologischer, chemischer und physikalischer Indikatoren (Tabelle 8).

Die schwarz aufgelisteten Indikatoren können je nach Probenahmezeitraum (Wetterbedingungen) und Anbauverfahren (Art der Kulturen, Düngung, Bodenbearbeitung), Verpackung während des Transports und der Lagerung sowie dem Analyseprotokoll variieren [7]. Sie zeigen das kurzfristige Fruchtbarkeitsniveau des Bodens an.

Die **blau aufgelisteten** Indikatoren sind stabiler und spiegeln längerfristige Entwicklungstendenzen des Bodens, des Bestands und der Qualität der organischen Substanz wider; die organische Substanz ist mittel- bis langfristig eine der wichtigsten Quellen für die Bodenfruchtbarkeit. Ebenso charakterisieren einige biologische

Indikatoren die biologische Funktion des Bodens und seine mittelfristige Fruchtbarkeit. Darüber hinaus sind Regenwürmer eine Nahrungsressource für Limikolen.

Nicht alle Indikatoren aus dem Jahr 2018 konnten aus technischen Gründen im Jahr 2020 umgesetzt werden. Ausserdem sind einige Analysemethoden (mit * gekennzeichnet) zwischen dem Monitoring 2018 und 2020 unterschiedlich, da sie in verschiedenen Labors durchgeführt werden.

DÜNGEINDIKATOREN	BEDEUTUNG DES INDIKATORS	NACH-FOLGE 2018	NACHBARSCHAFT 2020
Chemische Indikatoren			
Anorganischer Stickstoff: NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+	Nährstoffe	X	X (ausser NO_2^-)
Gesamtstickstoff (N tot)	Nährstoffvorrat	X	X
Gesamtkohlenstoff (C tot) : Organischer Kohlenstoff+ Mineralischer Kohlenstoff	Nährstoffvorrat, einschliesslich Karbonate	X	X
Gesamter organischer Kohlenstoff (CO tot)	Nährstoffreserve, Kohlenstoffspeicherung	X	X
C/N-Verhältnis (CO tot/N tot)	Abbaubarkeit von organischem Material	X	X
Gehalt an organischer Substanz (MO)	Nährstoffreserve, Kohlenstoffspeicherung	X	X
Verfügbarer Phosphor * (P)	Nährstoffe	X	X
Physische Indikatoren			
Wassergehalt	Bodenfeuchtigkeit	X	X
Dicke des Oberflächenhorizonts H1	Torfreserve	X	X
Penetrometrie	Grad der Bodenverdichtung in verschiedenen Tiefen	X	X
Biologische Indikatoren			
Biomasse und Regenwurmdichte	Bodenfruchtbarkeit Nahrungsquelle für Limikolen	X	X
Mikrobieller Kohlenstoff Cmicr	Mikrobielle Biomasse	X	
Verhältnis Ctot/Cmicr	Anteil der Mikroorganismen am Kohlenstoffgehalt	X	
Biologische Aktivität des Bodens ATP	Biomasse von lebenden Organismen	X	X
CO ₂	Aktivität von Bodenmikroorganismen	X	X
ATP/CO ₂ -Verhältnis	Rate der biologischen Aktivität von Mikroorganismen	X	X

Tabelle 8 Zusammenfassung der chemischen, physikalischen und biologischen Indikatoren, die in den Jahren 2018 und 2020 überwacht werden. Die braun markierten Indikatoren sind im Laufe der Zeit am stabilsten. Ein Kreuz bedeutet, dass der Indikator im angegebenen Jahr überwacht wurde.

2.5.3.3 Statistische Verarbeitung der Daten

Die numerischen Daten werden mithilfe der R-Software für die statistische Analyse verarbeitet. Zuvor wird ein Normalitätstest (Shapiro-Wilk) auf alle quantitativen Daten angewendet, um zu überprüfen, ob sie eine Normalverteilung haben oder nicht, und anschliessend wird auch ein zweiter Test auf die Abhängigkeit der Datensätze angewendet. Diese Voraussetzungen ermöglichen die Auswahl der am besten geeigneten statistischen Tests für die weiteren Schritte (Vergleich zwischen den Parzellen und zeitliche Überwachung). Die statistischen Werkzeuge, die verwendet werden, um die Datensätze miteinander zu vergleichen und festzustellen, ob sie sich signifikant voneinander unterscheiden, sind die folgenden:

- Unpaired t-Test nach Welch für unabhängige und normalverteilte Daten;
- Welch's Paired t-Test für abhängige und normalverteilte Daten;
- Unpaired Wilcoxon Test für unabhängige Daten, die nicht der Normalverteilung folgen;
- Paired Wilcoxon-Test für abhängige Daten, die nicht der Normalverteilung folgen.

Der gewählte Schwellenwert (p) ist 0,005.

2.5.3.4 Bedingungen, die für eine sinnvolle Bodenbeobachtung erfüllt sein müssen

Es ist wichtig, sich vor Augen zu halten, dass das 2018 eingeführte Protokoll auf folgenden Annahmen basierte:

- die beiden untersuchten Parzellen unterscheiden sich nur durch die kontrollierte saisonale Überflutung auf der überfluteten Parzelle und erfahren keine weiteren Veränderungen;
- die überschwemmte Parzelle und die Referenzparzelle (nicht überschwemmt) werden auf die gleiche Weise bewirtschaftet. Es wird daher angenommen, dass die Bodenbearbeitung und die Düngergaben ähnlich sind;
- das Protokoll der Nachverfolgung von der Probenahme bis zur Analysemethode identisch ist.

Diese Annahmen gelten auch für die zeitliche Überwachung (2018, 2020) der Parzellen. Leider war es in der Praxis nicht möglich, dem Landwirt auf beiden Parzellen die gleiche Anbaumethode vorzuschreiben (schon allein wegen der Überflutung einer der beiden Parzellen). Weiter war es nicht möglich, Details über die Anbaumethoden der beiden Parzellen in den Jahren 2019 und 2020 zu erhalten.

2.5.4 Bodenfruchtbarkeit : Ergebnisse und Interpretation

In den folgenden Tabellen sind die Daten aus dem Monitoring 2018 und 2020 für die überfluteten und nicht überfluteten Parzellen zusammengefasst. Die Indikatoren für chemische, physikalische und biologische Fruchtbarkeit werden durch ihren Mittelwert und ihre Standardabweichung charakterisiert. Die statistischen Tests testen auf signifikante Unterschiede (Schwellenwert 0,005%) zwischen den beiden Parzellen.

Chemische Indikatoren

Parzelle	Jahr	Nitrat NO_3^- [mg/kg]	Ammonium NH_4^+ [mg/kg]	Gesamtstickstoff N [% m.s.].	Gesamter organischer Kohlenstoff [% m.s.].	C/N-Verhältnis [-]	Organische Substanz [% m.s.].	Phosphor [mg/kg]
überflutet	2018	151,01 (128,14)	1,94 (0,48)	1,31 (0,15)	20,84 (1,48)	16,0 (0,77)	35,95 (5,08)	47,62 (17,10)
	2020	5,00 (1,08)	0,07 (0,03)	1,07 (0,08)	16,05 (1,39)	15,2 (0,43)	24,96 (2,3)	159,47 (43,47)
Nicht überflutet	2018	116,91 (37,81)	4,97 (1,10)	1,17 (0,08)	19,41 (0,53)	16,6 (0,67)	34,30 (4,82)	41,71 (8,20)
	2020	3,48 (1,38)	0,21 (0,12)	1,05 (0,05)	16,76 (0,87)	16,0 (1,00)	25,08 (1,00)	116,52 (13,71)

Tabelle 9 Mittelwerte und (Standardabweichungen) der Indikatoren für chemische Fruchtbarkeit, die auf der überfluteten und nicht überfluteten Parzelle in den Jahren 2018 und 2020 erzielt wurden. m.s: Trockensubstanz.

Indikator	<i>Welch t-Test</i> zwischen der überfluteten Parzelle und der Kontrollparzelle im Jahr 2018	<i>Welch t-Test</i> zwischen der überfluteten Parzelle und der Kontrollparzelle im Jahr 2020.	Gepaarter <i>t-Test</i> zwischen den überfluteten Parzellen für die Jahre 2018 und 2020.	Gepaarter <i>t-Test</i> zwischen den nicht gefluteten Parzellen für die Jahre 2018-2020.
[NH ₄] ⁺	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied
[NO ₃] ⁻	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied
[P]	Kein signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied
MO	Kein signifikanter Unterschied	Kein signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied
[CO] _{tot}		Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied
[N] _{tot}	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied
C/N	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied

Tabelle 10 Statistische Tests der chemischen Fertilitätsdaten.

Die empfindlichsten chemischen Fruchtbarkeitsindikatoren (Nitrat, Ammonium, Phosphor) zeigen sehr grosse Standardabweichungen, die auf die grosse Heterogenität der Böden innerhalb der einzelnen Parzellen (überflutet und nicht überflutet) hindeuten.

Andere Indikatoren sind stabiler (gesamter organischer Kohlenstoff, organische Substanz und Gesamtstickstoff, C/N). Die Gehalte an organischer Substanz sind für einen landwirtschaftlichen Boden hoch, sie sind typisch für Torfböden. Die C/N-Verhältnisse sind niedrig und deuten auf einen schnellen Abbau der organischen Substanz hin, was für eine leicht biologisch abbaubare organische Substanz spricht. Andererseits ist der hohe Gehalt an organischer Substanz hier charakteristisch für einen schnellen Abbauprozess der organischen Substanz, was auf eine hohe chemische Bodenfruchtbarkeit hinweist, und zwar auf beiden Parzellen.

Physische Indikatoren

Parzelle	Jahr	Wassergehalt [Massenprozent]	Dicke des Horizonts H1 [m]
überflutet	2018	36,79 (4,10)	0,30 (0,04)
	2020	39,19 (1,58)	0,30 (0,03)
Nicht überflutet	2018	36,06 (3,54)	0,34 (0,05)
	2020	38,91 (0,80)	0,35 (0,03)

Tabelle 11 Mittelwerte und (Standardabweichungen) der physischen Fruchtbarkeitsindikatoren, die auf der gefluteten und nicht gefluteten Parzelle in den Jahren 2018 und 2020 erzielt wurden.

Die Dicke des Torfhorizonts (H1) ist gering und bestätigt die erste Diagnose. Der Boden der beiden Parzellen ist kein Torf mehr, sondern ein organischer Boden, dessen Torfdicke infolge der aufeinanderfolgenden Entwässerungen und Nutzungen abgenommen hat.

