

Diplomarbeit

Moore als Klimaschützer

"Potenziale und Herausforderungen der Moorschutz- und Renaturierungsstrategien in der Schweiz"

Rico Moritz

Diplomdozent: Giovanni Danielli

Klasse: S-TEU22-Do-w-z

Studiengang: Dipl. Energie- und Umwelttechniker HF

Schule: Teko Basel

Abgabedatum: 02.10.2025

1. Abstract

Moore sind zentrale, aber oft unterschätzte Akteure im Klimaschutz. Obwohl sie nur 0,7 % der Schweizer Landesfläche ausmachen, speichern sie enorme Mengen an Kohlenstoff und könnten eine wichtige Rolle bei der Reduktion nationaler CO₂-Emissionen übernehmen. Gleichzeitig sind Moore auch global von höchster Relevanz: Sie bedecken lediglich rund drei Prozent der weltweiten Landfläche, binden jedoch fast ein Drittel des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs. Damit sind sie eine der effektivsten natürlichen Klimasenken überhaupt und besitzen eine Bedeutung, die weit über die Schweiz hinausgeht. Der Schutz und die Wiederherstellung von Mooren sind somit ein zentrales Element für die Erreichung der internationalen Klimaziele.

Ziel dieser Diplomarbeit war es, die Rolle der Moore in der Schweiz als Klimaschützer zu analysieren. Drei Kernfragen standen dabei im Fokus:

1. Wie gross ist das CO₂-Speicherpotenzial der Schweizer Moore?
2. Welche Renaturierungsstrategien sind ökologisch, ökonomisch und praktisch am geeignetsten?
3. Welche Handlungsempfehlungen ergeben sich für Politik, Verwaltung und Praxis?

Die Analyse zeigt: Intakte Moore sind über Jahrzehnte stabile CO₂-Senken, während entwässerte Flächen erhebliche Emissionen verursachen. Eine vollständige Renaturierung aller Moorflächen in der Schweiz könnte rund 1 % der jährlichen CO₂-Emissionen einsparen. Das Potenzial ist damit zwar quantitativ begrenzt, aber qualitativ hochwirksam und zugleich ökologisch unverzichtbar. Übertragen auf die weltweite Ebene wird deutlich, dass ein wirksamer Moorschutz eine erhebliche Rolle im globalen Klimaschutz einnehmen kann.

Im Variantenvergleich erweist sich die klassische Wiedervernässung als ökologisch wirksamste Massnahme. Ergänzend kann Paludikultur eine ökonomische Perspektive für Landwirte schaffen, während CO₂-Zertifikate zusätzliche Finanzierungsoptionen eröffnen. Kostenvergleiche zeigen, dass die Vermeidungskosten mit 120–468 CHF/t CO₂ im Bereich der Schweizer CO₂-Abgabe liegen. Damit wird deutlich, dass Moorenaturierung nicht nur ökologisch notwendig, sondern auch ökonomisch vertretbar ist. Besonders wichtig ist die Entwicklung tragfähiger Finanzierungsmodelle und klarer

rechtlicher Rahmenbedingungen.

Ein besonderer Fokus dieser Arbeit liegt auf ersten praktischen Ansätzen: Anhand von Fallstudien, Berechnungen und technischen Konzepten (z. B. Monitoring mittels Sensorik, Fernerkundung und „Digital Twins“) werden konkrete Wege aufgezeigt, wie Renaturierungsprojekte umgesetzt und überprüft werden können. Diese praxisorientierten Methoden unterstützen nicht nur die wissenschaftliche Analyse, sondern bieten auch Entscheidungsträgern eine Grundlage für die Umsetzung. So wird sichtbar, dass Renaturierung nicht nur ein theoretisches Konzept, sondern eine machbare und überprüfbare Klimaschutzstrategie ist.

Gesamtfazit: Die Arbeit leistet einen praxisorientierten Beitrag zur Frage, wie Moore von einem Randthema zu einem integralen Bestandteil der Schweizer und internationalen Klimastrategie werden können. Sie verdeutlicht die doppelte Dimension: Einerseits die globale Bedeutung der Moore als einzigartige Kohlenstoffspeicher, andererseits die Notwendigkeit, auf nationaler Ebene konkrete, finanzierbare und gesellschaftlich akzeptierte Lösungen umzusetzen.

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract	II
2. Zieldefinition und Abgrenzung	1
2.1. Einleitung	1
3. Definition und Entstehung von Mooren	3
3.1. Was ist ein Moor	3
3.2. Was ist Torf?	5
3.3. Wie entstehen Moore	5
3.4. Moortypen	6
3.5. Flachmoore	7
3.5.1. Verlandungsmoor	7
3.5.2. Überflutungsmoore	8
3.5.3. Durchströmungsmoor	9
3.5.4. Hangmoor	10
3.5.5. Versumpfungsmoor	10
3.5.6. Quellmoor	11
3.5.7. Überrieselungsmoor	11
3.5.8. Kesselmoor	12
3.5.9. Salzauslaugungs- und Erdfallmoor	12
3.6. Sondertypen	13
3.6.1. Kondenswassermoore	13
3.6.2. Tropische Waldmoore	13
3.6.3. Hartpolstermoore	14
3.6.4. Frostgeprägte Moore	14
3.7. Hochmoore	16
3.8. Übergangsmoore	16
3.9. Vergleich Einteilung	17
4. Situation Schweiz	19
4.1. Organische Böden	21
4.2. Extensiv genutzte Flachmoore	21
4.3. Ungenutzte Hochmoore	22
4.4. Verteilung in der Schweiz	23
4.5. Rothenthurm-Initiative	25
4.6. Projekt Sous-Martel-Derbier	27

4.7. Bezug zur Kernfrage 1	30
5. CO2 Speicherpotential	31
5.1. Ermittlung Treibhausgase	34
5.1.1. Direkte Gasmessung	34
5.1.2. Treibhausgas-Emissions-Standort-Typen	36
5.1.3. Modellierungen	37
5.1.4. Torfschwund	37
5.1.5. Wasserstand	37
5.1.6. Semi-quantitativer Ansatz	37
5.2. Potential	38
5.3. Bezug zur Kernfrage 1	38
6. Schutz- und Renaturierungsmassnahmen	39
6.1. Warum renaturieren?	39
6.2. Möglichkeiten	40
6.3. Espace Marais	40
6.4. Schutzmassnahmen	41
6.4.1. Kleinräumige Besucherlenkung	41
6.4.2. Grossräumige Besucherlenkung	43
6.5. Ausgleich	43
6.6. Wiedervernässung	44
6.6.1. Kosten	44
6.6.2. Massnahmen	45
6.7. Konzept Wiedervernässung	48
6.8. Massnahmekatalog	50
6.9. Aufgaben der Moore	53
6.10. Wichtigkeit der Pufferzonen	54
6.11. Nutzung von Mooren	55
6.11.1. Rohstofflieferant	55
6.11.2. Voraussetzungen	56
6.11.3. Produkte	57
6.11.4. Rohstoffe	58
6.11.5. Nahrungsmittel	59
6.11.6. Kleidung	59
6.11.7. Dämmstoffe	60
6.11.8. Papier	60
6.11.9. Tierhaltung	61
6.11.10 Erholung	62
6.11.11 Katastrophenschutz	62

6.12. Variantenvergleich	63
6.13. Berechnungen	64
6.13.1. Moor Sous-Martel-Derbier	64
6.13.2. Einnahme Möglichkeiten	66
6.13.3. Theoretisches Potenzial Schweiz	68
6.14. Bezug zu Kernfrage 2	68
7. Monitoring	69
7.1. Infrastruktur	69
7.2. Visualisierung	71
7.3. Bildgebendes Monitoring	71
7.4. Sensorik	72
7.4.1. Wetterdaten	74
7.4.2. Strahlung	76
7.4.3. Gase	76
7.4.4. Wasserstand	77
7.5. Digital Twin	78
7.5.1. Erstellen eines Digital Twin	78
7.5.2. Vorteile	78
7.5.3. Herausforderungen	79
7.5.4. Nutzen	79
7.5.5. Vergleich zu anderen Twins	79
7.6. Bezug zu Kernfrage 3	80
8. Beantwortung der Kernfragen	81
9. Fazit	82
10. Schlusswort	83
10.1. Danksagung	84
Glossar	85
Quellenverzeichnis	88
Bücher	88
Berichte	88
Studien	90
Webseiten	90
Sonstiges	94
Gesetze und Verordnungen	95

Abbildungsverzeichnis	96
Tabellenverzeichnis	98
A. Anhang	99
A.1. Kommunikationsplan	99
A.2. Terminplan	100
A.3. Pflichtenheft	101
A.4. Entscheide	101
A.5. PSP	102
B. Eigenständigkeitserklärung	103

2. Zieldefinition und Abgrenzung

2.1 Einleitung

Die Folgen des Klimawandels stellen die Schweiz vor grosse Herausforderungen. Während Massnahmen im Energie- und Verkehrssektor im Zentrum der Klimapolitik stehen, rücken Ökosysteme wie Moore erst allmählich in den Fokus. Dabei sind sie hocheffiziente Kohlenstoffspeicher: Auf nur 3 % der weltweiten Landfläche lagern sie fast ein Drittel des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs. In der Schweiz sind jedoch 90 % der ursprünglichen Moorflächen verloren gegangen, und die verbleibenden Flächen verschlechtern sich trotz gesetzlichem Schutz weiter.

Ziel dieser Arbeit ist es, das CO₂-Speicherpotenzial der Schweizer Moore systematisch zu bewerten, Renaturierungsstrategien zu analysieren und Handlungsempfehlungen für die Integration in die nationale Klimastrategie abzuleiten. Dabei werden neben ökologischen auch ökonomische, technische und gesellschaftliche Aspekte berücksichtigt.

Abgrenzung

Geografisch:

Der Untersuchungsrahmen beschränkt sich auf die Schweiz. Internationale Beispiele und Literatur werden nur herangezogen, um den Kontext einzuordnen und Vergleichswerte für die nationale Situation abzuleiten.

Thematisch:

Im Fokus steht die klimapolitische Bedeutung der Moore als CO₂-Speicher. Aspekte wie Biodiversität, Landschaftsästhetik oder Gewässerschutz werden berücksichtigt, sind jedoch nicht Schwerpunkt. Wirtschaftliche Instrumente wie Paludikultur oder CO₂-Zertifikate werden behandelt, allerdings ausschliesslich in Bezug auf ihre Klimawirkung und Finanzierungsrelevanz, nicht in detaillierten Markt- oder Politikstrategien.

Methodisch:

Die Arbeit stützt sich auf eine umfassende Literaturrecherche, Fallstudien (u. a. Sous-Martel-Derbier) sowie eigene Berechnungen zum CO₂-Potenzial und zu den Kosten. Ergänzend werden erste praxisorientierte Ansätze aufgezeigt, etwa der Einsatz von Sensorik, Fernerkundung und „Digital Twins“ für das Monitoring

von Renaturierungsprojekten. Eine vollständige Rechtsanalyse oder agrarpolitische Detailuntersuchung erfolgt nicht.

Zeitlich:

Analysiert werden aktuelle und mittelfristige Handlungsoptionen im Rahmen der Schweizer Klimaziele. Langfristige Entwicklungen wie Torfbildung über Jahrhunderte oder Szenarien über 2050 hinaus werden nicht vertieft betrachtet.

3. Definition und Entstehung von Mooren

3.1 Was ist ein Moor

„Sie sind faszinierende Ökosysteme, deren Entwicklung untrennbar mit Wasser verknüpft ist.“[3]

Das Zitat beschreibt Moore treffend: Es sind höchst spannende Ökosysteme (vernetzte Gemeinschaften aus Lebewesen und ihrer unbelebten Umwelt), die unscheinbar wirken, aber eine hohe ökologische Bedeutung besitzen. Die Pflanzen und Tiere, die darin ihr Zuhause gefunden haben, sind teilweise sonst nirgends zu finden und sind optimal an dieses Ökosystem angepasst. Wasser ist die Quelle des Lebens, dies verdeutlicht die zentrale Bedeutung der Moore, ihre Rolle im Wasserhaushalt der Welt ist enorm.

Moore sind dauernd nasse Feuchtgebiete. Feuchtgebiete sind Gebiete, die zwischen trockenen und dauernassen Ökosystemen liegen.[22] Die typische Vegetation besteht hauptsächlich aus Moosen, Gräsern und Zwergsträuchern. Die Böden sind aufgrund der nicht vollständigen Zersetzung von Biomasse nährstoffarm und meistens sauer. Moore unterscheiden sich von anderen Biomen (grossräumige Lebensgemeinschaften ähnlichen Klimas) hauptsächlich durch den hohen Wasserstand und stark schwankende Temperaturunterschiede an der Oberfläche.

Es lassen sich unterschiedliche Definitionen finden: Je nachdem, ob man ein Moor als Landschaftsbegriff oder geologisch definiert, unterscheiden sich diese. Als Landschaftsbegriff ist ein Moor ein Gebiet, das von Moorböden eingenommen wird. Geologisch gesehen sind Moore Bildungen an der Erdoberfläche, die mittels Pflanzen und deren Zersetzung entstanden sind, sie sind eine Massenanhäufung von kohlenstoffreichen Zersetzungsprodukten aus grösstenteils Pflanzen. [3], [23]

Die Bodenkunde definiert ein Moor wie folgt: Moore sind Böden, die überwiegend aus Torf (teilweise zersetztes, wassergetränktes Pflanzenmaterial) bestehen mindestens 30 % organischer Substanz und mindestens 30 cm Mächtigkeit (Dicke eines Schichtpakets). Sie entstehen dadurch, dass in ständig nassem Milieu Pflanzenreste unvollständig zersetzt werden und sich dadurch schichtweise neuer Torf bildet. Dadurch ist das Ausgangsmaterial gleichzeitig das Produkt der Bodenbildung, etwas Einzigartiges

in der Bodenkunde. Für die Einordnung als Moorboden sind die obersten Torfschichten von mindestens 30 cm entscheidend. Liegen dünnere Torfschichten oder mineralische Überdeckungen vor, werden die Böden anderen Typen zugeordnet. [24]

Moore sind auf der ganzen Welt zu finden, mit Ausnahme der Antarktis.

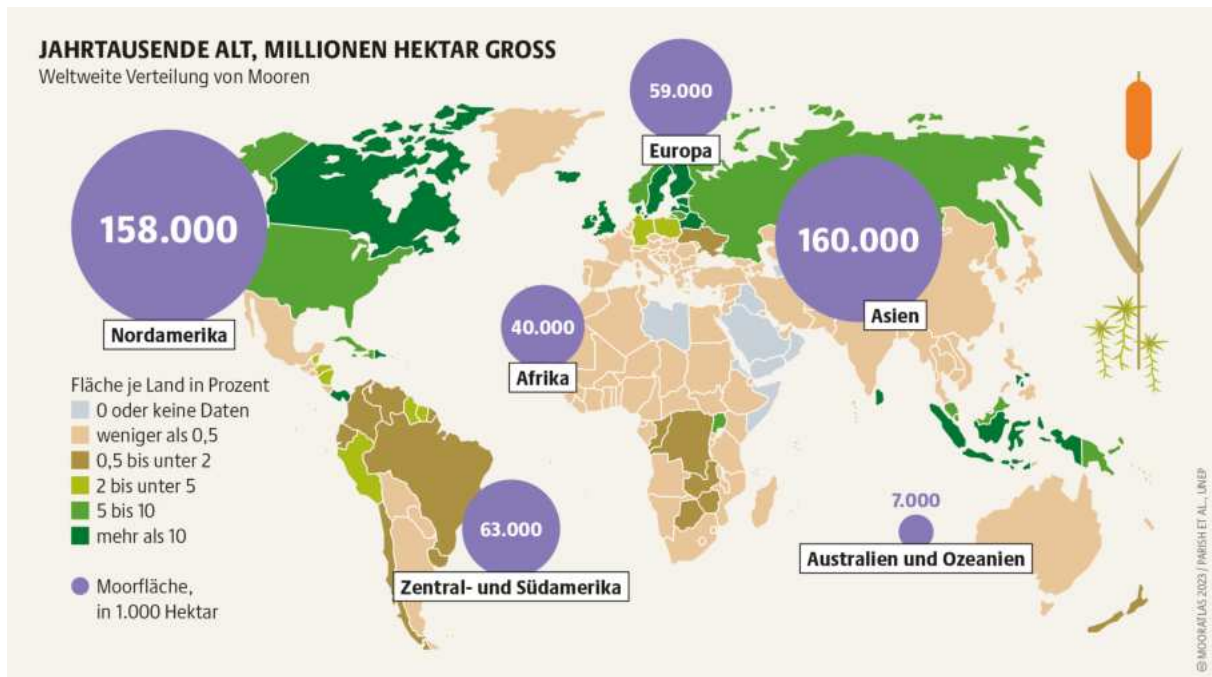


Abbildung 3.1.: Moortypen. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, Eimermacher/STOCK-MAR+WALTER Kommunikationsdesign, CC BY 4.0

Wie in Abbildung 3.1 ersichtlich, verdeutlicht die Karte, dass die grössten Moorflächen in Nordamerika und Asien liegen. Obwohl die Schweiz flächenmässig nur einen Bruchteil ausmacht, ist der relative Verlust hier besonders gravierend. Dies zeigt, dass Moorschutz ein globales wie auch ein nationales Thema ist. Die Fläche der weltweiten Moore wird auf 500 Millionen Hektar geschätzt, das entspricht etwa dem 121-fachen der Fläche der Schweiz.[3]

3.2 Was ist Torf?

In der Arbeit kommt immer wieder der Begriff Torf vor, aber was ist das überhaupt?

Torf entsteht in Mooren, wenn abgestorbene Pflanzen im Wasser liegen und wegen Sauerstoffmangels nur sehr langsam verrotten. Dabei bilden sich über Jahrtausende dicke Schichten, die noch Pflanzenreste enthalten können oder zu dunkler, humusartiger Masse geworden sind. Der Zuwachs ist extrem langsam, im Schnitt nur etwa 1 Millimeter pro Jahr. Intakte Moore mit ihren Torfschichten sind riesige Kohlenstoffspeicher und für den Klimaschutz wichtiger als Wälder: Schon 15 Zentimeter Torf binden so viel Kohlenstoff wie ein hundertjähriger Wald auf derselben Fläche. Werden Moore jedoch entwässert, zerfällt der Torf, und es entweichen grosse Mengen CO₂ (Kohlendioxid) und andere Treibhausgase, was die Erderwärmung verstärkt. Auch natürliche oder durch Menschen verursachte Torfbrände setzen enorme Mengen an Rauch und Kohlendioxid frei. Sie können monatelang im Untergrund weiterglimmen und sind nur schwer zu löschen. Früher diente Torf häufig als Brennstoff, heute wird er vor allem im Gartenbau verwendet. Da die Entstehung so langsam ist, gilt er als praktisch nicht erneuerbar. Allein in Deutschland wurden 2019 rund 4,7 Millionen Kubikmeter Torf abgebaut und eine ähnlich grosse Menge importiert. Der Abbau zerstört Moore dauerhaft, weil dafür Flächen entwässert werden müssen. Um Moore zu schützen, soll Torf im privaten Gartenbau bis 2026 und im Erwerbsgartenbau bis 2030 ersetzt werden. Alternativen sind zum Beispiel Kompost sowie Holz- oder Rindenfasern. Sie können Böden verbessern, ohne die empfindlichen Moorlandschaften weiter zu schädigen. Fazit: Moore sind einzigartige Lebensräume und entscheidend für den Klimaschutz. Ihr Schutz und die Abkehr vom Torfabbau sind wichtige Schritte, um Kohlenstoffspeicher zu bewahren und zusätzliche Emissionen zu vermeiden.

[25]

3.3 Wie entstehen Moore

Die ersten Moore haben sich in Mitteleuropa vor ca. 13 000 Jahren zu bilden begonnen, es handelte sich dabei um Flachmoore, Hochmoore entstehen über lange Zeit aus Flachmooren. [23], [26]

Torfmoose (Gattung *Sphagnum*, besonders wasserhaltende Moose) sind Pflanzen, die sich exakt an die Bedingungen in Mooren angepasst haben. Sie können bis zum 30-Fachen ihrer Trockenmasse an Wasser speichern und sind dadurch massgeblich an der Torfbildung beteiligt.[27]

3.4 Moortypen

Moore sind in zwei verschiedene Haupttypen zu unterteilen: Hoch- und Flach- bzw. Niedermoore, die sich jeweils in Subgruppen gliedern lassen. Dazu gibt es noch die Übergangsmoore, die keinen eigenen Typ darstellen, aber Eigenschaften sowohl der Hoch- als auch der Flachmoore haben, da sie, wie der Name sagt, den Übergang zwischen beiden bilden. [23]



Abbildung 3.2.: Moortypen. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, Eimermacher/-STOCKMAR+WALTER Kommunikationsdesign (M), CC BY 4.0

In Abbildung 3.2 kann man den Unterschied von Hoch- zu Niedermooeren gut erkennen. Das Hochmoor ist klar ersichtlich aufgetürmt, wohingegen das Niedermoor flach ist und mit einem Wasserlauf gespeist wird.

Die folgenden Moore wurden nach ihrem hydrogentischen-Typ (hydrogenetischer Typ, Einteilung nach Wasserhaushalt und Entstehungsprozessen) eingeteilt.[28]

3.5 Flachmoore

Flachmoore entstehen in Senken und Mulden. Sie werden mit Oberflächen- und Grundwasser versorgt. Da sie stetig mit gelösten Mineralien gespeist werden, sind sie deutlich nährstoffreicher und basischer. Die Vegetation unterscheidet sich stark von derjenigen der Hochmoore: Sie besteht hauptsächlich aus Seggen- und Röhrichtarten, weist teilweise aber auch Baum- und Strauchbestände auf, unter bestimmten Bedingungen können sogar Bruchwälder (sumpfige, dauerhaft vernässte Wälder) entstehen.

Flachmoore werden je nach ihrer Entstehung in unterschiedliche Typen eingeteilt. [27]–[29]

3.5.1 Verlandungsmoor

Verlandungsmoore entstehen durch das allmähliche Zuwachsen und Verlanden von Stillgewässern, bei unvollständiger Verlandung (Verfüllen eines Gewässers durch Sedimente und Bewuchs) bleibt oft ein Restsee erhalten. Sie sind durch mächtige Seeablagerungen unter dünneren Torfschichten gekennzeichnet und können von sehr kleinen bis zu hunderte Hektar grossen Flächen umfassen. In Deutschland sind sie weit verbreitet, besonders in Jungpleistozänen (jüngster Abschnitt der Eiszeit, circa letzte 115000–11700 Jahre) Landschaften mit vielen Seen und Senken, sie treten aber auch in Flusstälern oder in Verbindung mit Versumpfungs- und Auenüberflutungsmooren auf.[30]



Abbildung 3.3.: Verlandungsmoor. [31]

3.5.2 Überflutungsmoore

Überflutungsmoore werden in zwei Unterkategorien unterteilt. Sie unterscheiden sich dadurch, ob sie aus einer Auenlandschaft (überflutungsgeprägter Bereich entlang von Flüssen) oder einem Küstengebiet entstanden sind.