Indikator	Welch <i>t</i> -Test zwischen der überfluteten Parzelle und der Kontrollparzelle im Jahr 2018	Welch <i>t</i> -Test zwischen der überfluteten Parzelle und der Kontrollparzelle im Jahr 2020.	Gepaarter <i>t</i> -Test zwischen den überfluteten Parzellen für die Jahre 2018 und 2020.	Gepaarter <i>t</i> -Test zwischen den nicht gefluteten Parzellen für die Jahre 2018-2020.
Dicke H1	Kein signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Kein signifikanter Unterschied	Kein signifikanter Unterschied
Wasser-gehalt	Kein signifikanter Unterschied	Kein signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied	Signifikanter Unterschied

Tabelle 12 Statistische Tests der Daten zur physischen Fruchtbarkeit.

Die Ergebnisse der statistischen Analysen müssen nuanciert werden. Eventuelle statistische Unterschiede zwischen den Parzellen oder im Laufe der Zeit entsprechen in der Realität sehr geringen Unterschieden in den Durchschnittswerten (einige Millimeter für die Dicke und 3% Wasser). Diese Unterschiede sind in der Realität vor Ort vernachlässigbar.

Widerstand gegen Durchdringung

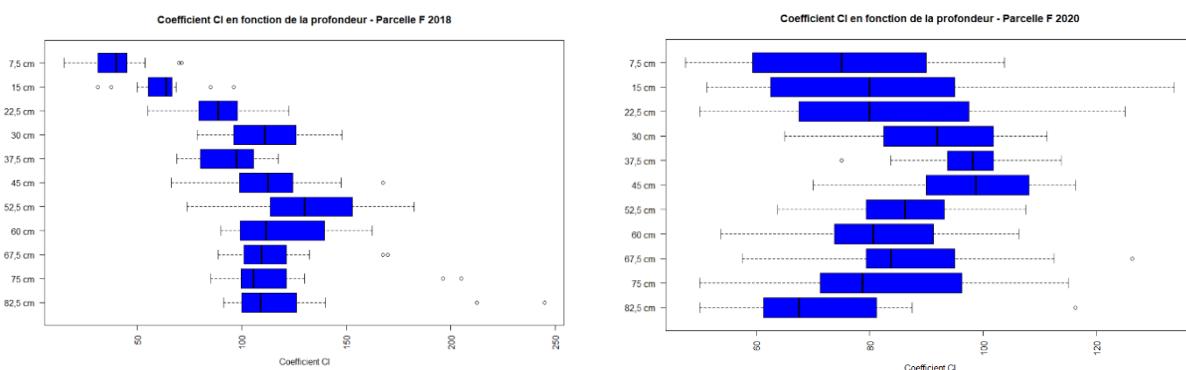


Abbildung 11 CI-Koeffizient (Eindringwiderstand) in verschiedenen Tiefen, für die 2018 und 2020 überflutete Parzelle.

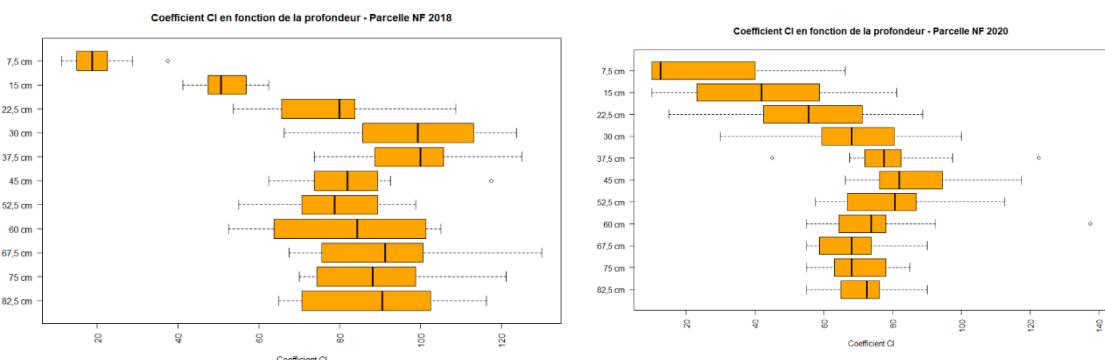


Abbildung 12 CI-Koeffizient (Eindringwiderstand) in verschiedenen Tiefen, für die nicht überflutete Parzelle in den Jahren 2018 und 2020.

Die nicht überflutete und überfluteten Parzelle zeigen eine ähnliche Entwicklung des Eindringwiderstandes mit der Tiefe: Ein Maximum des Eindringwiderstandes wird zwischen 30 und 45 cm erreicht. Diese Ebene entspricht wahrscheinlich der Pflugsohle. Das Gesamtprofil zeigt für die nicht überflutete Parzelle im Jahr 2020 einen geringeren Eindringwiderstand als im Jahr 2018. Insgesamt weist das Profil des überfluteten Grundstücks 2018 und 2020 einen etwas härteren Boden auf als das des nicht überfluteten Grundstücks, aber zu diesem Zeitpunkt können die Unterschiede nur auf die Überflutung zurückgeführt werden.

Biologische Indikatoren

Parzelle	Jahr	ATP [ng ATP/g m.s.].	CO ₂ 4 Tage [µgCO ₂ /g/h]	CO /ATP ₂	Regenwurmdichte [ind. / m ²]	Biomasse von Regenwürmern [g/m ²]
überflutet	2018	3747,2	14,2	3,7	10,00 (12,96)	2,64 (4,35)
	2020	3375,6	12,4	3,6	0 (0)	0 (0)
Nicht überflutet	2018	2596,4	13,1	5,0	10,00 (8,39)	5,78 (5,31)
	2020	3311,5	11,7	3,5	0 (0)	0 (0)

Tabelle 13 Mittelwerte und (Standardabweichungen) der biologischen Fruchtbarkeitsindikatoren, die auf der überfluteten und nicht überfluteten Parzelle in den Jahren 2018 und 2020 erzielt wurden.

Die Daten zur Biomasse und Dichte von Regenwürmern sowie zur biologischen Bodenaktivität (ATP/CO₂) werden nicht statistisch ausgewertet. Da das Datenformat oder die Anzahl der Daten nicht geeignet sind.

Die Anzahl der Regenwürmer und ihre Biomasse waren in beiden Parzellen in beiden Beobachtungsjahren sehr niedrig. Diese niedrigen Werte sind typisch für Torfböden, die viel weniger Regenwürmer enthalten als Mineralböden. Allerdings liegen diese Ergebnisse weit unter dem, was man in einem Torfboden erwarten würde. In der Literatur werden zwischen 59 und 140 Individuen pro Quadratmeter mit einer Biomasse von 64 bzw. 40 g pro Quadratmeter in ähnlichen Torfböden genannt. Im Falle des Untersuchungsgebiets könnten die sehr niedrigen Werte zum Teil auf die für die Regenwurmaktivität ungünstigen Wetterbedingungen in den Zeiträumen vor der Probenahme zurückzuführen sein, eine Hypothese, die noch zu überprüfen ist.

Angesichts dieser sehr niedrigen Werte für die Regenwurmpopulation stellt sich die Frage nach den Nahrungsressourcen der Limikolen. Angesichts ihrer Anzahl am Rastplatz stehen den Limikolen sicherlich auch andere Nahrungsquellen als Würmer zur Verfügung. Es wäre interessant, diese anderen potenziellen Quellen zu identifizieren.

Die ATP-Werte, die die mikrobielle Biomasse widerspiegeln, wurden nach den Normen in allen Situationen als reich bis sehr reich eingestuft. Das CO₂ /ATP-Verhältnis, das die mikrobielle Aktivität widerspiegelt, wurde für die überschwemmte Parzelle als schlecht bis befriedigend und für die nicht überschwemmte Parzelle als befriedigend bewertet. Die Überflutung hätte somit die Tendenz, die Aktivität der Mikroorganismen, bei denen es sich überwiegend um aerobe Organismen handelt, zumindest zeitweise zu verringern.

2.5.5 Pedologische Überwachung: Auswirkungen von Überschwemmungen auf den Boden

Die Bedingungen für eine relevante Bodenüberwachung konnten zwischen 2018 und 2020 nicht eingehalten werden.

Dazwischen gab es zwei wichtige Ereignisse, die den Ablauf veränderten:

- die Errichtung von wasserdichten Dämmen im Osten und Westen des überfluteten Grundstücks. Diese Arbeiten veränderten direkt den Boden des überfluteten Grundstücks und führten zu unterschiedlichen Kulturen zwischen den beiden Grundstücken. Unterschiedliche Kulturen können eine unterschiedliche Bodenbedeckung, Bodenbearbeitung sowie Düngerzufuhr bedeuten und sich auf die Fruchtbarkeitsindikatoren auswirken;
- Verlegung eines Drainagenetzes im Winter 2019-2020 auf dem gesamten Untersuchungsgebiet, was die Bodenfunktion massgeblich verändert und Auswirkungen auf alle Indikatoren der Bodenfruchtbarkeit hat.

Darüber hinaus wurde das Monitoringprotokoll insbesondere hinsichtlich der Probenahmeperioden geändert, die erste im Herbst, die zweite im Frühling; ein Unterschied, der sich auf die Werte der empfindlichsten Fruchtbarkeitsindikatoren auswirken kann. Einige Indikatoren mussten aus technischen Gründen aufgegeben werden und bei anderen sind die Analysemethoden zwischen 2018 und 2020 unterschiedlich.

Solche Veränderungen führen zu grossen Unterschieden zwischen 2018 und 2020, die sich nur schwer von den durch die saisonale Überschwemmung verursachten Unterschieden trennen lassen. Die Interpretation der Daten und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen sind daher fraglich.

Die Auswirkungen dieser Veränderungen (ohne Überflutung) auf die Bodenfruchtbarkeit sind in der Entwicklung der nicht überfluteten Parzelle deutlich zu erkennen. Ohne solche Veränderungen wurde davon ausgegangen, dass sich die (nicht überflutete) Referenzparzelle nicht drastisch verändert, da die einzigen Veränderungen die empfindlichsten Indikatoren betrafen. Im vorliegenden Fall sind jedoch alle Fruchtbarkeitsindikatoren, selbst die stabilsten, zwischen 2018 und 2020 statistisch unterschiedlich. Lediglich die Torfdicke H1 hat sich nicht verändert. Diese Unterschiede zwischen 2018 und 2020 lassen sich nicht durch einfache Veränderungen der Anbaupraktiken, der Düngung beispielsweise zwischen 2018 und 2020 erklären. Daher ist es nicht mehr möglich, diese nicht überflutete Parzelle als Referenz zu verwenden, um die Auswirkungen von Überschwemmungen auf die überflutete Parzelle (zwischen 2018 und 2020) zu untersuchen.

Die überflutete Parzelle hat sich zwischen 2018 und 2020 ebenfalls verändert, fast alle Fruchtbarkeitsindikatoren haben sich verändert. Angesichts der Veränderungen in beiden Parzellen ist es daher nicht möglich, die Auswirkungen der Veränderungen auf der Parzelle von denen der Überschwemmungen zu trennen.