Das Wattenmeer ist kein Moor, jedoch ebenfalls eine Art Feuchtgebiet. Im Gegensatz zu Mooren enthalten die Watten kaum Biomasse, sie entstehen durch Verschiebung von Sedimenten durch Ebbe und Flut zweimal am Tag. Die Böden sind durch das Meerwasser stark salzhaltig und enthalten kaum Vegetation. [32]

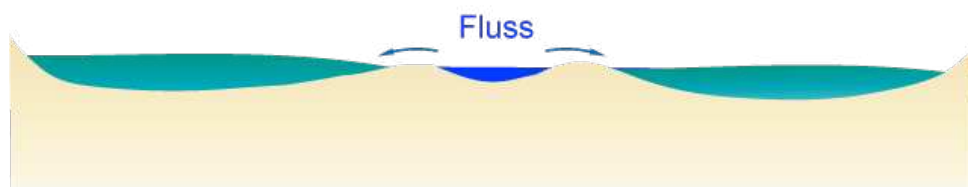


Abbildung 3.4.: Überflutungsmoor. [31]

Küstenüberflutungsmoor

Küstenüberflutungsmoore sind Niedermoore, die durch marine Überschwemmungen oder Rückstau von Küstengewässern entstehen. Sie sind geprägt von Sand- und Schlickablagerungen sowie mineralreichen, stark zersetzten Torfen, die durch wechselnde Überflutungen mit Salz- oder Brackwasser (Mischung aus Süß- und Salzwasser) gebildet werden. In Deutschland unterscheidet man zwischen Nordsee- (gezeitenbeeinflusst, Marschgebiete (jung aufgeschwemmte Küstenebenen)) und Ostseeraum (meerspiegelbedingt). Heute sind diese Moore durch Eindeichungen fast überall verschwunden.[33]

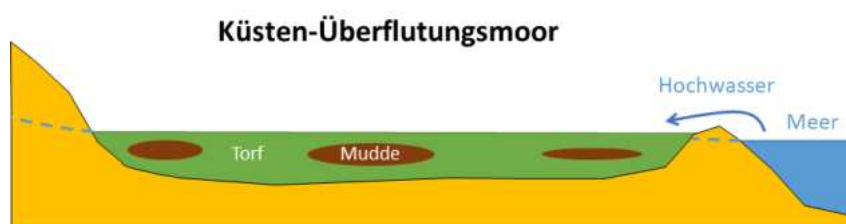


Abbildung 3.5.: Küstenüberflutungsmoor. [34]

Auenüberflutungsmoor

Auenüberflutungsmoore entstehen an den Mittel- und Unterläufen grosser Flüsse mit geringem Gefälle. Periodische Überflutungen führen zu einer Wechsellagerung von Torf und mineralischen Sedimenten, wodurch meist stark zersetzte, nährstoffreiche Torfe entstehen, die mehrere Meter mächtig sein können. Ihre Abgrenzung zu Küstenüberflutungsmooren ist oft unscharf, da Meerwasser bei Hochwasser weit in Flussmündungen eindringen kann. In der Schweiz sind Auenüberflutungsmoore stark zurückgegangen, jedoch seit 1992 durch das Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung geschützt, Renaturierungsprojekte (z. B. an der Alten Aare, an der Thur oder im Reusstal) tragen dort zur Erhaltung und Neuentwicklung dieser Lebensräume bei. [35], [36]

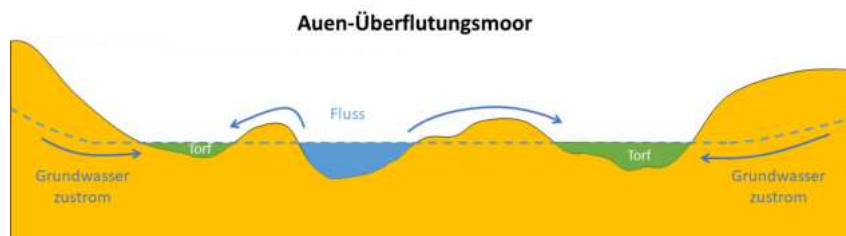


Abbildung 3.6.: Auenüberflutungsmoor. [34]

3.5.3 Durchströmungsmoor

Durchströmungsmoore entstehen in Tälern mit hohem und gleichmässigem Grundwasserangebot, wo Quell- oder Hangwasser ständig durch den Moorkörper strömt. Sie besitzen mehrere Meter mächtige, wenig zersetzte Torfschichten und sind der dominierende Moortyp der Jungmoränenlandschaften (jung geformte, von Gletschern geprägte Landschaften). Man unterscheidet Flusstal-, Rand- und Nischenmoore. Als sekundäre Moore wachsen sie oft auf Verlandungs- oder Hangmooren auf und zählen zu den «geneigten» Mooren. Viele wurden durch Entwässerung stark verändert, sodass ihre Torfbildung heute nur eingeschränkt fortbesteht. [37]



Abbildung 3.7.: Durchströmungsmoor. [34]

3.5.4 Hangmoor

Hangmoore entstehen an geneigten Lagen durch ständig zufließendes Hangwasser über einem versickerungsgehemmten Untergrund. Sie sind vor allem in Mittelgebirgen und Altmoränenlandschaften (ältere, glazial geprägte Landschaften) verbreitet, oft als Folge mittelalterlicher Rodungen, die die Verdunstung verringerten und die Moorbildung begünstigten. Charakteristisch sind flachmächtige, stark zersetzte Torfe (< 1 m) sowie eine hangabwärtsgerichtete zunehmende Nährstoffverarmung. Sie unterscheiden sich einerseits von den Versumpfungsmooren durch die Hangneigung, andererseits durch ihre eigenständige Wasserzufuhr von den Überrieselungsmooren.[38]

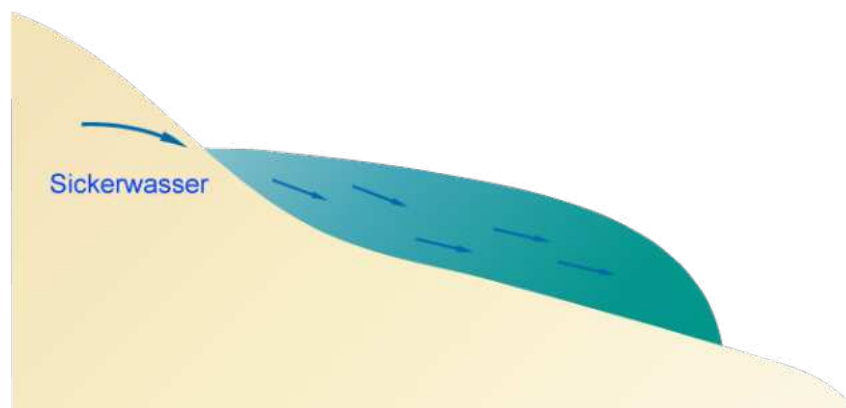


Abbildung 3.8.: Hangmoor. [31]

3.5.5 Versumpfungsmoor

Versumpfungsmoore entstehen durch Grundwasseranstieg oder Wasserrückstau. Wechselnde Nass- und Trockenphasen führen zu stark zersetztem, meist weniger als 2 m mächtigem Torf mit mineralischen Einschlüssen. Sie sind in Deutschland weit verbreitet, oft flach, in Flussnähe und landwirtschaftlich genutzt, im Gebirge grenzt man sie über die Hangneigung von Hangmooren ab. [39]

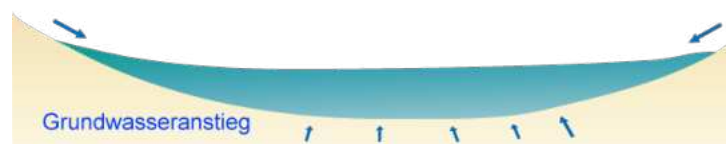


Abbildung 3.9.: Versumpfungsmoor. [31]

3.5.6 Quellmoor

Quellmoore entstehen dort, wo Wasser dauerhaft an die Oberfläche tritt. Man unterscheidet Sickerwasser-Quellmoore, die an Hängen durch langsam austretendes Wasser entstehen und sich hangaufwärts ausbreiten können, und Druckwasser-Quellmoore, bei denen Grundwasser unter Druck aufsteigt und so das Moorwachstum nach oben begrenzt. Quellmoore treten oft in Verbindung mit anderen Moorarten auf und liegen meist an deren mineralischen Rändern. Ihr Torf ist stark zersetzt, enthält viele mineralische Bestandteile und häufig Kalkablagerungen, die sich durch das Quellwasser absetzen.[40]

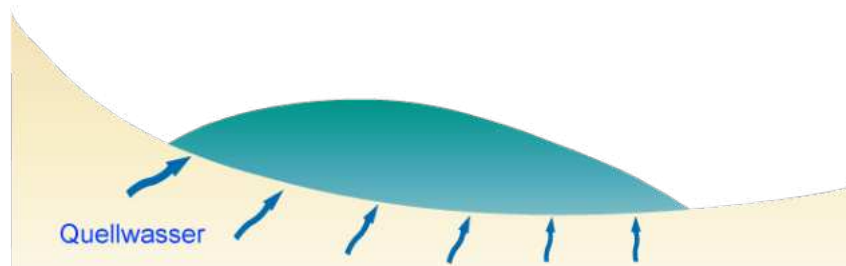


Abbildung 3.10.: Quellmoor. [31]

3.5.7 Überrieselungsmoor

Überrieselungsmoore entstehen unterhalb von Quellmooren, wo nur geringe Wassermengen zufließen. Im Gegensatz zu Durchströmungsmooren ist der Wasserfluss nicht durch den, sondern über den Torfkörper geprägt. Sie sind primäre Moore, gelten als Initialstadium der Durchströmungsmoore und erreichen meist nur geringe Torfmächtigkeiten (< 2 m). Aufgrund der geringen Wassermenge und hohen Verdunstung ist die Mineralisierung (mikrobieller Abbau organischer Substanz) relativ stark, und der Torf reagiert empfindlich auf Wasserspiegelschwankungen. Überrieselungsmoore sind stets geneigt und können ihr Einzugsgebiet nicht überwachsen, anders als Hangmoore.[41]

3.5.8 Kesselmoor

Kesselmoore entstehen in geschlossenen Hohlformen, die nach dem Abschmelzen von Toteisblöcken zurückblieben. Sie kommen vor allem in End- und Grundmoränengebieten (von Gletschern abgelagerte Formen) vor, sind kleinflächig (< 5 ha) und besitzen meist steile Einzugsgebiete. Ihre Wasserversorgung erfolgt überwiegend durch zusammenlaufendes Mineralbodenwasser, im Zentrum entwickeln sich durch Nährstoffverarmung hochmoortypische, oligotrophe (nährstoffarme) Pflanzengesellschaften mit Wollgras und Torfmoosen. Kesselmoore gehen aus Verlandungs- oder Versumpfungsmooren hervor und erreichen hohe Torfmächtigkeiten (bis > 20 m), meist über mächtigen Mudden. Häufig besitzen sie einen Restsee oder Moorkolk und sind von Randsümpfen umgeben. In Waldlagen sind viele Kesselmoore heute noch naturnah und aktiv wachsend.[42]

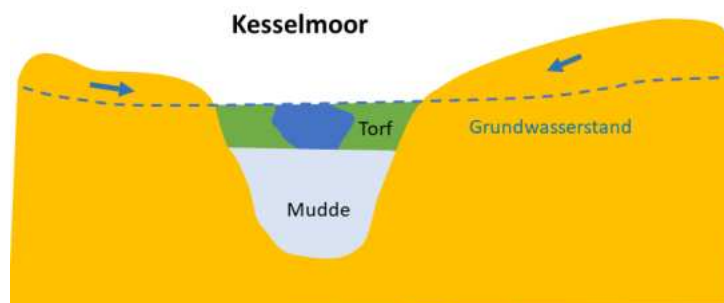


Abbildung 3.11.: Kesselmoor. [34]

3.5.9 Salzauslaugungs- und Erdfallmoor

Diese Moore entstehen in Gebieten mit flach liegenden Salzgesteinen oder Karst (durch Lösungsvorgänge entstandene Hohlräume und Formen), wo Auslaugungshohlformen entstehen, die sich mit Wasser füllen, verlanden und vermooren. Sie weisen hohe Torfmächtigkeiten auf (bis > 16 m) und sind durch wiederholte Absenkungen ständig vom Mineralbodenwasser beeinflusst. Im Gegensatz zu typischen Kesselmooren fehlt ihnen meist eine Regenmoorkalotte (aufgewölbte, regenwassergespeiste Hochmoorkalotte), ihre Substratee (Untergrundmaterialien) sind rein topogen (vom Gelände und Zufluss geprägt). Salzauslaugungs- und Erdfallmoore sind äusserlich schwer von Verlandungsmooren zu unterscheiden und lassen sich oft nur durch Detailkartierungen eindeutig klassifizieren. Im Moortypenbewertungsverfahren gelten sie ab Torfmächtigkeiten $\geq 2,5$ m als eigener Typ und werden gemeinsam behandelt, da beide durch denselben geologischen Prozess der Subrosion (Untergrundauflösung mit Einbrüchen) entstehen.[43]

3.6 Sondertypen

Die folgenden Moore sind zur allgemeinen Übersicht aufgeführt, werden aber in der Arbeit nicht weiter behandelt.