2.5.6 Bilanz der bodenkundlichen Überwachung: Grenzen und Perspektiven

Die Bilanz der pedologischen Überwachung ist negativ, da die Überwachung nicht unter korrekten Bedingungen, die die Grundannahmen voraussetzen, durchgeführt werden konnte. Dennoch können zum jetzigen Zeitpunkt einige Schlussfolgerungen aus dieser Arbeit gezogen werden.

Angesichts der bedeutenden Veränderungen, die zwischen 2018 und 2020 an beiden Parzellen vorgenommen wurden, sollte 2020 als Startjahr für das Monitoring betrachtet werden, vorausgesetzt, dass seit 2020 keine weiteren bedeutenden Veränderungen an einer der beiden Parzellen der Anlage stattgefunden haben.

Die Folgemassnahmen 2018 und 2020 führen zu mehreren Empfehlungen:

- In Zukunft muss das Überwachungsprotokoll strikt eingehalten werden, d.h. die beiden Parzellen dürfen nicht mehr grundlegend verändert werden, wobei sich die Unterschiede in der Bewirtschaftung der Parzellen strikt auf die Überschwemmung beschränken müssen. In diesem Rahmen müssen mit dem Landwirt, der die Parzelle bewirtschaftet, Überlegungen angestellt werden, um eine gleiche Bewirtschaftung der beiden Parzellen (Art der Kulturen, Düngung, landwirtschaftliche Arbeiten) zu gewährleisten.
- Anpassung der Fruchtbarkeitsindikatoren: Die chemischen Indikatoren zeigen interessante Trends in Bezug auf die Mineralisierung von Torf auf, die in Zukunft bestätigt werden müssen. Es ist jedoch ratsam, über eine schlankere Variante des Protokolls nachzudenken, bei der die mineralischen Formen von Stickstoff (Nitrat, Ammonium) und assimilierbarer Phosphor nicht gemessen werden. Stattdessen sollte man sich auf die stabileren Indikatoren konzentrieren, die mit der organischen Substanz in Verbindung stehen (Corg, organische Substanz, Gesamt-N, C/N).
- Die physikalischen Indikatoren sind leicht zu analysieren und zu verarbeiten und liefern nützliche Anhaltspunkte für dieses Projekt. Sie reichen jedoch nicht aus, um in Bezug auf die Qualität und Fruchtbarkeit der Böden interpretiert zu werden, und müssen durch Analysen der Bodenstruktur ergänzt werden (Test vom Typ VESS oder ein kürzlich speziell von der HAFL entwickeltes Protokoll für organische Böden).
- Die biologischen Indikatoren haben ein interessantes Potenzial, das noch voll ausgeschöpft werden muss. Für den Indikator "Regenwürmer" muss das Probenahmeprotokoll optimiert werden, um es an den auf den Parzellen vorgefundenen Boden anzupassen (Probenahme unter optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen). Die Analyse der Nahrungsressourcen für Watvögel könnte durch die Suche nach anderen Organismen ergänzt werden: aquatische Wirbellose, die sich während der Überschwemmungszeit entwickeln können. Der leicht durchzuführende Test (Baït Lamina, ISO 18311) würde es ermöglichen, die biologische Qualität des Bodens zu überwachen und die Nahrungsaktivität der Bodenorganismen zu quantifizieren.
- Häufigkeit der Überwachung: Der Verzicht auf Indikatoren, die empfindlich auf jährliche Schwankungen reagieren (Jahreszeit, Düngung), zugunsten stabilerer Fruchtbarkeitsindikatoren würde es ermöglichen, die Überwachungsintervalle (3-5 Jahre) zu verlängern und eine längerfristige Überwachung zu realisieren. Zwei Jahre an Überflutungen sind ein sehr kurzer Zeitraum, der nicht unbedingt

die Quantifizierung aller physikalisch-chemischen Prozesse garantiert, von denen sich einige ohne weitere Störungen über Jahrzehnte entwickeln können.

- In Absprache mit dem Landwirt wäre eine Quantifizierung der landwirtschaftlichen Erträge in der überfluteten/nicht überfluteten Parzelle ein interessanter Beitrag für den Effekt der Überflutung. Diese Angabe würde den Verzicht auf die empfindlichsten Fruchtbarkeitsindikatoren teilweise ausgleichen.

2.5.7 Perspektiven: ein multifunktionaler Standort: landwirtschaftliche Produktion, Rastplatz für Watvögel, Klimaschutz

Um dem Klimawandel zu begegnen, ist die Begrenzung der Treibhausgase (THG) zu einer nationalen Priorität geworden. In diesem Rahmen soll die Rolle der Kohlenstoffsequestrierung durch den Boden gefördert werden. Der kürzlich vom Bundesrat (29. März 2023) verabschiedete Bericht über die Kohlenstoffsequestrierung durch Böden nennt zwei Prioritäten: Verhinderung von Verlusten in organischen Böden wie z.B. Sümpfen, und Erhaltung und Erhöhung der organischen Substanz in mineralischen landwirtschaftlichen Böden. [15][16].

"Die Wiederherstellung natürlicher organischer Böden (Hoch- und Niedermoore) und die Wiedervernässung organischer landwirtschaftlicher Böden können einen wichtigen Beitrag zur Abschwächung des Klimawandels leisten, indem sie die durch die Torfmineralisierung verursachten Emissionen stoppen oder minimieren und den verbleibenden Kohlenstoff erhalten" [16].

Die Problematik des Verlusts organischer Substanz ist ein besonders gravierendes Phänomen bei landwirtschaftlich genutzten Torfböden. [12][17]. Sie stellt auf der einen Seite die Moorböden und ihren ökologischen Reichtum gegenüber [18] und auf der anderen Seite die besten Ackerböden des Landes, auf denen ein Viertel des einheimischen Gemüses angebaut wird, die aber nicht bewirtschaftet werden können, ohne dass der Boden nach und nach Kohlenstoff durch die Mineralisierung der organischen Substanz infolge der Entwässerung verliert [12][19]. Organische Böden sind der grösste Kohlenstoffspeicher der Erde und die Entwässerung von Torfböden führt zur Freisetzung von Treibhausgasen wie CO₂ und N₂O in die Atmosphäre [13][14][20]. Dies entspricht 1.5% der CO₂-Emissionen der Schweiz im Jahr 2015 [19].

Was die Regeneration von Torf betrifft, gibt es bis heute keine wirksamen Massnahmen [12][21][22]. Selbst eine permanente und langfristig aufrechterhaltene Wiedervernässung des Bodens (im Gegensatz zu einer temporären, d.h. saisonalen Vernässung) wird bestenfalls die Mineralisierung stoppen, aber nicht in der Lage sein, die verlorenen Torfmächtigkeiten in einem menschlichen Zeitrahmen zu regenerieren.

Der aktuelle Trend sieht Massnahmen vor, den Bestand an organischer Substanz zu erhalten oder sogar den Verlust an organischer Substanz zu bremsen und die THG-Emissionen zu reduzieren [19][23]. Es werden verschiedene Techniken eingesetzt, die jedoch kaum erforscht sind. Nennenswert sind hier z.B.:

- Das Einbringen einer geringen Menge von Erdmaterial aus dem Abtrag von Baustellenböden. Diese Technik kann eine Lösung darstellen, die es ermöglicht, degradierte organische Böden weiter zu kultivieren [12] hauptsächlich. Sie ist jedoch wahrscheinlich nicht in der Lage, die Mineralisierung und das Absinken der Böden zu verlangsamen.
- Die Wiederherstellung eines vollständigen Bodens (mit einer Mächtigkeit von mehr als 60 cm) durch das Einbringen von Material (mit oder ohne Torfaufschüttung). Leider sind "pflanzliche" Böden (die aus dem Abtragen des A-Horizonts stammen) Gegenstand von Diskussionen geworden und werden nur sehr selten mehr auf landwirtschaftlichen Böden verwertet.
- Die vorübergehende Wiedervernässung von Land, die versucht, landwirtschaftliche Nutzung und den Erhalt organischer Substanz miteinander zu vereinbaren [24]. Einige Experimente dieser Art wurden bereits durchgeführt. Zum Beispiel werden in Norddeutschland seit etwa 30 Jahren auf Sumpfpflanzen basierende Alternativen eingeführt. Der Anbau von Torfmoos für den Gartenbau, von Schilf oder Rohrkolben für die Herstellung von Dämmmaterial oder Heizpellets oder der Ersatz von Milchkühen durch rustikale Fleischrassen sind Lösungen, die es ermöglichen, die Erhaltung organischer Böden mit einer nachhaltigen und rentablen landwirtschaftlichen Produktionstätigkeit in diesem Kontext zu vereinbaren. In England durchgeführte Tests zeigen, dass der Anstieg des Grundwasserspiegels im Winter (von -50 cm auf -30 cm) die Salatproduktion nicht verringert. Während der Vegetationsperiode hat er keine grösseren Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion. Ein ganzjähriger Anstieg des Grundwasserspiegels hingegen verringert die Salatproduktion um 37%. Unter Berücksichtigung der THG-Emissionen gilt die winterliche Wiedervernässung als guter Kompromiss, um die Aufrechterhaltung der Gemüseproduktion und die Senkung der THG-Emissionen miteinander zu vereinbaren [25]. Diese Beispiele sind Teil der Empfehlungen der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der

Vereinten Nationen (FAO) für eine nachhaltige Bewirtschaftung von torfigen organischen Böden. In der Schweiz wurden mehrere Pilotprojekte für den Reisanbau in entwässerten Moorebenen (Seeland, Orbe-Ebene) entwickelt. Diese Nischenkultur erfordert eine vorübergehende Wiedervernässung von 4 bis 5 Monaten. Diese Anlage erhöht lokal die Biodiversität (Amphibien, Libellen usw.) [26]. Ihre Wirksamkeit zur Erhaltung der organischen Substanz ist sicherlich hoch, wurde aber in den Pilotprojekten nicht quantifiziert [27].

Vor einer konkreten Umsetzung ist sicherlich eine Anpassung an den Schweizer Kontext und die besonderen lokalen Bedingungen mit torhaltigen Böden erforderlich. Es lassen sich jedoch bereits interessante Synergien zwischen der Paludikultur und dem Projekt der Watvogelstationen, wie es von der Vereinigung ELA konzipiert wurde, erkennen. Im Hinblick auf die Erhaltung der organischen Substanz und des Klimas würde die bodenkundliche Überwachung Tendenzen der Auswirkungen der temporären Überflutung auf die organische Substanz erkennen lassen. Natürlich wäre eine zusätzliche Überwachung auf der Grundlage der Quantifizierung von THG ein sehr interessanter Beitrag, aber die Umsetzung ist aus technischer und wissenschaftlicher Sicht sehr komplex.