3.6.1 Kondenswassermoore

Kondenswassermoore sind eine spezielle Art von Mooren, die auf einen kleinen geografischen Bereich begrenzt sind und hier deshalb nur der Vollständigkeit halber aufgeführt werden. Weltweit sind derzeit lediglich sechs Moore dieser Art bekannt, die alle in den österreichischen Alpen liegen. Anders als bei Hoch- oder Flachmooren stammt das Wasser nicht aus Niederschlägen oder Grundwasser, sondern aus kondensierter Luftfeuchtigkeit.[45]



Abbildung 3.12.: Kondenswassermoor.

Autor: Tigerente. Lizenz: CC BY-SA 4.0.

Quelle: [44]

3.6.2 Tropische Waldmoore

Tropische Waldmoore entstehen in dauerhaft nassen, nährstoffarmen Böden und können sowohl Flach- als auch Hochmoore sein. Sie verhindern trotz feuchtwarmem Klima den raschen Abbau organischer Substanz und kommen weltweit in Regenwäldern vor, etwa in Amerika, Afrika oder Madagaskar. Die grössten und am besten untersuchten Moorwälder liegen in Südostasien, wo sie bis zu 20 m mächtige Torfschichten bilden. Ihre Vegetation ist gürtelförmig gegliedert und reicht von hohen Misch- und Shorea-Wäldern bis zu spezialisierten Pflanzen wie Nepenthes und Sphagnum, oft mit typischen Wurzelanpassungen wie Brett- und Atemwurzeln.[31]

3.6.3 Hartpolstermoore

Hartpolstermoore entstehen in windreichen, niederschlagsreichen Gebirgslagen der Südhalbkugel und höherer Tropengebirge. Sie bestehen vorwiegend aus widerstandsfähigen Polsterpflanzen, während Moose kaum vorkommen. Vorkommen finden sich u. a. in Patagonien, Tasmanien, den Anden bis Peru, im ostafrikanischen Rift-Valley sowie im Hochland Neuguineas.[31]

3.6.4 Frostgeprägte Moore

In den kaltgemäßigten Zonen gibt es Moore, die durch Schnee und Eis geprägt sind, diese werden in folgende Subtypen unterschieden.

Aapamoor

Aapamoore sind Flachmoore der nördlichen Borealzone, die durch Grund- oder Sickerwasser gespeist werden und daher nicht zu den regenwassergespeisten Hochmooren zählen. Sie sind flach bis leicht eingesenkt, zeigen aber typische, nur vom Regenwasser abhängige Bulten- und Strangstrukturen, die mosaikartig mit vernässten Senken wechseln. Je nach Lage können sie sumpftartigen Wiesenmooren, Zwischenmooren oder hochmoorähnlichen Strukturen ähneln. Ihre Entstehung ist komplex und wird mit Strömungs- und periglazialen (durch Frost- und Auftauprozesse geprägten) Prozessen erklärt, weiter nördlich gehen sie in Palsamoore über.[46]



Abbildung 3.13.: Aapamoor. Autor: Ximonic (Simo Räsänen). Lizenz: CC BY-SA 4.0. Quelle: [47]

In Abbildung 3.13 sind die für Aapamoore typischen Stränge gut zu erkennen.

Palsamoor

Palsamoore entstehen im Grenzbereich des arktischen Permafrosts. Dort wölben sich Torfhügel («Palsas») durch wachsende Eiskerne im Boden meterhoch auf, oft umgeben von wassergefüllten Senken. Sie liegen meist in mineralwassergespeisten Mooren, zeigen nur wenig Torfwachstum und bestehen überwiegend aus während wärmerer Klimaphasen abgelagertem Torf, dessen Zersetzung durch die niedrigen Temperaturen gehemmt ist.[31]

Polygonmoor

Polygonmoore sind typische Moorformen der arktischen und subarktischen Ebenen Sibiriens und Nordamerikas. Sie entstehen auf Frostmuster- und Eiskeilböden, deren wabenartige Strukturen das Schmelzwasser im Sommer zurückhalten. So kann sich in den Vertiefungen eine spärliche, torfbildende Vegetation entwickeln, die Torfschichten von 0,3 bis 1 m Mächtigkeit aufbaut.[31]



Abbildung 3.14.: Polygonmoor. [31]

Schön zu erkennen in Abbildung 3.14 sind die typischen Polygone, welche den Polygonmooren ihren Namen gaben.

3.7 Hochmoore

Hochmoore werden ausschliesslich durch Niederschlag (Atmosphäre) mit Wasser versorgt, sie haben keine Verbindung zum Grund- oder Oberflächenwasser und sind daher auf Regenwasser angewiesen. Dadurch haben die Torfbodenschichten keinen Ionenaustausch (Wechsel von gelösten geladenen Teilchen) mit dem Mineralboden und sind in der Regel oligotroph (nährstoffarm), mit pH-Werten zwischen 3 und 4,8 relativ sauer. Dies führt dazu, dass in Hochmooren nur Pflanzen und Tiere leben können, die auf genau diese Bedingungen spezialisiert sind. Pflanzenmaterial kann unter diesen sehr nassen Bedingungen nicht vollständig verrotten, dadurch entsteht eine aufgewölbte Torfschicht, daher der Name Hochmoor. Hochmoore können jährlich bis zu 1 mm wachsen. [27], [48]

Ein Hochmoor benötigt einen dauerhaften Wasserüberschuss, um wachsen zu können. Das kann in maritime (vom Meeress Klimaeinfluss geprägt) und Humideen (feuchtniederschlagsreich) Klimaten über hohe Niederschlagsmengen sowie in borealeen (nördlich-kühltemperierten) und kontinentaleen (mit hohen Jahresamplituden) Regionen durch hohe Schneeaufkommen im Winter passieren. [49]

Hochmoore kommen hauptsächlich auf der Nordhalbkugel vor, in der südlichen Hemisphäre (Südhalbkugel) sind sie nur vereinzelt in kleinen Gebieten anzutreffen.

3.8 Übergangsmoore

Übergangsmoore stellen den Zwischenschritt von Flach- zu Hochmooren dar. Sie weisen sowohl Eigenschaften der nährstoffreicheren Flachmoore als auch der nährstoffarmen Hochmoore auf. So sind sie meist nur schwach bis mässig sauer und verfügen über ein mittleres Nährstoffangebot. Charakteristisch ist, dass sie nicht mehr vollständig vom Grundwasser, aber auch noch nicht ausschliesslich vom nährstoffarmen Regenwasser gespeist werden. Da sie ein Übergangsstadium darstellen, werden sie in der Regel nicht als eigenständiger Moortyp, sondern als Entwicklungsstufe innerhalb der Moorbildung angesehen.

3.9 Vergleich Einteilung

Hydrologische Moortypen	Ökologische und Hydrologische Moortypen					
	Sauer-Armoore (oligotroph-sauer)	Sauer-Zwischenmoore (mesotroph-sauer)	Basen-Zwischenmoore (mesotroph-subneutral)	Kalk-Zwischenmoore (mesotroph-kalkhaltig)	Niedermoore (eutroph)	
Quellmoor	-	X	X	X	X	X
Hangmoor	-	X	X	X	X	X
Versumpfungsmoor	X	X	-	-	X	X
Verlandungsmoor	X	X	X	X	X	X
Überflutungsmoor	-	-	-	-	-	X
Durchströmungsmoor	-	X	X	X	X	-
Kesselmoor	X	X	X	-	-	-
Hochmoor	X	-	-	-	-	-

Tabelle 3.1.: Übersicht der ökologischen und hydrologischen Moortypen [31]

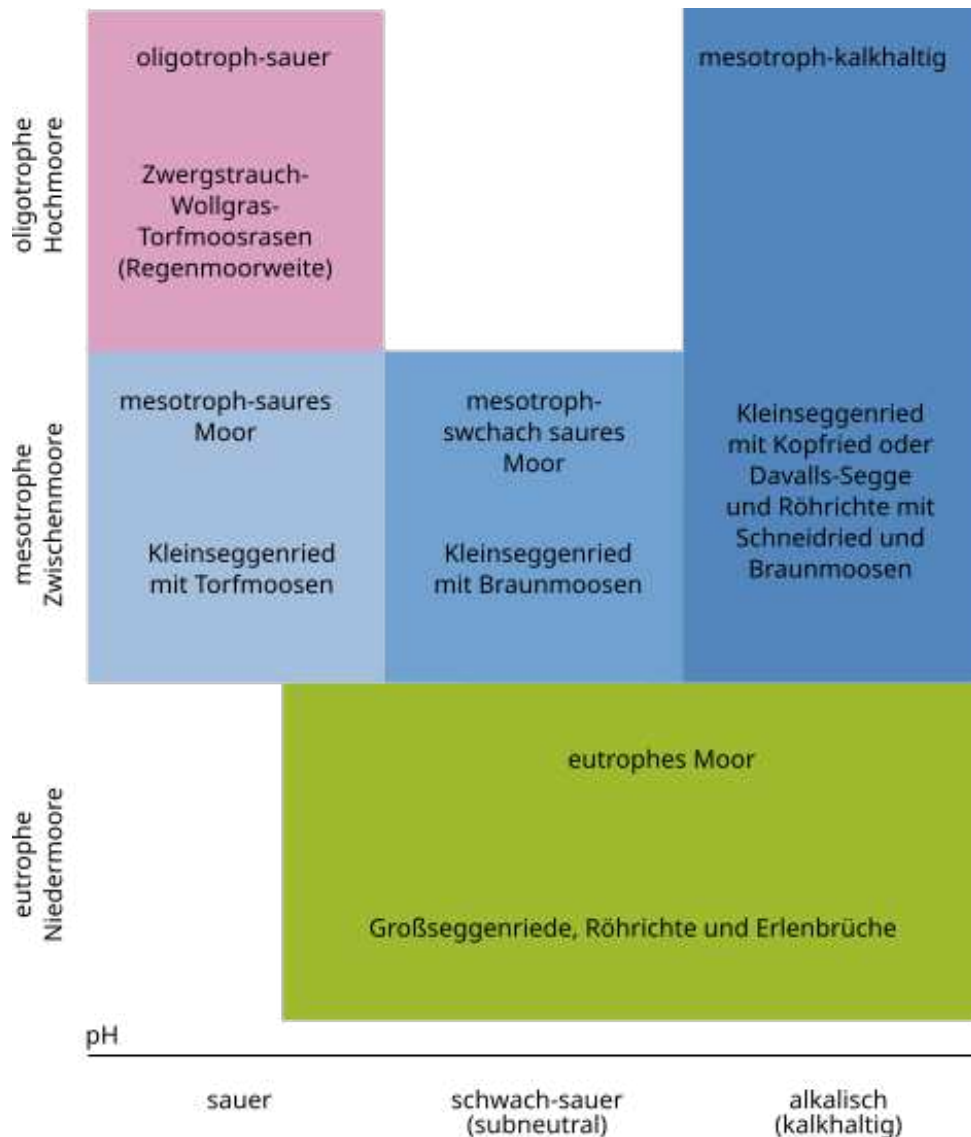


Abbildung 3.15.: Ökologische Moortypen. [31]

In der Tabelle 3.1 ist ersichtlich, welche ökologischen und hydrologischen Moortypen zusammengehören. Entscheidend sind dabei die Standortbedingungen, insbesondere ob das Moor sauer oder alkalisch (basisch) sowie eutroph (stark nährstoffreich) oder oligotroph (nährstoffarm) ist, weshalb pauschale Strategien wenig erfolgversprechend sind. Die Abbildung 3.15 veranschaulicht, die Bindung bestimmter Pflanzen an spezifische Moortypen.

4. Situation Schweiz

In der Schweiz wurden in den letzten 200 Jahren 90% der Moore zerstört. Aktuell gibt es noch 551 Hochmoore von nationaler Bedeutung und 1335 Flachmoore von nationaler Bedeutung, welche alle geschützt sind.[48] Heute sind noch 0,7% (28'900 ha) der Schweiz mit Mooren bedeckt, um das Jahr 1800 waren es ganze 6% (250'000). Obwohl bereits im Jahr 1987 mit der Rothenthurm-Initiative beschlossen wurde, dass der Schutz von Moorlandschaften in der Verfassung verankert wird, nehmen Fläche und Qualität weiterhin ab.[50], [51]

In der Schweiz wird das Klimapotenzial von Mooren bislang kaum für die CO₂-Reduktion genutzt, obwohl *drainierte* Moorflächen (künstlich entwässerte, abgesenkte Wasserstände) grosse Emissionen verursachen. Seit der Annahme der Rothenthurm-Initiative ist der Moorschutz in der Verfassung verankert. Damals wurden Hoch- und Flachmoor*inventare* erstellt, die zwischen 2012 und 2017 *revidiert* wurden. Die Kantone sind verpflichtet, Moore zu schützen und «bei jeder sich bietenden Gelegenheit» eine *Regeneration* vorzunehmen. In der Praxis geschieht dies jedoch sehr unterschiedlich – abhängig von Ressourcen und Prioritäten. Das *BAFU* (Bundesamt für Umwelt) unterstützt über eine Koordinationsstelle, die Erfolgskontrolle erfolgt durch die *WSL* (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft). Trotz gesetzlichem Schutz verschlechtert sich der Zustand der Moore: Durchlüftete Torfböden mineralisieren weiter, Biodiversität geht verloren, CO₂ entweicht. Nur durch *Wiedervernässung* (Anheben/Herstellen dauerhaft stehender Wasserstände) lassen sich Degeneration, Artenverlust und CO₂-Ausstoss stoppen. Die Umsetzung stockt, da den Kantonen unzureichende finanzielle Mittel zur Verfügung stehen. Zudem verhindert die gesetzliche Regelung, dass private *Kompensationsprojekte* (freiwillige Klimaschutzprojekte zur Emissionsminderung) auf Moorflächen aktiv werden, da die Renaturierung Bundesaufgabe ist.

Dabei wird unterschieden zwischen:

- intensiv landwirtschaftlich genutzten ehemaligen Flachmooren (organische Böden, humose, torfhaltige Böden),
- *extensiv* genutzten Flachmooren (geringe Düngung und Nutzungshäufigkeit),
- *extensiv* oder ungenutzten Hochmooren.

Kurz gesagt: Obwohl die Kantone bei jeder sich bietenden Gelegenheit renaturieren sollen, verschlechtern sich die Schweizer Moore weiter. Gründe sind frühere Entwässerungen und ungenügende Finanzierung. Eine Lösung könnte die Nutzung der CO₂-Speicherfunktion im *freiwilligen Kohlenstoffmarkt* sein.[4]

Wie man in der untenstehenden Grafik gut sehen kann, haben wir in der Schweiz mittlerweile einen grossen Teil der Moorflächen unter Naturschutz gestellt, leider aber zuvor den grössten Teil zerstört. Die Schweiz zählt zu den Ländern mit den höchsten Entwässerungsverlusten bei Moorflächen.

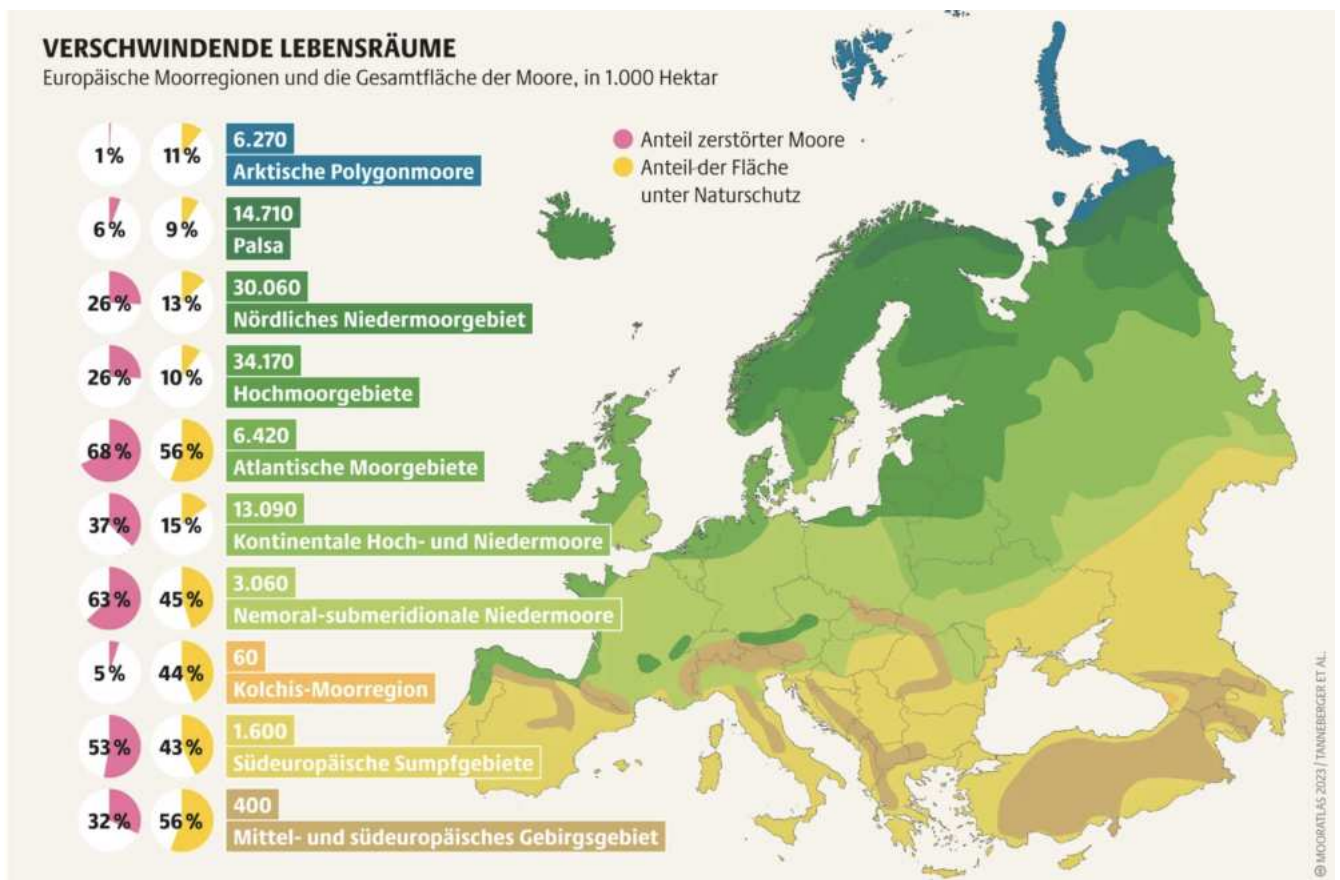


Abbildung 4.1.: Moortypen. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, Eimermacher/STOCK-MAR+WALTER Kommunikationsdesign, CC BY 4.0

Die Abbildung 4.1 zeigt, dass der Grossteil der ursprünglichen Flächen bereits verloren ist. Schutz allein genügt daher nicht, nur durch aktive Renaturierung kann die Klimafunktion der Moore wiederhergestellt werden.

4.1 Organische Böden

Die Renaturierung von landwirtschaftlich intensiv genutzten organischen Böden in der Schweiz ist mit sehr hohen *Opportunitätskosten* (entgangener Nutzen der besten Alternativnutzung) verbunden. Erschwerend kommt hinzu, dass die aktuelle Agrar- und Umweltpolitik eine Umstellung auf *Nasskulturen* (Paludikultur, nasse Landwirtschaft auf wiedervernässten Moorböden) nicht begünstigt. Gerade die ehemaligen Flachmoore, die heute diese organischen Böden darstellen, haben eine überproportional hohe Bedeutung für die landwirtschaftliche Produktion. So stammt allein aus dem Gemüseanbau auf diesen Flächen – obwohl er lediglich rund 1% der landwirtschaftlich genutzten Fläche ausmacht – über 10% der gesamten Nahrungsmittelproduktion. Damit tragen die organischen Böden wesentlich zur Nahrungsversorgung der Schweiz bei und sind volkswirtschaftlich von grosser Bedeutung. Seit Inkrafttreten des *Raumplanungsgesetzes II (RPG)* am 1. Januar 2014 stehen zudem *Fruchtfolgefleichen* (FFF, die für die Ernährungssicherung gesicherten, wertvollen Ackerflächen) unter besonderem Schutz, und das Bundesamt für Landwirtschaft ist berechtigt, gegen jegliche Vorhaben Einspruch zu erheben, die eine Beanspruchung solcher Flächen vorsehen (Art. 34 Abs. 3 RPG).[4], [77]

4.2 Extensiv genutzte Flachmoore

Flachmoore von nationaler, kantonaler oder regionaler Bedeutung werden meist extensiv landwirtschaftlich genutzt, etwa als Wiesen oder Weideflächen. Abhängig von der bisherigen Nutzung und der Intensität im Umland kann die Bereitschaft der Bewirtschaftenden zur Wiedervernässung vorhanden sein, in den meisten Fällen sind dafür jedoch staatliche Entschädigungszahlungen notwendig. Obwohl die Kantone gesetzlich verpflichtet sind, Flachmoore «bei jeder sich bietenden Gelegenheit» zu regenerieren, begnügen sie sich häufig mit einer extensiven Nutzung, ohne aktiv Renaturierungen voranzutreiben. Zu berücksichtigen ist, dass viele Flachmoore im Schweizer Mittelland ursprünglich Waldstandorte waren. Eine Rückführung in einen naturnahen Zustand würde daher entweder eine Verwaldung und damit einen möglichen Rückgang der Biodiversität zur Folge haben oder eine regelmässige Pflege nach der Wiedervernässung erfordern.[4]

4.3 Ungenutzte Hochmoore

Die Hochmoore von nationaler, kantonaler oder regionaler Bedeutung werden nicht oder nur extensiv – etwa zur Gewinnung von Streu – genutzt. Da sie meist ausserhalb der landwirtschaftlichen Zonen liegen, können sie nicht als *ökologische Ausgleichsflächen* angerechnet werden. Zwar haben Bewirtschaftende Anspruch auf Abgeltungen, wenn sie die Flächen gemäss Schutzzielen unterhalten, diese fallen jedoch deutlich geringer aus als bei Ausgleichsflächen. Entsprechend treiben die Kantone Renaturierungen nur im Rahmen ihrer finanziellen und personellen Möglichkeiten voran. Dank dem Engagement von Naturschutzorganisationen geniessen Hochmoore in der Bevölkerung dennoch hohe Akzeptanz als schützenswerte Biotope. Ihre Regeneration bietet eine optimale Möglichkeit, im Inland CO₂ zu kompensieren – ein erklärtes Ziel der Schweizer Klimapolitik. Eine vollständige Sanierung der inventarisierten Hochmoorgebiete (15 km² Hochmoorfläche, 55 km² Moorumbfeld) würde jedoch über 100 Mio. Franken kosten. Bisher hat der Bund nur einen kleinen Teil dieser Mittel bereitgestellt, und nicht alle Kantone sind in der Lage, ihren Anteil zu leisten, um Bundesgelder auszulösen. Durch die Verknüpfung von Emissionskompensation mit Regenerationsprojekten könnten zusätzliche Gelder erschlossen werden. Mit der Strategie Biodiversität Schweiz und den Sofortmassnahmen von 2016–2020 stellte der Bund zusätzlich jährlich 20 bis 40 Mio. Franken für den Biotopschutz bereit, um Vollzugsdefizite abzufedern. Teilweise haben auch Naturschutzorganisationen Kantone finanziell unterstützt. Neben fehlenden finanziellen Mitteln gilt die knappe *Expertise* als weiterer Engpass: In der Schweiz gibt es nur wenige auf Hochmoorregeneration spezialisierte Umweltbüros, was eine Ausweitung der Aktivitäten stark limitiert. Zudem erschweren die spärliche Datenlage und die Kleinräumigkeit der Standorte eine zuverlässige Quantifizierung der Treibhausgaseinsparungen. Internationale Standards verlangen präzise Messmethoden und glaubwürdiges *Monitoring*, doch die heterogene Nutzungsgeschichte und Hydrologie der Schweizer Hochmoore verhindern eine übertragbare Modellierung oder kosteneffiziente Ansätze. Obwohl das Potenzial der CO₂-Kompensation durch Moorregeneration in der Schweiz erkannt ist und auf grosses Interesse stösst, wird eine Umsetzung nach international zertifizierbaren Standards aktuell als kaum realistisch eingeschätzt.