Abschliessend lässt sich sagen, dass angesichts der zentralen Rolle des Bodens in der Problematik der nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion, der Klimaregulierung und als Nahrungsquelle für Watvögel klar ist, dass bei der Auswahl möglicher weiterer Rastplätze der Boden in die Kriterien für die Standortwahl einbezogen werden muss. Denn die Auswirkungen von Überschwemmungen werden je nach Bodenart - "mineralischer" Boden oder Torfboden - sehr unterschiedlich sein. Ist es im letzteren Fall besser, einen entwässerten Torfboden mit einer geringen oder grossen Torfdicke zu wählen? Bei der Wahl eines Standortes für einen Zwischenstopp geht es um eine Interessenabwägung zwischen der technischen Machbarkeit und den Kosten (Umsetzung, Verwaltung des Standortes), den Vorteilen und den kurz- und längerfristigen Verlusten oder Gewinnen in Bezug auf Landwirtschaft, Boden, Wasserressourcen und Klimaregulierung.

2.6 Entschädigung an die Bewirtschaftenden

Beziffern Sie die Ertragseinbussen für die Landwirtschaft in Abhängigkeit von den Überschwemmungszeiten (Frühjahr oder Herbst) und den betroffenen Kulturen. Lösungen für eine angemessene finanzielle Entschädigung vorschlagen.

Es müssen mehrere Wege entwickelt werden, um eine angemessene Entschädigung für Landwirte zu ermöglichen, die bereit sind, periodisch eine Parzelle dem Artenschutz zu widmen. Die Agrarpolitik unterstützt und fördert solche Synergien, aber die Beiträge, die insbesondere im Rahmen der Direktzahlungen für die Biodiversität vorgesehen sind, bleiben im Vergleich zu den geschätzten Ertragsverlusten gering.

Bei der Einrichtung von Rastplätzen für Watvögel müssen verschiedene Aspekte und Kosten berücksichtigt werden.

Insbesondere lassen sich die Kosten für die Einrichtung einer Anlaufstelle auf diese Weise aufschlüsseln:

1. Kosten für die Machbarkeitsstudie
2. Kosten für die Durchführung der ersten experimentellen Flutungen
3. Kosten für die Fortführung der Website
4. Kosten für folgende Überschwemmungen
5. Ertragseinbussen bei jeder Überschwemmung.

Die Schritte 1 à 4 dürfen keine Kosten für den Landwirt verursachen. Wie in Kap. 2.1 beschrieben, können diese Kosten je nach Art des eingesetzten Monitorings und der Verfügbarkeit von Wasser auf der Parzelle hoch sein. Auf Grundlage der Gespräche mit den kantonalen Dienststellen sollten diese Kosten hauptsächlich von den Dienststellen für Fauna und Natur der jeweiligen Kantone getragen werden.

Entschädigungen für Ertragsausfälle sollten von den Landwirtschaftsämtern übernommen werden. Das Kapitel 2.6.1 zeigt die ersten Überlegungen und Datenerhebungen zu den Entschädigungen für Ertragsausfälle.

Parallel zu den Berechnungen der Ertragsverluste haben wir uns Gedanken über die Möglichkeiten gemacht, neue Arten von Flächen zur Förderung der Biodiversität zu schaffen. Dieser Punkt wird in Kapitel 2.6.2 untersucht.

2.6.1 Geschätzte Ertragsverluste, je nach Kulturpflanze

Bevor man die mit der Überflutung eines landwirtschaftlichen Grundstücks verbundenen Ertragsverluste für Watvögel abschätzen kann, muss man die Verträglichkeit der Kulturen mit einer periodischen Überflutung beurteilen.

In diesem Kapitel wird die Vereinbarkeit einer Reihe von Kulturen mit einem Rastplatz für Watvögel detailliert beschrieben und die damit verbundenen Ertragseinbussen geschätzt.

L'Annexe A zeigt, dass verschiedene Kulturen vor oder nach einer Überschwemmung in Frage kommen, dass es aber schwierig ist, allgemeine Aussagen zu treffen. Der Zeitpunkt des Anbaus und der Ernte hängt von der Höhenlage, der Sorte und den Wetterbedingungen ab. Die in Anhang A vorgebrachten Ertragsverluste berücksichtigen nicht bestimmte Einrichtungskosten, die dem Landwirt nicht entstanden sind, da die Überschwemmung geplant war.

Eine gewisse Flexibilität bei den Überschwemmungsdaten/-perioden ist erforderlich, um die landwirtschaftliche Nutzung einer Fläche mit ihrer vorübergehenden Bereitstellung für Naturschutzzwecke in Einklang zu bringen. Wenn eine Parzelle für eine Ersatzmassnahme im Rahmen eines Projekts gewidmet wird, das den Ausgleich von Umweltauswirkungen erfordert (z. B. Bauvorhaben, Flurbereinigung...), wird die landwirtschaftliche Nutzung an die Überschwemmungszeit angepasst. Wenn es jedoch um die Vereinbarkeit von Natur und Landwirtschaft geht, muss die Überschwemmungsperiode eine gewisse Flexibilität aufweisen.

Nach den Erfahrungen am Standort Quatre-Vingts: Eine Herbstflutung ist weniger belastend, da sie die Durchführung verschiedener Arten von Gemüseanbau vor der Flutungsperiode ermöglicht (verschiedene Kohlsorten, Karotten, Salat usw.). Der Nachteil einer Herbstüberschwemmung ist, dass das Land den ganzen Winter über (ab Ende Oktober) unbedeckt bleibt.

Die Frühjahrsüberschwemmung ist in Bezug auf die Art der Kulturen einschränkender, aber verschiedene Gemüsekulturen sind trotzdem kompatibel, eventuell mit einigen Anpassungen der Aussaat-/Erntezeiten und/oder einer leichten Verringerung des Ertrags.



Abbildung 13 Synergien zwischen Ackerbau und Überschwemmungen für Watvögel in zwei Szenarien (Bewertung aus dem Poster von 2015, das die Machbarkeit des Projekts für einen Rastplatz in Yverdon-les-Bains vorstellt).

2.6.1.1 Vereinbarkeit mit Futterpflanzen

Im Grasland ist eine Überschwemmung theoretisch immer "verträglich", es zählt nur der Ertragsverlust, der nach der Anzahl der verlorenen Schnitte und dem Wert jedes einzelnen Schnittes zu berechnen ist (je nach Art des Graslandes, siehe Tabelle unten).

Tabelle 14 Ertragsverlust von Futterpflanzen nach Nutzung.

Nb. Benutzer.	PER ³ / BIO	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3	Schnitt 4	Schnitt 5	Schnitt 6
	CHF/are/Jahr	CHF/are	CHF/are	CHF/are	CHF/are	CHF/are	CHF/are
6 (135 dt TM/Jahr)	42	13	9	6	6	4	4
5 (115 dt TM/Jahr)	36	11	9	5	7	4	
4 (90 dt TM/Jahr)	29	10	9	6	4		
3 (60 dt TM/Jahr)	17	8	6	3			

Andererseits kann eine Neuauflauf der Wiese nach einer oder mehreren Überschwemmungsperioden je nach Zustand der Vegetation notwendig sein.

Tabelle 15 Geschätzte Nachauflauf Kosten für Aussaat (2x Bodenbearbeitung), Saatgut und Düngerzuschlag.

Wiese > 20 Ar	CHF/are 17 ⁴	Wiese < 20 Ar	CHF/are 34

2.6.1.2 Vereinbarkeit mit Ackerbau

Die meisten Feldfrüchte haben eine lange Wachstumsperiode und sind nicht mit einer Überflutung zu den für Watvögel günstigen Zeiten vereinbar. Bei Kulturen, die hinsichtlich der Aussaat- und Erntezeitpunkte in Frage kommen, müssen weitere einschränkende Faktoren berücksichtigt werden. Wenn eine Kultur theoretisch mit einer Überschwemmung vereinbar ist, muss sichergestellt werden, dass der betreffende Landwirt über das entsprechende Wissen verfügt und dass es einen Markt für diese Kultur gibt. Andererseits sind einige Kulturen anfälliger für Krankheiten als andere und ihre Aufnahme in eine Fruchtfolge kann zu Problemen bei den Folgekulturen führen.

Wir versuchten, eine Rotation mit einer jährlichen Überschwemmung in Betracht zu ziehen.

Nach einer Überschwemmung im Frühjahr wäre die einzige noch in Frage kommende Kultur Mais, mit einer frühen Sorte, die im Juni gesät wird. Dies ist immer noch nicht optimal und es ist mit einem geringeren Ertrag zu rechnen.

Nach einer Herbstflut kommen einige Fruchtfolgen in Frage, die jedoch Kompromisse erfordern, insbesondere Flexibilität beim Beginn der Flutung, der an den Zeitpunkt der Ernte der vorherigen Kultur angepasst werden muss. Eine Flutung Anfang August ist für die meisten Kulturen zu früh.

Hier sind einige Vorschläge für eine vierjährige Fruchtfolge, die mit einer Herbstüberschwemmung vereinbar sind. Die Kulturen können in einer anderen Reihenfolge aufeinander folgen, wobei auf die üblichen Rotationsregeln zu achten ist. Überschwemmung sind frühestens Mitte August möglich.

³ PER Ökologischer Leistungsnachweis

⁴ Nach dem USP-Leitfaden für die Schätzung von Schäden an Kulturen

Tabelle 16 Beispiele für eine vierjährige Fruchfolge mit einer Überschwemmung jeden Herbst.

Winterweizen	Kartoffeln	Dinkel	Lupine / Ackerbohne
Winterweizen	Sommerhafer	Dinkel	Lupine / Ackerbohne
Winterweizen	Flachs	Dinkel	Sommerhafer
Winterweizen	Flachs	Dinkel	Lupine / Ackerbohne

Die Fruchfolge könnte auch mit mehr verschiedenen Kulturen erfolgen (z. B. über fünf Jahre). Zu beachten ist, dass jede zusätzliche Kultur zusätzliche Kenntnisse des Landwirts erfordert.

Tabelle 17 Beispiele für eine fünfjährige Fruchfolge mit einer Überschwemmung jeden Herbst.

Winterweizen	Lupine / Ackerbohne	Dinkel	Kartoffeln	Flachs
Winterweizen	Lupine / Ackerbohne	Dinkel	Flachs	Sommerhafer
Winterweizen	Kartoffeln	Dinkel	Flachs	Lupine / Ackerbohne

Ein Wechsel zwischen einer Frühjahrs- und einer Herbstflut mit längeren nicht überfluteten Perioden würde mehr Möglichkeiten für Rotationen bieten.

2.6.1.3 Vereinbarkeit mit dem Gemüseanbau

Gemüsekulturen mit einer kürzeren Anbaudauer scheinen leichter mit einer Zwischenstation für Watvögel vereinbar zu sein. Viele Gemüsekulturen haben eine Wachstumsdauer zwischen 8 und 10 Wochen, sodass die Möglichkeit besteht, auf derselben Fläche eine zweite oder sogar dritte Freilandkultur anzulegen, abhängig vom Beginn der Kultivierung. Im Gemüseanbau kann daher eine Überflutung entweder vor oder nach dem Anbau leichter in Betracht gezogen werden. In der Tabelle in Annexe A sind Aussaat- und Erntezeiträume angegeben, in denen eine Kultur in der Regel gesät und geerntet wird: Ein früher Aussaattermin entspricht in der Regel einem frühen Erntetermin.

Die Bruttomargen der meisten Gemüsekulturen sind jedoch hoch. Hier ist mit höheren Entschädigungen zu rechnen. Das Handbuch ProfiCost Gemüse (2018). [28] des Verbands Schweizer Gemüseproduzenten bietet eine Berechnungsgrundlage, um die Kosten, Erträge und Gewinne des Gemüseanbaus zu schätzen.

Als Beispiel haben wir den Anbau von Brokkoli gewählt, der mit einer Überschwemmung sowohl im Frühling als auch im Herbst vereinbar ist. Der Ertrag der Kultur, einschliesslich der Direktzahlungen, wird auf CHF 36'000/ha geschätzt. Der Gewinn, nach Abzug aller mit dieser Kultur verbundenen Kosten, würde CHF 1'528/ha betragen. Der Ertragsverlust bei Überflutung kann jedoch nicht alle Produktionskosten berücksichtigen, insbesondere die Kosten für Lagergebäude und die Abschreibung von Maschinen, die bei absichtlicher periodischer Überflutung nicht verringert werden. Für eine genaue Schätzung wird eine Modellierung erforderlich sein.

Mithilfe der Berechnungsmodelle von ProfiCost und anhand von Brokkoli als Beispiel haben wir versucht, die Kosten zu ermitteln, die dem Landwirt in jedem Fall entstehen, auch wenn er die Kultur nicht anbaut. Direkte Kosten wie Saatgut, Betriebsmittel, Verpackung und Arbeitskraft fallen nicht an. Dagegen kann eine Reihe von Posten nicht gesenkt werden (CHF/ha) :

Geschätzte Kosten	
Versicherungen (insbesondere Hagelversicherung)	CHF 1'050
Bewässerungsanlage (teilweise, Abschreibung Anlage)	CHF 150
Gebäude (ausser wenn eine andere Nutzung möglich ist)	CHF 1'491
Pacht (ausser wenn entsprechend gekürzt)	CHF 646

Allgemeine Betriebskosten	CHF 764
APG-Beitrag Freiland Frischgemüs	CHF 87
Gesamt	CHF 4'188

Diese Kosten obliegen in jedem Fall dem Landwirt und wären eine Diskussionsgrundlage für die Bemessung der Entschädigung. Darüber hinaus wäre zu klären, ob die Auszahlung der Direktzahlungen durch eine Überschwemmungsperiode beeinflusst wird und ggf. die nicht erhaltenen Beiträge entsprechend hinzuzurechnen.

2.6.1.4 Wichtige Aspekte, die aus Sicht der Landwirtschaft zu berücksichtigen sind

Nach dem Ende der Überschwemmungsperiode müssen mindestens 15 trockene Tage (ohne Niederschläge) eingeplant werden, damit der Boden sich wieder abtrocknen kann, bevor der Landwirt die notwendigen Schritte unternehmen kann, um seine Kultur anzulegen. Diese Frist kann sich bei Niederschlägen verlängern und wirkt sich auf die Folgekultur und damit auf die zu zahlenden Entschädigungen aus. Die Effizienz des Entwässerungssystems ist daher ein wichtiger Faktor, um den Anbau nach einer Überschwemmung zu gewährleisten. Auch die Bodenart beeinflusst die Zeit, die zwischen dem Ende der Überschwemmung und dem Zeitpunkt, an dem eine landwirtschaftliche Tätigkeit wieder möglich ist, vergeht.

Bei einer Überschwemmung nach dem Anbau können Pflanzenschutzmittel und ihre Metaboliten ausgewaschen werden und in das Wasser gelangen. Dasselbe gilt für Reststickstoff und Phosphor. Dies steht im Widerspruch zu all dem, was unternommen wird, um die Auswirkungen des Anbaus auf die Wasserqualität zu verringern (Pflanzenschutzpläne). Die Auswirkungen sind umso stärker, je stärker die Parzelle am Ende der Überschwemmung entwässert wird. Ganz allgemein kann es zu einem Interessenkonflikt mit anderen Umweltzielen kommen. Zum Beispiel die Bodenbedeckung: Eine Herbstüberschwemmung bis Ende Oktober macht es schwierig, eine Vegetationsdecke anzulegen. Der Boden könnte von November (Ende der Überschwemmung) bis zur Aussaat einer Kultur im Frühjahr unbedeckt bleiben.

In der Regel wird in der Fruchfolge ein Zeitraum eingerechnet, in dem die Parzelle von einer temporären Wiese eingenommen wird, damit sich der Boden regenerieren kann. Je nach Fruchfolge gibt es also zwischen zwei und vier Jahren Grünland auf einem Ackerbaugrundstück. Wenn in dieser Phase eine Überschwemmung droht, muss nicht nur der Ertragsverlust durch das fehlende Futter bewertet werden. Es muss auch sichergestellt werden können, dass die mit der temporären Wiese angestrebte Regeneration des Bodens nicht beeinträchtigt wird durch die Überschwemmungsperiode.

Die Anmeldung zu bestimmten, von der Agrarpolitik empfohlenen, Programmen ist bei Überschwemmungen nicht mehr möglich, insbesondere zu Programmen zur Bodenbedeckung. Dies führt zu einem Verlust von Beiträgen, der ebenfalls berücksichtigt werden muss. Im Falle einer Überschwemmung im Herbst ist die Anlage einer Zwischenfrucht praktisch ausgeschlossen, ebenso wie Winterkulturen und Gründüngung. Je nach Fall könnte sogar die Einhaltung der ÖLN-Regeln gefährdet sein. Parzellen mit Kulturen, die vor dem 31. August geerntet werden, müssen im laufenden Jahr eine Bodenbedeckung aufweisen (Art. 17 DZV). Eine Ausnahmeregelung wäre erforderlich, um eine Überschwemmung im Herbst zu ermöglichen. Es ist zu prüfen, ob eine Überschwemmung eine angemessene Bodenbedeckung ersetzen kann. Um diese Situation zu vermeiden, sollte die Herbstüberschwemmung verkürzt werden, um einen angemessenen Bodenschutz im Winter zu gewährleisten.

Ob ein Rastplatz für Limikolen mit der landwirtschaftlichen Produktion vereinbar ist, hängt von vielen Faktoren ab. Diese erste Analyse zeigt, dass es kein optimales Szenario gibt: Entweder ist ein Standort der Produktion gewidmet und es sind die Überschwemmungszeiten, die sich an die Aussaat- und Erntedaten anpassen müssen, oder der Standort erfüllt vorrangig eine ökologische Funktion und die Kulturen werden entsprechend der optimalen Überschwemmungszeiten ausgewählt.

Idealerweise sollten Überschwemmungen von landwirtschaftlichen Flächen, die als Rastplatz für Watvögel dienen, abwechselnd auf verschiedenen Parzellen in derselben Region stattfinden können, um die Produktion so wenig wie möglich zu beeinträchtigen und das Risiko zu begrenzen.

Um verlässliche Zahlen über den Ertragsverlust zu erhalten, muss jede Situation im Detail untersucht werden. Die Überlegungen und Schätzungen, die im Rahmen dieser Studie angestellt wurden, geben eine Orientierung, stellen aber keinesfalls Werte dar, die einfach so übernommen werden können.

2.6.2 Anerkennung und Aufwertung von Rastplätzen für Watvögel als Flächen zur Förderung der Biodiversität

In diesem Kapitel werden aktuelle oder mögliche Massnahmen auf Kantons- und Bundesebene in Landwirtschaftsgebieten zur Förderung von Rastplätzen für Limikolen analysiert und in agrarpolitische Programme integriert.

2.6.2.1 Kantonale Massnahmen

Es können kantonale Programme entwickelt werden, um einen Teil des mit einem Limikolen-Standort verbundenen Ertragsverlusts auszugleichen. Im Kanton Freiburg sieht die kantonale Biodiversitätsstrategie (SCB) insbesondere in Landwirtschaftsgebieten Massnahmen vor, die den Zielen entsprechen, die mit einem Watvogelgebiet angestrebt werden. Jährliche Finanzierungen sind bis 2028 gesichert, sofern die SCB im Herbst 2023 auf politischer Ebene (Grosser Rat) validiert wird.

2.6.2.2 Massnahmen auf Bundesebene

Im Rahmen der Agrarpolitik 2022 (AP22+) und der regionalen Landwirtschaftsstrategien (RAS), die letztlich nicht umgesetzt werden, hatte das BLW eine Massnahme für Limikolen vorgeschlagen. Diese Limikolen-Massnahme, die vom Bund als regionale Biodiversitätsmassnahme im Rahmen der Beiträge für eine standortangepasste Landwirtschaft (LAK) vorgeschlagen wurde, hätte einen Rastplatz ergänzt. Diese wäre jedoch auf Nistmöglichkeiten beschränkt gewesen.

Tabelle 18 CACL Limikolen-Massnahme, die vom Bund im Rahmen der regionalen Landwirtschaftsstrategien vorgeschlagen wurde.

VN4_B	Regionale Biodiversität	Limikolenarten werden begünstigt.	Limikolen, wie z. B. der Kiebitz, benötigen als Nistplatz Bodenflächen, die während der Brutzeit nicht bearbeitet werden. Der Landwirt führt zwischen dem 20. März und dem 30. Mai keine Bodenbearbeitung durch, um eine erfolgreiche Brut zu gewährleisten (auf SPB und Nicht-SPB).	Keine Bodenbearbeitung zwischen dem 20. März und dem 30. Mai	Flächen, auf denen Gelege (oder ein Potenzial für Gelege) von einem Spezialisten festgestellt werden.
--------------	-------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

Diese Messung ist interessant, da sie dem Zeitraum einer Frühjahrsüberschwemmung entspricht.

In der aktuellen Entwicklung der Agrarpolitik und im Hinblick auf zukünftige Agrar-umweltprojekte (Zusammenlegung der Projekte Ökologische Netzwerke und Landschaftsqualität) könnte ein Rastplatz für Limikolen in einigen Regionen zu einer innovativen Massnahme werden.

2.6.2.3 Typ 16: Zwischenstopps für Watvögel

BPS des Typs 16 sind regionalspezifische Flächen zur Förderung der Biodiversität. Ein Rastplatz für Watvögel entspricht dieser Definition. Die Bedingungen, die notwendig sind, um einen für Watvögel günstigen Rastplatz zu schaffen, würden auf diesen Typ 16 angewendet. Es ist offensichtlich, dass dieselben Bedingungen indirekt auch andere Arten (Amphibien, Insekten) fördern, so dass der ökologische Wert eines solchen regionalspezifischen BPS-Typs anerkannt wird.