4.4 Verteilung in der Schweiz

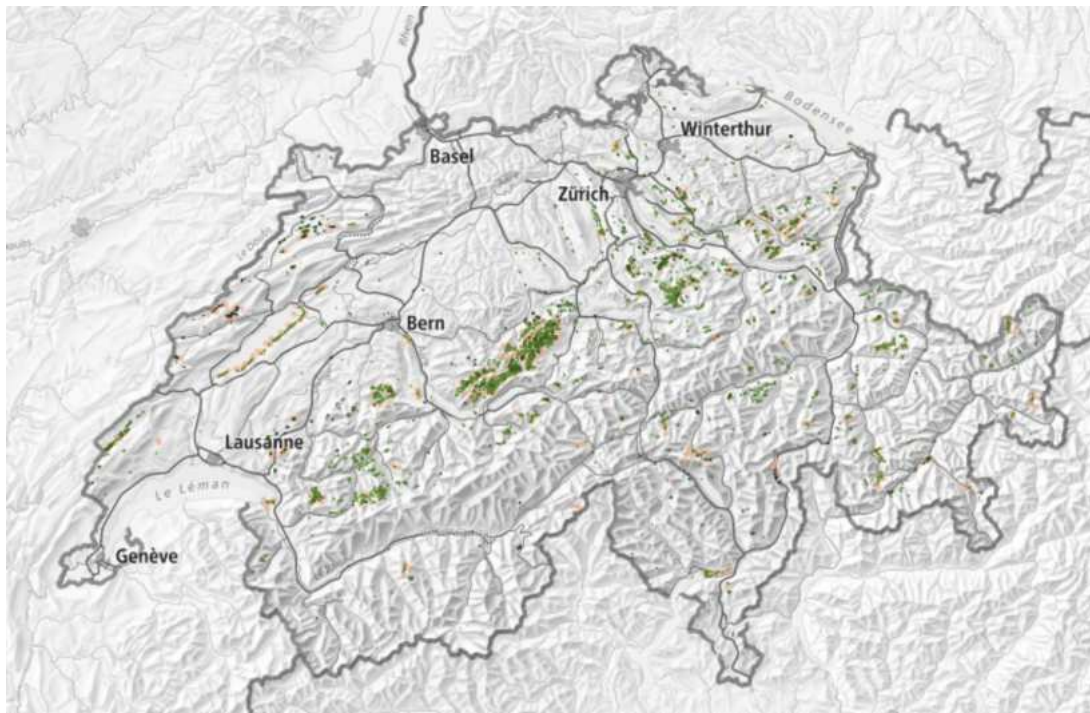


Abbildung 4.2.: Schweizerkarte. [78]

Was aus der Abbildung 4.2 hervorgeht, zeigt die folgende Tabelle 4.1: deutliche Unterschiede in der räumlichen Verbreitung der Hochmoore von nationaler Bedeutung. Besonders auffällig ist die grosse Zahl an Hochmooren in den Kantonen Bern (104), Luzern (59), Obwalden (54), St. Gallen (53) und Graubünden (46). Diese Häufung konzentriert sich vor allem auf die Voralpen- und Alpenregionen, wo topographische und klimatische Bedingungen – wie hohe Niederschläge, kühle Temperaturen und wasserstauende Böden – die Entstehung und Erhaltung von Hochmooren begünstigen. Demgegenüber weisen zahlreiche Kantone des Mittellandes und der dicht besiedelten Gebiete nur sehr wenige oder gar keine Hochmoore auf. Besonders in Basel-Stadt, Basel-Landschaft, Genf und Schaffhausen sind keine Hochmoore von nationaler Bedeutung verzeichnet. Auch in Solothurn (1), Aargau (2) und Thurgau (2) ist der Bestand stark begrenzt. Dies lässt sich in erster Linie durch intensive landwirtschaftliche Nutzung, Entwässerung und die Siedlungsentwicklung erklären. Bemerkenswert ist zudem, dass kleine Kantone wie Zug (22) oder Obwalden (54) trotz ihrer geringen Fläche eine sehr hohe Dichte an Hochmooren aufweisen. Insgesamt verdeutlicht die Tabelle damit die klare Konzentration der Hochmoore in alpinen und voralpinen Landschaften, während sie in den Ebenen und urban geprägten Räumen weitgehend fehlen.

Räumliche Verbreitung der Hochmoore			
Kanton	Anzahl Hochmoore	Fläche (km ²)	Moore pro 100 km ²
AG	2	1 404	0.14
AI	8	173	4.62
AR	18	243	7.41
BE	104	5 960	1.74
BL	–	518	–
BS	–	37	–
FR	31	1 671	1.86
GE	–	282	–
GL	8	685	1.17
GR	46	7 105	0.65
JU	15	839	1.79
LU	59	1 494	3.95
NE	18	802	2.24
NW	5	276	1.81
OW	54	491	11.00
SG	53	2 031	2.61
SH	–	298	–
SO	1	790	0.13
SZ	19	908	2.09
TG	2	992	0.20
TI	18	2 812	0.64
UR	5	1 077	0.46
VD	34	3 212	1.06
VS	9	5 224	0.17
ZG	22	239	9.21
ZH	30	1 729	1.74

Tabelle 4.1.: Räumliche Verbreitung der Hochmoore[4]

4.5 Rothenthurm-Initiative



Abbildung 4.3.: Moore um 1800 . [1]

Die Abbildung 4.3 zeigt das die Moore rund um 1800 die grösste Fläche einnahmen, das waren circa 250'000 Hektaren oder rund 6% der Schweizer Landesfläche.

Im 19. Jahrhundert begann in der Schweiz der Rückgang der Moore durch Flussbegradigungen und Verbauungen. Die Wasserstände der Seen wurden reguliert und anschliessend wurden Feuchtgebiete trocken gelegt. Auf diese Weise wurden zusätzliche Weideflächen geschaffen, die zur Ernährung der wachsenden Bevölkerung beitrugen. Insgesamt verschwanden im 19. Jahrhundert über 3300 Moore. Der Abbau erreichte im 20. Jahrhundert seinen Höhepunkt, Nahrungsmittel waren knapp das führte dazu, dass weitere Flächen zur Produktion von Lebensmitteln genutzt werden mussten. Zusätzlich wurde Torf als Energieträger immer wichtiger, in den beiden Weltkriegen wurden 2,5 Millionen Tonnen Torf als Energieträger abgebaut und verbrannt. Das entspricht einer Hochmoorfläche von rund 1000 Hektaren. Der Abbau der Moore war im zweiten Teil des 20. Jahrhunderts eher schleichend, aber die bestehenden Drainagegräben entwässerten die Moore weiterhin. Dies fand erst mit der Rothenthurm-Initiative ein Ende.[1]

Die Rothenthurm-Initiative war eine Volksinitiative vom 6. Dezember 1987, benannt wurde sie nach der Gemeinde Rothenthurm. Die Bevölkerung von Rothenthurm und dem Nachbartsort Oberägeri setzte sich zusammen mit Umweltschutzorganisationen gegen den Bau eines Waffenplatzes ein, da sie nicht wollten, dass die einmalige Moorlandschaft von Rothenthurm durch die Schweizer Armee zerstört wird. Die Initiative wurde im September 1983 eingereicht, erlangte rasch nationales Interesse und wurde dadurch zu einem Thema, das die Politik jahrelang beschäftigte. Die Initiative verlangte, dass Moore von nationaler Bedeutung zu Schutzobjekten erklärt werden und dass darin weder Anlagen gebaut noch Bodenveränderungen vorgenommen werden dürfen, davon ausgenommen sollten nur bereits bestehende landwirtschaftliche Gebäude und Schutzbauten sein. Die Abstimmungsvorlage schaffte überraschend deutlich das *Volks- und Ständemehr*, seither ist der Moorschutz in der Schweizer Bundesverfassung verankert. Dies führte dazu, dass seit 1987 ein Torfabbauverbot in der Schweiz besteht.[51]

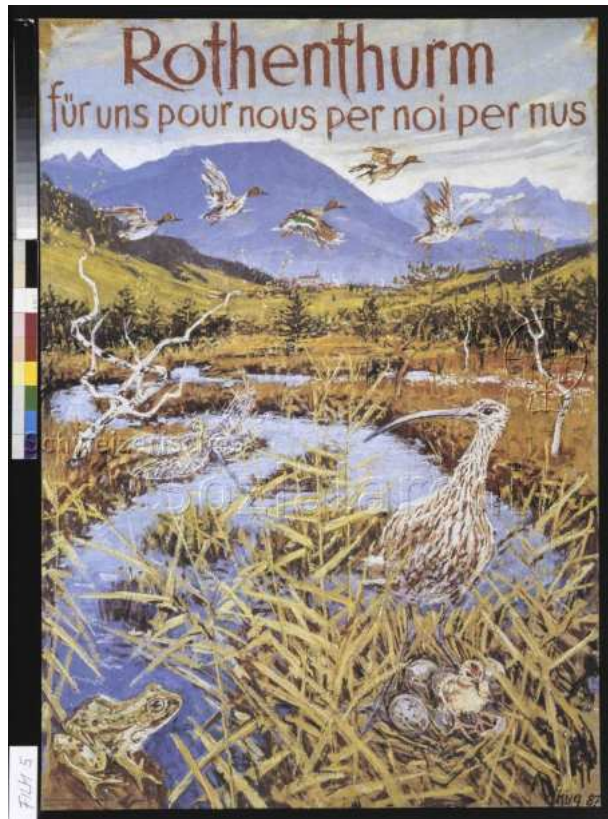


Abbildung 4.4.: Plakat Rothenthurm. [52]

Ausser den drei Kantonen Schwyz, Wallis und Thurgau nahmen alle Stände die Initiative an.