Der derzeit mögliche Höchstbeitrag von 1000 CHF/ha (10.-/are) für eine BFF des Typs 16 deckt die Ertragsverluste keiner Kultur ab. Für einen Limikolen-Rastplatz sollte ein höherer Beitrag möglich sein als für eine weniger belastende Netzwerkmaßnahme, wie beispielsweise die Verschiebung des Schnittzeitpunkts. Es werden Überlegungen angestellt, wie die Beiträge je nach Einschränkungen und Wirksamkeit der Massnahmen differenziert werden können. Die angemessene Entschädigung, die für einen Zwischenstopp-Standort vorzusehen ist, kann Teil dieser Überlegungen sein.

Schliesslich ist noch anzumerken, dass BPS Typ 16 nur innerhalb des Perimeters in einem ökologischen Netzwerk möglich ist. Dieser Punkt ist insbesondere für die Plaine de l'Orbe einschränkend, da sich die Grundstücke in der Regel ausserhalb der Perimeter der ökologischen Netzwerke befinden.

Angesichts der Erkenntnisse, die im Zeitraum 2015-2022 am Standort Quatre-Vingts in Yverdon-les-Bains gewonnen wurden, lassen sich folgende Bemerkungen zur Einrichtung einer SPB Typ 16 formulieren:

- ✓ Die berücksichtigten Flächen sollten nicht kleiner als 3 ha an einem Stück sein. 5 ha oder mehr sind ideal.
- ✓ Die Einstufung als BPS sollte für eine Mindestdauer von 10-15 Jahren eingeführt werden.
- ✓ Sie sollte die Kriterien erfüllen, die in Kapitel 3.1.1 "Standortwahl" dargelegt sind.
- ✓ Die an die Landwirte gezahlten Entschädigungen sollten sich nach ihrer verlorenen Netto Gewinnspanne und nicht nach ihrem Umsatz richten. Die Frage eines Abschreibungsanteils für nicht genutzte Maschinen muss noch diskutiert werden.
- ✓ Die Entschädigungen sollten von der Art der möglichen Kulturen abhängen, also von der Bodenbeschaffenheit und den Bewässerungsmöglichkeiten.
- ✓ Die Entschädigungen sollten auf der Grundlage eines durchschnittlichen Verlusts über die Fruchtfolgedauer der Kulturen berechnet werden, wobei die verschiedenen Gewinnspannen, die sich beispielsweise bei Karotten oder Mais unterscheiden, zugrunde gelegt werden.
- ✓ Entschädigungen sollten nur im Falle einer vorübergehenden Überflutung gezahlt werden.
- ✓ Bei ökologischem Anbau kann ein Bonus in Betracht gezogen werden.
- ✓ Eine Vereinbarung zwischen dem Landwirt und einer anerkannten Organisation oder Vereinigung/Gesellschaft, die die Einrichtung und wissenschaftliche Begleitung von Überschwemmungen übernimmt, sollte eine Bedingung sein. Der Typ 16 "Zwischenstopp für Watvögel", der auf Ackerland eingerichtet wird, kann auf die geforderten 3,5% ÖPF auf Ackerland angerechnet werden. Dieser Status ist ein wesentliches Argument für die Akzeptanz der Massnahme. Darüber hinaus könnten im Rahmen der künftigen Agrarpolitik die Biodiversitätsbeiträge (CBD) differenziert und stärker an die Wirksamkeit der Massnahmen gekoppelt werden. Dies ist angesichts des Nutzens, den Rastplätze für die Biodiversität darstellen, ebenfalls sehr wichtig.

2.6.3 Schlussfolgerung zur Vereinbarkeit von Zwischenstopps für Watvögel mit der Landwirtschaft und Entwicklungsmöglichkeiten

Kapitel 2.6 zeigt, dass die Realisierung eines Rastplatzes für Limikolen mit einer Reihe von Schwierigkeiten konfrontiert sein wird. Die Bedingungen, die am Standort Quatre Vingts in Yverdon herrschten, werden sich wahrscheinlich an keinem anderen Ort wiederfinden. Eine Synergie zwischen Natur und Landwirtschaft wird in diesem Projekt weitgehend hervorgehoben, ist aber Gegenstand von Kompromissen auf beiden Seiten.

Es sind mehrere Fälle denkbar. Entweder ist ein Gebiet vorrangig dem Naturschutz gewidmet und es ist die landwirtschaftliche Nutzung, die sich an die optimalen Bedingungen für Limikolen anpasst. In diesem Fall könnte man sich zunächst um die technische Machbarkeit des Projekts kümmern und dann einen Landwirt finden, der bereit ist, das Grundstück mit den Einschränkungen durch die Überschwemmungen zu bewirtschaften.

Oder eine Fläche wird vorrangig für die landwirtschaftliche Produktion genutzt und der Landwirt akzeptiert unter bestimmten Bedingungen eine zeitweilige Überflutung. In diesem zweiten Fall sind die Überschwemmungszeiten an die Erfordernisse der Landwirtschaft angepasst und daher weniger ideal für Watvögel. Jede Situation sollte gründlich analysiert werden, um die Vereinbarkeit mit der Produktion zu gewährleisten und die gerechte Entschädigung in diesem speziellen Fall zu berechnen.

In beiden Fällen wird der Eigentümer des Grundstücks entscheidend für den Erfolg des Projekts sein. Wenn das Land einer öffentlichen Einrichtung gehört, wird es möglich sein, eine Flutung durchzusetzen, was schwer vorstellbar ist, wenn das Grundstück einem Privatmann oder einem Landwirt gehört.

Angesichts der Ergebnisse dieser Studie scheint es einfacher zu sein, eine neue SPB des Typs 16 (siehe Kapitel 2.6.2) als Felder ausserhalb des SPB-Rahmens zu fluten (Kap. 2.6.1). Kurzfristig und ab 2024 könnte die Schaffung einer speziellen BFF des Typs 16 für Watvögel mit einem Basisbeitrag von CHF 1'000/ha in Betracht gezogen werden. Der Rest, der auf CHF 2'000 bis 5'000 pro Hektar geschätzten Entschädigungen, müsste über eine externe Finanzierung aufgebracht werden. Eine Praxis, die bereits für den Typ 16 *Feuchter Reis* in Zusammenarbeit mit dem BLW und der IG Nassreiss CH umgesetzt wurde.

Die Bandbreite der zusätzlichen Entschädigungen (CHF 2.000 bis 5.000/ha) stammt von den Autoren dieser Arbeit und stellt eine Grössenordnung der Entschädigung dar, die Landwirten angeboten werden kann, die bereit sind, einen Rastplatz für Limikolen zu beherbergen. Um die Schaffung eines Typ 16 Rastplatzes für *Watvögel* attraktiv zu machen, ist es von entscheidender Bedeutung, dass die BFF des Typs 16 als BFF auf Ackerland (AF) anerkannt werden. Darüber hinaus wird die Förderung dieser neuen BFF in ökologischen Netzwerken ebenso wichtig sein, um sicherzustellen, dass sie von einigen Landwirten umgesetzt wird.

Um diese neue SPB des Typs 16 einzuführen, könnten die nächsten Schritte wie folgt aussehen:

1. Identifizierung der Art der BPS, der zu erfüllenden Bedingungen und der Entschädigung. Verantwortlich: Kantone Waadt und Freiburg
2. Weiterleitung des Dossiers an das BLW
3. Offizielle Aufnahme der neuen BPS in die nächste Agrarperiode
4. Aktualisierung des SPB-Katalogs (BLW-Flyer).

3 Kommunikation nach aussen

In diesem Kapitel werden die folgenden Fragen beantwortet, die das BLW nach der Lieferung des Zwischenberichts formuliert hat:

Wie werden die Ergebnisse nach aussen kommuniziert (BLW; Kantone, kantonale Landwirtschaftsämter, Landwirte usw.)?

Dieses Projekt stellt eine nützliche Arbeitsgrundlage für die Behörden dar, die für die Förderung des Arten- schutzes in der landwirtschaftlichen Zone zuständig sind. In seiner jetzigen Form ist er nicht zur Veröffentli- chung bestimmt, da es sich keinesfalls um eine Planung handelt, sondern um ein Inventar potenzieller Flä- chen, zu berücksichtigende Kriterien und eine Liste von Fragen, die bei einem geplanten Projekt vertieft wer- den sollten. Auf kantonaler Ebene sehen wir seinen Nutzen auf verschiedenen Ebenen:

- Informationen an die betroffenen kantonalen Organe, Amt für Wald und Natur (Artenschutz), Amt für Umwelt (Revitalisierungsprojekte), Sektor Strukturverbesserungen (Bewässerungsprojekte, Sanie- rung von Drainagen, Landumlegungen)
- Inventarisierung potenzieller Flächen im Falle eines Projekts mit starken Umweltauswirkungen, dass eine gross angelegte Ersatzmassnahme erfordert (z.B. Umgehungsstrasse)
- Bestandsaufnahme potenzieller Flächen im Falle des Willens einer Körperschaft (Gemeinde, Kan- ton, andere Institution), die ein beispielhaftes Projekt umsetzen möchte.
- Datenbank, um ein Projekt auf einer Parzelle in Privatbesitz mit technischer und finanzieller Unter- stützung des Kantons und anderer Partner zu initiieren.

Wurden die Landwirte in den Regionen, die für die GIS-/Kantonsanalysen ausgewählt wurden, über das Vorgehen informiert?

Die Landwirte wurden noch nicht informiert. Unserer Meinung nach ist es zunächst notwendig, die Suche zu verfeinern, um die Anzahl der Standorte zu reduzieren und ihre Relevanz zu analysieren. Dieser erste Schritt wurde im Rahmen der Suche nach Synergien (siehe Kap. 2.4). Je nach den ermittelten Möglichkeiten werden von Fall zu Fall Kontakte geknüpft werden.

Wir sind der Meinung, dass es kontraproduktiv wäre, zu kommunizieren, bevor wir möglichst viele Antworten zu allen Aspekten der Studie haben (Kompensationen, Auswirkungen auf den Boden...). Wir können jedoch bereits jetzt die verschiedenen Gelegenheiten nutzen, um über das laufende Projekt zu sprechen, ohne ihm bereits einen offiziellen und vor allem endgültigen Charakter zu verleihen.

Wie könnten Landwirte sensibilisiert/motiviert/bereit sein, zeitweise überflutete Flächen einzurich- ten? Welche Hemmnisse gibt es (in der Landwirtschaft, in der Verwaltung usw.)?