Seither ist der Moorschutz in der Bundesverfassung zu finden unter:

Artikel 78 Absatz 5: Moore und Moorlandschaften von besonderer Schönheit und gesamtschweizerischer Bedeutung sind geschützt. Es dürfen darin weder Anlagen gebaut noch Bodenveränderungen vorgenommen werden. Ausgenommen sind Einrichtungen, die dem Schutz oder der bisherigen landwirtschaftlichen Nutzung der Moore und Moorlandschaften dienen. [84]

4.6 Projekt Sous-Martel-Derbier

Die Region rund um Sous-Martel-Derbier beinhaltet grosse Flächen ehemaliger Moorlandschaften, das Hochmoor befindet sich in der Gemeinde Les Ponts-de-Martel im Kanton Neuenburg. Das Gebiet ist zudem ein Vogelschutzgebiet, in dem die seltene Vogelart Wachtelkönig lebt, und dient mit dem didaktischen Torfmoorpfad als Anschauungsobjekt für die naturkundliche Bildung. Zudem gibt es vor Ort ein Moormuseum.[53]



Abbildung 4.5.: Les Ponts-de-Martel. [78]

- Rot = Primäre Hochmoorfläche
- Gelb = Sekundäre Hochmoorfläche
- Grün = Hochmoorumfeld
- Braun = Vegetationslose Torffelder

Die Hochmoore in Sous-Martel-Derbier gehören zu den grössten Moorlandschaften in der Schweiz und sind als Hochmoor von nationaler Bedeutung besonders spannend. Insgesamt wurden drei Hochmoore renaturiert. Das erste wurde 2019 wiedervernässt, und 2022 zeigten sich erste Erfolge: Das Moor wird von Torfmoosen und anderen moorspezifischen Pflanzen besiedelt und überwachsen. Auch zahlreiche Libellenarten fühlen sich in diesem Gebiet wieder zu Hause. Das Klimaschutzprojekt schloss die Finanzierungslücke, welche durch die Methode der WSL möglich wurde, die die Menge der CO₂-Emissionen abschätzt, welche durch eine Renaturierung weg-

fallen. Es war somit mitentscheidend für das Renaturierungsprojekt, das vom Kanton Neuchâtel durchgeführt wurde. Das Projekt wird zusätzlich durch Bundesbeiträge mitfinanziert. Die Gelder für die Instandstellung des Moores fließen mehrheitlich in das regionale Gewerbe.

Zudem profitieren sowohl der Tourismus und die lokale Bevölkerung als auch die Baubranche. Positive Effekte auf den Wasserhaushalt und den Klimaschutz kommen hinzu.[54]



Abbildung 4.6.: Rückbau. [55]

Das zweite Moor wurde 2022 wiedervernässt und spart ungefähr 1018 Tonnen CO₂-Äquivalente (vereinheitlichte Vergleichsgrösse für Treibhausgase in CO₂-Wirkung) über 50–100 Jahre ein.[55]



Abbildung 4.7.: Drainage gestaut. [56]

Das letzte Moor wurde im Jahr 2024 wiedervernässt und spart ungefähr 925 Tonnen CO₂-Äquivalente über 50–100 Jahre ein.[56]



Abbildung 4.8.: Torfmoose. [56]

Die ersten Torfmoose wachsen bereits, und das Moor beginnt sich zu erholen.

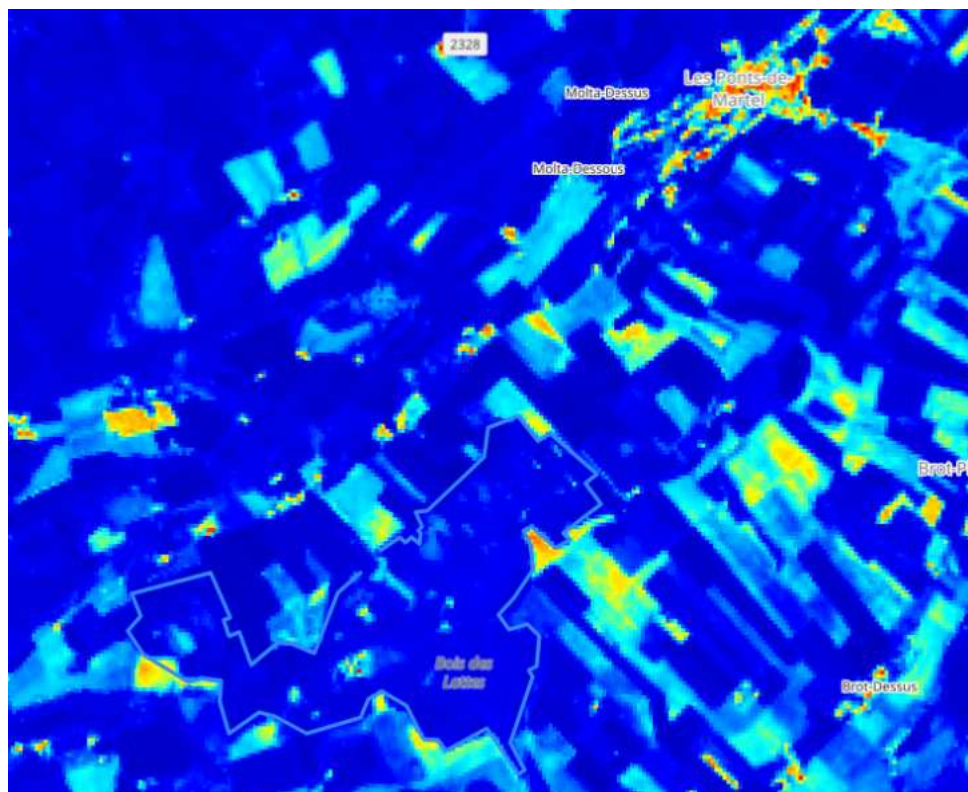


Abbildung 4.9.: Satellitenbild. [79]

Die Satellitenbilder zeigen, dass die Moore gut durchnässt sind, während das naheliegende Dorf an vielen Stellen trocken ist.

4.7 Bezug zur Kernfrage 1

Die Analyse zeigt, dass die Schweizer Moore trotz Verfassungs- und Inventarschutz weiterhin an Fläche und Qualität verlieren. Entwässerte organische Böden verursachen erhebliche Emissionen, während intakte Hochmoore kaum zur CO₂-Bilanz beitragen. Damit wird klar, dass das aktuelle CO₂-Speicherpotenzial stark vom Zustand der Flächen abhängt, ein direkter Hinweis auf die Dringlichkeit von Renaturierungen.

5. CO₂ Speicherpotential

„Ein Auto könnte 280 Milliarden Kilometer fahren und würde dadurch trotzdem nicht mehr CO₂ emittieren als entwässerte Moore in Deutschland, jedes Jahr.“ [3]

Kohlenstoffvorräte in Böden bis 1 m Tiefe und in Pflanzen					
Biom	Fläche (Mio. km ²)	Vegetation (Gt C)	Boden (Gt C)	Total (Gt C)	Kohlenstoff/km ² (t C)
tropische Wälder	17.6	212	216	428	24 318
temperierte Wälder	10.4	59	100	159	15 288
boreale Wälder	13.7	88	471	559	40 803
tropische Savannen	22.5	66	264	330	14 667
Steppe (gem. Klima)	12.5	9	295	304	24 320
Wüsten/Halbwüsten	45.4	8	191	199	4 383
Tundra	9.5	6	121	127	13 368
Feuchtgebiete	3.5	15	225	240	68 571
Landwirtschaft	16.0	3	128	131	8 188

Tabelle 5.1.: Kohlenstoffvorräte in verschiedenen Biomen [2]

Die Tabelle 5.1 zeigt die Kohlenstoffvorräte in verschiedenen Biomen.

Feuchtgebiete speichern ein Vielfaches an CO₂ pro km² im Boden im Vergleich zu anderen Biomen. Obwohl sie nur einen kleinen Teil der Erdoberfläche bedecken, binden sie bis zu rund 30% des weltweit in Ökosystemen gespeicherten CO₂. Die Entwässerung und Zerstörung von Feuchtgebieten ist allein für etwa 5% der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich. Der im Boden eingelagerte Kohlenstoff reagiert dabei mit Sauerstoff und Stickstoff aus der Luft zu CO₂ sowie zu *Lachgas* (Treibhausgas mit rund 300-facher CO₂-Wirkung). [4]

In Moorböden werden Pflanzenreste aufgrund des Sauerstoffmangels nicht vollständig zersetzt. Der darin enthaltene Kohlenstoff wird im Torf eingelagert und durch das Wasser konserviert. Die Funktion der Moore als CO₂-*Senke* (System mit Nettoaufnahme

von CO₂) ist jedoch nur gewährleistet, wenn sie ganzjährig ausreichend mit Wasser versorgt sind. Sinkt der Wasserstand, gelangt Sauerstoff an den Torf, wodurch der gespeicherte Kohlenstoff zu CO₂ *oxidiert* (chemisch mit Sauerstoff reagiert) und in die Atmosphäre freigesetzt wird. Die Moore wirken dann nicht mehr als Speicher, sondern als Quelle von Treibhausgasen. Einmal trockengelegt, können sich Moore mit einer Rate von bis zu 1–2 cm Torf pro Jahr zersetzen, rund zehnmals schneller, als neuer Torf entsteht. [5]

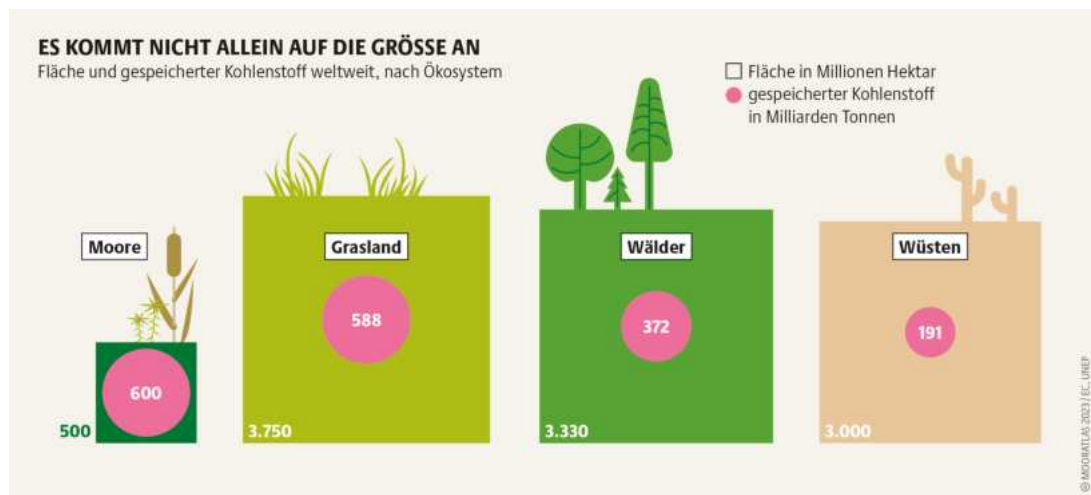


Abbildung 5.1.: Kohlenstoff. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, Eimermacher/STOCK-MAR+WALTER Kommunikationsdesign, CC BY 4.0

Die Abbildung 5.1 verdeutlicht nochmals das Potential der Moore. Ihr CO₂-Speicherpotential ist im Vergleich zu ihrer Grösse gigantisch, insbesondere im Vergleich zu anderen Ökosystemen. Der in den Mooren gebildete Torf besteht zu über 50% aus Kohlenstoff, der in Form von Biomasse gebunden ist. Moore sind weltweit die einzigen Ökosysteme, die der Atmosphäre CO₂ über sehr lange Zeiträume entziehen können. [3]

Entwässerte Moore verursachen jährlich enorme Emissionen, die wir uns heutzutage nicht mehr leisten können. Zum Vergleich: Die Emissionen einer entwässerten Hektare Moor entsprechen etwa der Fahrt eines Personewagens 4,5 mal um die Erde.

Das weltweite Torfvorkommen wird auf rund 13,8 Billionen Kubikmeter geschätzt.[3]

Geht man von einem Kohlenstoffanteil von 30–70 kg C/m³ aus, was einer Menge von 110–260 kg CO₂/m³ entspricht, sind weltweit folgende Mengen gespeichert:[6]

1'518 Gigatonnen CO₂ bis 3'588 Gigatonnen CO₂!