Verschiedene Situationen können genutzt werden, um einen idealen potenziellen Standort umzusetzen:

- Synergien mit den Bedürfnissen und gesetzlichen Verpflichtungen der ökologischen Infrastrukturen (Öl), für die die Kantone dem BAFU bis April 2024 einen ersten Entwurf vorlegen müssen. Rast- plätze für Watvögel könnten in Zukunft ein wichtiges Element der Öl sein (Feuchtgebiet).
- Synergien mit den Bedürfnissen und gesetzlichen Verpflichtungen des Gewässerraums (WRR), ins- besondere mit der Einrichtung von Zonen für extensive Landwirtschaft entlang von Wasserläufen.
- Ausgleichsmassnahmen, die im Rahmen einer Strukturverbesserung oder eines anderen landwirt- schaftlichen Projekts mit Umweltauswirkungen angestrebt werden.
- Gewährleistete Technische Machbarkeit
- Finanzieller Ausgleich in Höhe der wirtschaftlichen Verluste.
- Bestehende Feuchtgebiete, die aufgewertet werden sollen.
- Anerkennung von BFF Typ 16 in den 3.5% auf Ackerland

- Andere Synergien je nach Situation vor Ort.

Der Kanton Solothurn hat bereits BPS-Flächen des Typs 16 für den Kiebitz implementiert. In Grenchen können Wasser-/Überschwemmungsschäden in den "Blauen Flächen" ("Blauen Flächen" in der kantonalen Nutzungsplanung) gemeldet werden. Diese werden dann von einem Experten geschätzt und vom Kanton entschädigt. Im Gegenzug dürfen in diesen Flächen keine neuen Drainagen angelegt werden.

4 Schlussfolgerung

Im Rahmen dieses Projekts wurde eine Bestandsaufnahme der Kenntnisse über die Rastplätze von Watvögeln vorgenommen. Dabei wurde angestrebt:

- Gebiete zu identifizieren, die für Limikolenflächen in Frage kommen (Orbe-Ebene, Vully, Aare-Ebene usw.);
- die Auswirkungen von Überschwemmungen auf den Boden zu ermitteln (Anbaumethoden, Mineralisierung usw.);
- die Eigenschaften, die Standorte unbedingt aufweisen müssen, um funktionstüchtig zu sein, auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen hervorheben;
- Daten zu den Kosten für die Umsetzung dieser Massnahmen zu sammeln;
- Kulturen zu untersuchen, die mit der Einrichtung einer Anlaufstelle vereinbar sind;
- die Kosten bzw. die Verluste für den Landwirt zu bewerten und die Elemente zusammenzustellen, die bei der Berechnung einer angemessenen Entschädigung für die Erhaltung von Überschwemmungsflächen berücksichtigt werden müssen;
- Wege für die Schaffung einer neuen Art von BPS oder andere Mittel zum Ausgleich von Ertragsverlusten vorschlagen;
- die administrativen und technischen Hindernisse für die Einrichtung dieser Flächen aufzuzeigen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Methodik zur Identifizierung potenzieller Standorte (systematischer GIS-Ansatz) und landwirtschaftlicher Synergien (zusätzliche Inputs durch die Kantone auf der Grundlage lokaler Kenntnisse) ermittelt, die in grösserem Massstab angewendet werden kann. Die Ergebnisse dieser Suche (Auswahl von potenziellen Standorten und Standorten mit guten landwirtschaftlichen Synergien) werden ihrerseits zunächst für den internen Gebrauch der Kantone aufbewahrt. Dieses Flächeninventar wird es den kantonalen Stellen ermöglichen, je nach Gelegenheit einzutreten, um neue Rastplätze einzurichten. Es wird eine Information über die Bedeutung dieser Standorte und die Beschreibung ihrer Merkmale sowie der Finanzierungsmöglichkeiten durchgeführt. Die direkt betroffenen Eigentümer und Betreiber (potenzielle Standorte mit Synergien) werden nur bei Gelegenheit angesprochen. Mit Hilfe des systematischen GIS-Ansatzes konnten 141 potenzielle Standorte (Priorität 1) identifiziert werden: 77 Standorte im Kanton Waadt, 29 im Kanton Freiburg und 35 im Kanton Solothurn. Dank der Arbeit der Partnerkantone konnte diese Zahl, entsprechend der auf bestimmten Parzellen denkbaren landwirtschaftlichen Synergien, reduziert werden. Insgesamt wurden von den drei Kantonen 50 Standorte ausgewählt (18 Standorte für Freiburg, 22 Standorte für Solothurn und 10 Standorte für die Waadt). Die Machbarkeit eines solchen Projekts an einem inventarisierten, aber nicht in diese Auswahl aufgenommenen Standort ist keineswegs ausgeschlossen.

Aus agronomischer Sicht hat die pedologische Studie gezeigt, dass Überschwemmungen einen eher negativen Einfluss auf die Funktion eines Bodens haben, insbesondere aufgrund des Wechsels von Überschwemmungs- und Austrocknungsperioden, die die Auswaschung von Phosphorelementen begünstigen. Die Festlegung der Flutungsziele, der Flutungsdauer sowie die Auswahl der zu flutenden Parzellen sind daher besonders wichtig, um diese negativen Auswirkungen zu minimieren.

Die betreffenden Ertragsverlusten durchgeführte Forschung unterstreicht die Flexibilität, die bei den Überschwemmungszeitpunkten/-perioden erforderlich ist, um die landwirtschaftliche Nutzung einer Fläche mit ihrer vorübergehenden Bereitstellung für Naturschutzzwecke zu vereinbaren. Die Vereinbarkeit eines Rastplatzes für Limikolen mit der landwirtschaftlichen Produktion hängt von vielen Faktoren ab. Diese erste Analyse zeigt, dass mehrere Kulturen vor oder nach einer Überschwemmung denkbar sind, aber es ist schwierig, allgemeingültige Aussagen zu treffen. Es gibt kein optimales Szenario: Entweder ist ein Standort der Produktion gewidmet, dann sind es die Überschwemmungszeiten, die sich an die Aussaat- und Erntezeitpunkte anpassen müssen, oder der Standort erfüllt vorrangig eine ökologische Funktion und die Kulturen werden entsprechend der idealen Überschwemmungszeiten ausgewählt.

Idealerweise sollten Überschwemmungen von landwirtschaftlichen Flächen, die als Rastplatz für Watvögel dienen, abwechselnd auf verschiedenen Parzellen in derselben Region stattfinden können, um die Produktion so wenig wie möglich zu beeinträchtigen und das Risiko zu begrenzen.

Um verlässliche Zahlen zum Ertragsverlust zu erhalten, muss jede Situation im Detail untersucht werden. Die Überlegungen und Schätzungen, die im Rahmen dieser Studie angestellt wurden, geben eine Größenordnung an, stellen aber keinesfalls Werte dar, die unverändert übernommen werden können. Entschädigungen für Ertragsverluste könnten von den Landwirtschaftsämtern übernommen werden.

Zusätzlich zu den Ertragseinbussen oder parallel dazu sollten Flächen zur Förderung der Biodiversität eingerichtet werden. Die Schaffung einer einzigen BPS für die ganze Schweiz würde das Vorgehen stark vereinfachen und die Limikolen-Massnahmen zwischen den Kantonen homogenisieren. Die Studie hat jedoch gezeigt, dass die Beiträge für diese Art von Flächen von Fall zu Fall differenziert werden müssen.

Das Hauptziel dieser Studie ist es, eine Grundlage für die Einrichtung neuer Limikolen-Standorte zu legen. Es sollten rasch alle Gelegenheiten genutzt werden, die die Umsetzung der nächsten Standorte ermöglichen (idealerweise mindestens zwei pro Kanton: ein Standort für die Frühjahrs- und einer für die Herbstanlandung). Allerdings sind noch verschiedene Fragen offen, darunter:

- Klarstellung der Auswirkungen auf den Boden durch langfristige Überwachung;
- Validierung der Grundsätze für die Finanzierung neuer Anlaufstellen, sowohl kurzfristig (SPB Typ 16 bis 2024/2025) als auch langfristig (Agrarumweltprojekte ab 2026);
- Verfeinerung der Strategie für die Kommunikation nach aussen.

Diese Studie hat die Bedingungen für die Einrichtung von Rastplätzen in den Kantonen Waadt, Freiburg und Solothurn aufgezeigt und die Auswirkungen auf die Landwirtschaft ermittelt. Auch wenn wesentliche Punkte noch präzisiert bzw. quantifiziert werden müssen, ist dies ein erster Schritt in Richtung der Einrichtung eines Netzes von Rastplätzen für ziehende Limikolen, im Sinne der Empfehlungen der Vogelwarte [5]. Zugvögel und ihre enorme Bedeutung für die Erhaltung der Biodiversität auf kontinentaler und interkontinentaler Ebene sind in der Öffentlichkeit wenig bekannt. Mit dieser Studie kann ein Grundstein gelegt werden, um die Verantwortung unseres Landes für den Schutz der Zugvögel wahrzunehmen.

5 Bibliografie

- [1] CSD Ingénieurs, Schweizerische Vogelwarte, Nos Oiseaux, Association Escales Limicoles et Agriculture, "Site d'escale pour les limicoles aux Quatre-Vingts (Yverdon-les-Bains). Inondation automne 2021," Unveröffentlicht, Cuarny et Yvonand, 2022.
- [2] CSD Ingénieurs, Schweizerische Vogelwarte, Association Escales Limicoles et Agriculture, "Site d'escale pour les limicoles - Yverdon-les-Bains. Inondation Automne 2017," Unveröffentlicht, Yverdon-les-Bains, 2018.
- [3] CSD Ingenieure, Schweizerische Vogelwarte, Nos Oiseaux, Association Escales Limicoles et Agriculture, "Zwischenstopp-Standort für Limikolen in Les Quatre-Vingts (Yverdon-les-Bains). Kontrollierte Überflutung im Frühjahr 2019," Unveröffentlicht, Yverdon-les-Bains, 2019.
- [4] CSD Ingenieure, Schweizerische Vogelwarte, Nos Oiseaux, Association Escales Limicoles et Agriculture, "Zwischenstopp-Standort für Limikolen in Quatre-Vingts (Yverdon-les-Bains). Inondation automne 2020," Unveröffentlicht, Yverdon-les-Bains, 2021.
- [5] Schmid H., Leuenberger M., Schifferli L. & S. Birrer (1992). Rast von Limikolen mit Zwischenstopp in der Schweiz. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- [6] Livezey, K. B., Fernández-Juricic, E. & D. T. Blumstein (2016). Database of Bird Flight Initiation Distances to Assist in Estimating Effects from Human Disturbance and Delineating Buffer Areas. Journal of Fish and Wildlife Management 7: 181-191.
- [7] R. Bienz, "Evolution of a worked torfigen Boden, der einer kontrollierten saisonalen Überflutung ausgesetzt ist," (Unveröffentlicht) École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, 2018.
- [8] ECOTEC Environnement SA, "Rapport de suivi - Suivi pédologique d'une inondation saisonnière contrôlée sur un sol tourbeux travaillé - Projet Escales Limicoles et Agriculture," Unveröffentlicht, Genf, 2020.
- [9] Geologischer Atlas der Schweiz: Yverdon-les-Bains (NK 1203), 2009.
- [10] AFES, Référentiel pédologique français 2008, Paris, Quae, 2009.
- [11] J.-M. Gobat und C. Guenat, Böden und Landschaften. Bodentypen, Funktionen und Nutzungen in Mitteleuropa. Lausanne, 2019.
- [12] BAFU, "Bodenstrategie Schweiz für ein nachhaltiges Bodenmanagement," Schweizerischer Bundesrat - Umweltinfo, Bern, 2020.
- [13] Ö. Berglund und K. Berglund, "Influence of water table level and soil properties on emissions of greenhouse gases from cultivated peat soil," Soil Biology and Biochemistry, vol. V, No. 143, pp. 923-931, 2011.
- [14] B. Kløve, T. Sveistrup und A. Hauge, "Leaching of nutrients and emission of greenhouse gases from peatland cultivation at Bodin, Northern Norway," Geoderma, vol. III, n°1154, pp. 219-232, 2010.
- [15] Pressemitteilung des Bundesrates. Bern, 29.03.2023 - Den organischen Kohlenstoff in den Böden erhalten, um die CO2-Emissionen zu begrenzen. und die Qualität der Böden zu erhalten. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sol/communiques.msg-id-94002.html>.
- [16] Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats 19.3639 Bourgeois vom 18. Juni 2019. Kohlenstoffsequestrierung durch den Boden <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/76408.pdf>.
- [17] G. T. Swindles, P. J. Morris, D. J. Mullan, R. J. Payne, T. P. Roland, M. J. Amesbury, M. Lamentowicz, T. E. Turner, A. Gallego-Sala, T. Sim, I. D. Barr, M. Blaauw, A. Blundell, F. M. Chambers, D. J. Charman, A. Feurdean, J. M. Galloway, M. Galka, S. M. Green, K. Kajukalo, E. Karofeld, A. Korhola, L. Lamentowicz, P. Langdon, K. Marcisz, D. Mauquoy, Y. A. Mazei, M. M. McKeown, E. A. Mitchell, E. Novenko, G. Plunkett, H. M. Roe, K. Schoning, Ü. Sillaso, A. N. Tsyganov, M. van der Linden, M. Välimäki und B. Warner, "Widespread drying of European peatlands in recent centuries," nature geoscience, vol. 12, pp. 922-928, 2019.
- [18] BAFU, "Portrait: 2015, das Jahr des Moorböden". Bundesamt für Umwelt, 20. Mai 2015. [Online]. Available: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themen/boden/boden--dossiers/portraet-im-jahr-des-moorbodens.html>. [Zugriff am 28. Dezember 2018].
- [19] H. Baumgartner, "Von der Erde zur Erde" Magazin Environnement, Nr. 14, S. 21-26, 2017.
- [20] L. Norberg, Ö. Berglund und K. Berglund, "Seasonal CO2 emission under different cropping systems on Histosols in southern Sweden," Geoderma Regional, vol. III, Nr. 17, S. 338-345, 2016.
- [21] E. Grand-Clement, K. Anderson, D. Smith, M. Angus, D. Luscombe, N. Gatis und R. Brazier, "New approaches to the restoration of shallow marginal peatlands," Journal of Environmental Management, Nr. 1161, S. 417-430, 2015.
- [22] S. Kareksela, T. Haapalehto, R. Juutinen, R. Matilainen, T. Tahvanainen und J. Kotiaho, "Fighting carbon loss of degraded peatlands by jump-starting ecosystem functioning with ecological restoration," Science of the Total Environment, n° 1537, pp. 268-276, 2015.
- [23] BAFU, "Schweizer Böden. Zustand und Entwicklung" BAFU - Umweltzustand Nr. 1721, Bern, 2017.

- [24] S. Pro Agricultura, "Ergebnisse BOVE". [Online]. Verfügbar unter: <https://proagricultura.ch/projekte/laufende-projekte/ergebnisse-bove/> .
- [25] Y. Wen et al., "Raising the groundwater table in the non-growing season can reduce greenhouse gas emissions and maintain crop productivity in cultivated fen peats", J. Clean. Prod., vol. 262, p. 121179, 2020.
- [26] A. Gramlich, Y. Fabian, and K. Jacot, "Ökologischer Nassreis-Anbau auf vernässenden Ackerflächen in der Schweiz", Agridea, Nr. 3804, 2021.
- [27] J. Leifeld, D. Vogel, and D. Bretscher, "Treibhausgasemissionen entwässerter Böden", Agroscope Sci., Nr. 74, 2019.
- [28] ProfitCost Gemüse, Vollkosten und Deckungsbeiträge für den Anbau von Gemüse. Ausgabe 2018. Arbeitsgruppe Betriebswirtschaft VSGP (208 S.).

6 Anhänge

Annexe A Tabelle der Entschädigungen und Buchungen zwischen Landwirtschaft und Watvogelgebieten

ANHANG A

Tabelle der Kompensation und Kompatibilität zwischen Landwirtschaft und Limikolenstandorten

		Entschädigung CHF/Ar		Sämling	Ernte	Zeitraum von Kultur günstig	Kompatibel mit Flut		Bemerkungen
	Kulturart	PRO,	(IPS)				Frühling	Herbst	
Getreide	Herbstgetreide	53.-	54.-	Ende September-November	Juli-August		✗	✓	
	Frühlinggetreide	52.-	53.-	Ende Februar	Juli-August		✗	✓	
Ölsaaten	Raps	44.-	44.-	Ende August	Ende Juni-Juli		✗	✗	
	Sonnenblume	32.-		Ende März	Oktober		✗	✗	lange Vegetationsperiode bis zur Reife
Proteinpflanzen	Soja	18.-		Anfang Mai	Ende September		✓	✗	die Aussaat verzögern oder Überschwemmungen verkürzen
	Eiweißpflanzen im Herbst (Ackerbohne, Erbse)	16.-		Ende September	Anfang August		✗	✗	
Mais	Eiweißpflanzen im Frühling			Ende Februar	Ende August		✓	✓	Aussaat verzögern = Dürregefahr zur Blütezeit; maximal 15 %
	Getreidemas	36.-		Ende April	Oktober-November		✗	✗	Summe der Temperaturen für die Reife
Hackfrüchte	Maisilage	43.-		Ende April bis Juni (2. Ernte)	ab September		✓	✓	
	Mais grün	18.-		Ende April-Juni	ab August		✓	✓	
Tabak	Futterrüben	80.-		Ende März	Oktober-November		✗	✗	
	Zuckerrüben	57.-		Ende März	Oktober-November		✗	✗	
Grasland <600 msm *	Frühe Kartoffeln			Februar-Ende Juli	Juni		✗	✓	
	Verbrauchspreis			April	September-Juni		✗	✗	
Zwischenfruchtanbau von Futterpflanzen	Kartoffeln-Industrie	144.-		April	Oktober		✗	✗	
	Kartoffeln-Pflanzen			Anfang April	Juli		✗	✓	
Gemüsebau	Tabak	473.-		Mai	von Juli - August (je nach Sorte September)		✓	2	entlüften, wenn die Überschwemmungen im Frühjahr kürzer werden; sehr empfindlich gegenüber Setzungen und stehendem Wasser; Produktion nur im Auftrag
	Intensive Wiese	42.-							
Erbsen zum Schlagen	Mittelintensive Wiese	32.-							
	Weinig intensiv Wiese	19.-							
Blumenkohl	Extensiv Wiese	9.-							
	Herbstmähd	10.-							
Spinat	Frühjahrsmähd	13.-							
	Bohnenmaschinen	48.-		Mai-Juli	Juli-September		✓		Nur wenn sie gut getrocknet sind, vertragen Hülsenfrüchte nicht zu viel Wasser
Blumenkohl	Erbse zum Schlagen	48.-		Anfang März-Mitte Mai	Anfang Juni-Anfang August	April-August	✓	2	keine Fläche im Kanton Freiburg
	Spinat	53.-		März-September	September-Juni		✓	2	Spinat wird das ganze Jahr über gesät. Kulturdauer: 6 - 8 Wochen. Der Boden muss vor der Aussaat trocknen können > wahrscheinlich besser im Frühjahr überfluten > trocknen lassen und im Herbst säen
Blumenkohl	Sauerkrautkohl	302.-		Ende Mai - Anfang Juni	November		✓	3	Anfang Oktober-Anfang
	Weisser und grüner Spargel	434.-		Mitte März - Mitte April	April - Juni		✗	✗	Mehrjährige Kultur > Überschwemmungen ausgeschlossen
Blumenkohl	Salatrüben	352.-		Mitte April - Mitte Juni	Mitte August-Mitte November		✓	2	Bei später Aussaat könnte ein Frühjahrshochwasser möglich sein
	Blumenkohl	403.-		Mitte Februar - Mitte Juli	Mitte Mai - Anfang November		✓	✓	wird jede Woche gepflanzt
Blumenkohl	Brokkoli	432.-		Mitte Februar - Mitte Juli	Mitte Mai - Anfang November		✓	3	wird jede Woche gepflanzt
	Apfelsellerie	380.-		Mitte Mai - Anfang Juni	September - November		✓	1	
Blumenkohl	Kopfkohl	17.- 453		März-Anfang Juni	Mai-November		✗	1	
	Chinakohl			Mitte März-Mitte August	Mitte Mai-Anfang November		✓	✓	Kulturdauer 60-70 Tage
Blumenkohl	Lauch			Februar-Ende Juli	April-Dezember		✓	3	Kulturdauer 100 bis 150 Tage
	Winterzwiebeln gesät			Mitte August-Mitte September	Mitte Juni bis Ende Juli		✗	✓	
Blumenkohl	Sommerzwiebeln gesät	275.-		März-Mitte April	Mitte Juli-Oktober		✗	1	
	Karotten	192.-		März bis Juni	Juli bis November		✓		
Blumenkohl	Rhabarber			Frühling und Herbst	April - Juni		✗	1	Mehrjährige Kultur > Überschwemmungen ausgeschlossen
	Salat			Anfang März bis Ende August	Ende April - Anfang November		✓	✓	jede Woche gepflanzt
Blumenkohl	Kürbisse			Mai	Mitte August-Anfang Oktober		✓	2	
	Melone			Anfang Mai-Mitte Juni	Ende Juli-Anfang September		✓	1	entlüften, wenn die Überschwemmungen im Frühjahr kürzer werden

Hoher Ertrag berücksichtigt

* Laut USP Agriexpert – Wildschweinschaden-Ausgabe 2022

* * Landsberger-Mischung, Wicke-Hafer-Mischung, Standardmischungen, Futterrüben, Grünroggen usw.

unmöglich	✗
möglich, je nach Bedingungen	✓
möglich, ohne Einschränkungen	✓