Zum Vergleich: Die jährlichen globalen CO₂-Emissionen betragen 2024 rund 40 Gt CO₂ (Gt = Gigatonne, 1 Gt = 10⁹ t). Das heisst, in Torf ist grob das 40- bis 90-Fache der jährlichen Emissionen gespeichert.[57] Tropische Regenwälder speichern lediglich etwa einen Viertel davon.[5], [80]

Die CO₂-Emissionen der Schweiz im Jahr 2023 lagen bei rund 40'000'000 t CO₂/Jahr oder 0.04 Gt CO₂/Jahr. [58]

Degradierete Moore verursachen weltweit mehr Emissionen als der gesamte Flugverkehr. Der Schutz und die Versiegelung dieser Quellen haben jedoch global nicht annähernd den gleichen Stellenwert wie beispielsweise Regenwälder, obwohl der Effekt deutlich grösser wäre.[5] In der Schweiz stammen etwa 5–10% aller Treibhausgasemissionen aus Mooren, die folglich die Klimaerwärmung beschleunigen.[50]

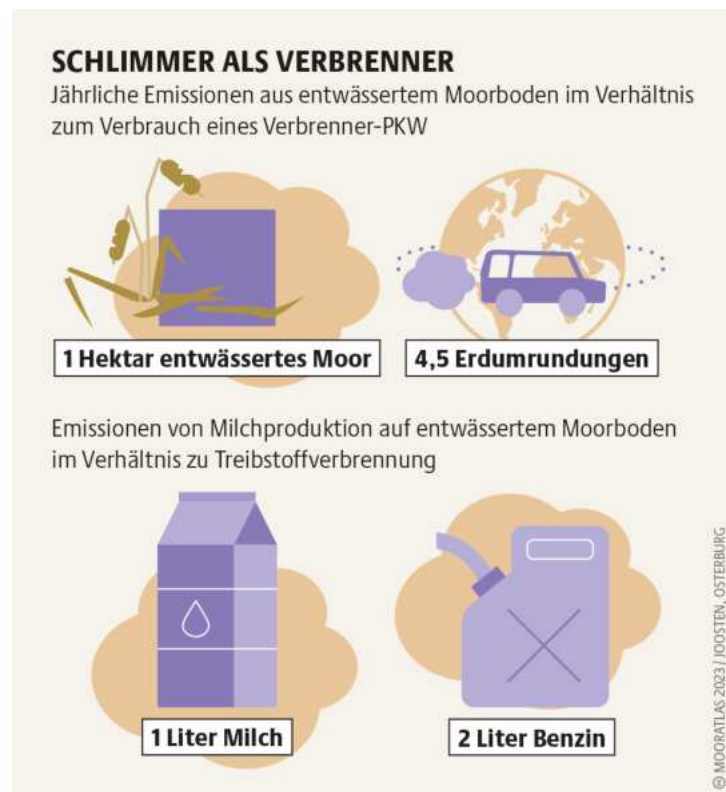


Abbildung 5.2.: Vergleich Verbrenner. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, CC BY 4.0

Die Abbildung 5.2 zeigt deutlich, wie stark entwässerte Moore für Emissionen verantwortlich sind.

Ich finde folgendes Zitat von Alex Kornelsen bringt es auf den Punkt: Moore sind Hidden Champions!

„Alex Kornelsen: Moore sind „Hidden Champions“ im Klimaschutz. Sie wirken unscheinbar, sind aber Schwämme, Wasserspeicher, Filter, Lebensräume und gigantische CO₂-Speicher. Sie lösen viele Krisen gleichzeitig: Klimawandel, Artensterben, Wasserprobleme. Mich fasziniert, dass Moore seit Jahrtausenden Kohlenstoff binden und trotzdem kaum jemand darüber spricht. Genau das macht es spannend: Sie haben riesiges Potenzial und wir haben die Aufgabe, diese Geschichte neu zu erzählen.“ [80]

5.1 Ermittlung Treibhausgase

Genauere Emissionswerte von abgebauten Mooren zu ermitteln, ist nicht einfach. Man kann leider nicht einfach ein Messgerät aufstellen und nach einigen Stunden exakte Werte ablesen. Es gibt dafür verschiedene Methoden, die entweder Annäherungen liefern oder aufwendige Messungen erfordern.

5.1.1 Direkte Gasmessung

In Mooren können mittels zweier Verfahren genaue Emissionswerte ermittelt werden. Diese liefern exakte Messwerte, sind jedoch sehr aufwendig, da über lange Zeit Messungen erfolgen müssen, um aussagekräftige Resultate zu erhalten. Zudem müssen, abhängig vom Standort, verschiedene Teilflächen vermessen werden, was den Aufwand zusätzlich erhöht. Dies geschieht hauptsächlich mit der *Haubenmessung* (Kammerverfahren zur Erfassung von Boden-Atmosphäre-Flüssen) oder der *Eddy-Kovarianz-Methode* (turbulenzbasierte Flussmessung über Wirbelstatistik). Letztere eignet sich allerdings nur für grössere, freie Moore, da sie eine offene Fläche von mindestens einer Hektare benötigt.[4]

Kosten direkter Gasmessungen		
Kostenposten	Haubenmessung (CHF)	Eddy Kovarianz (CHF)
Investition	110'000	105'000
Arbeit/Betreuung	735'000	670'000
Unterhalt	15'000	10'000
Total	855'000	725'000

Tabelle 5.2.: Abgeschätzte Kosten direkter Gasmessungen über 5 Jahre [4].

Die Tabelle 5.2 zeigt, dass direkte Gasmessungen aus Kostengründen leider nicht grossflächig in jedem Moor angewandt werden können.

Haubenmessung

Die Haubenmessung ist eine Methode, um den Ausstoss von Treibhausgasen aus dem Boden zu messen. Dazu wird eine Haube über eine kleine Fläche gesetzt und die Veränderung der Gaskonzentration beobachtet. Es gibt zwei Hauptarten:

- Beim *statischen Verfahren* (geschlossene Haube) sammeln sich die Gase in der Kammer, gemessen wird der Konzentrationsanstieg (manuell per Proben/Labor oder automatisch per Sensor).
- Beim *dynamischen Verfahren* (offene Haube) transportiert ein Luftstrom die Gase, gemessen wird der Konzentrationsunterschied zur Umgebung, daraus wird der Fluss berechnet.

Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Statische Hauben sind einfach, können aber Messfehler verursachen. Dynamische Hauben bilden die natürlichen Bedingungen besser ab, reagieren aber empfindlich auf Druckunterschiede. Insgesamt gilt: Die Methode liefert wichtige Daten, ist aber nicht überall direkt vergleichbar, da es keine einheitliche Standardmethode gibt.[59]

Eddy Kovarianz

Die Eddy-Kovarianz-Methode ist eine Messtechnik, mit der der Austausch von Gasen wie Kohlendioxid, Methan oder Wasserdampf zwischen einem Gebiet und der Luft bestimmt werden kann. Grundlage ist, dass sich in der Luft ständig kleine Wirbel bilden, die Gase nach oben oder unten transportieren. Mit sehr schnellen Messgeräten werden gleichzeitig die vertikale Windgeschwindigkeit und die Konzentration des jeweiligen Gases erfasst. Wenn ein Luftwirbel mit hoher Gaskonzentration nach oben steigt, zeigt das, dass Gas vom Boden in die Luft gelangt. Sinkt ein Wirbel mit hoher Konzentration, bedeutet das, dass Gas aus der Luft in den Boden oder in die Pflanzen transportiert wird. Über eine längere Zeit werden diese Schwankungen mathematisch miteinander verknüpft (Kovarianz), um den Nettofluss zu berechnen. So lässt sich feststellen, ob ein Ökosystem wie ein Moor insgesamt Gase aufnimmt oder abgibt und wie stark es mit der Atmosphäre im Austausch steht. [60]

5.1.2 TreibhausGas-Emissions-Standort-Typen

Der *GEST*-Ansatz (Gas-Emissions-Standort-Typen, Vegetationsindikatoren für Wasserstand → Emissionsabschätzung) nutzt die Zusammensetzung der Pflanzen, um Rückschlüsse auf den typischen Wasserstand im Moor zu ziehen. Aus diesem abgeleiteten Wasserstand werden dann die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen berechnet. Grundlage dafür sind Erfahrungswerte aus der Vegetationsökologie sowie international anerkannte Emissionswerte. In Norddeutschland liefert diese Methode zuverlässige Ergebnisse. Für die Schweiz ist die Übertragbarkeit jedoch schwierig. Hochmoore sind hier oft kleinräumig und sehr heterogen, meist nur wenige Hektaren gross. Zudem reagiert die Vegetation nur langsam auf Veränderungen wie *Wiedervernässung* (Anheben/Herstellen dauerhaft hoher Wasserstände), was zu Verzerrungen führt. Erste Tests zeigten, dass drainierte Flächen teilweise fälschlich als intakte Moore eingestuft wurden, wodurch die Emissionen unterschätzt wurden. Auch wenn man die Vegetationseinheiten an Schweizer Bedingungen anpassen würde, wären die Ergebnisse unsicher. Faktoren wie Niederschlag, Temperatur, Höhe, Luftfeuchtigkeit, Topographie oder Torfart beeinflussen die Vegetationsentwicklung zusätzlich. Deshalb wären für Voralpen, Mittelland und Jura jeweils eigene Anpassungen nötig, mit hoher räumlicher Auflösung und grossem Aufwand. Insgesamt ist der *GEST*-Ansatz für die Schweiz nur eingeschränkt und mit erheblichem Zusatzaufwand einsetzbar, wenn verlässliche Resultate erzielt werden sollen.[4]

5.1.3 Modellierungen

Das *PEP*-Modell (Peatland-Emission-Predictor, Emissionsmodell für entwässerte Moorböden basierend auf Wasserstand und Nutzung) berechnet die jährlichen Treibhausgasemissionen entwässerter Moorböden auf Basis von Wasserstand und Nutzungsdichte. Es eignet sich vor allem für landwirtschaftlich genutzte Flächen, ist aber für ungenutzte Hochmoore nicht anwendbar. Ähnliche Modelle in den USA berücksichtigen zusätzlich Faktoren wie Torf- oder Bodentemperatur. Für die Schweiz ergeben sich wie beim *GEST*-Ansatz Probleme wegen der starken Unterschiede zwischen einzelnen Moorflächen, sodass sehr viele Detaildaten nötig wären.

5.1.4 Torfschwund

Eine grobe Abschätzung der CO_2 -Emissionen kann über die *Absenkung* des Torfkörpers erfolgen. Je schneller der Boden absinkt, desto mehr Torf wird zersetzt und CO_2 freigesetzt. Diese Methode wäre einfach messbar und vergleichsweise günstig, wird bisher jedoch kaum angewandt. Für alte, ungenutzte Hochmoore ist sie zudem wenig geeignet, da die Sackungsrate dort sehr gering ist.

5.1.5 Wasserstand

Der Wasserstand ist der zentrale Faktor für Kohlenstoffverluste aus Mooren: Sinkt er ab, wird Torf durch Mikroben zersetzt und CO_2 freigesetzt. Eine Methode ist daher, Emissionen direkt an gemessene Wasserstände zu koppeln. Dies erfordert jedoch zuverlässige *Datenlogger*-Messungen (autonom speichernde Messgeräte). In der Schweiz erschweren fehlende Daten und die Vielfalt der Moorlandschaften eine genaue Anwendung. Werte aus internationalen Studien können nur als grobe Annäherung dienen.

5.1.6 Semi-quantitativer Ansatz

Statt Emissionen genau zu messen, kann auch der noch vorhandene Torfkörper selbst als Massstab dienen. Bleibt der Wasserstand hoch, bleibt der Kohlenstoff im Torf „fixiert“ und künftige Emissionen werden verhindert. Dieser Ansatz ist vergleichsweise einfach, kostengünstig und auch für Schweizer Hochmoore geeignet. Er ähnelt internationalen Waldschutz-Methoden, die ebenfalls auf dem Erhalt vorhandener Kohlenstoffspeicher beruhen.

5.2 Potential

Moore können durch Wiedervernässung die Treibhausgasemissionen jährlich um 4–15,5 Tonnen CO₂ je Hektare verringern. Sie spielen damit eine zentrale Rolle, um die Klimaziele der Schweiz zu erreichen. Die dadurch eingesparten Emissionen liessen sich zudem über den *Emissionshandel* (Handel mit Emissionszertifikaten) monetarisieren.[61], [62]

In Deutschland könnten allein durch Wiedervernässung jährlich bis zu 35 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden. Dies entspricht der doppelten Menge der jährlichen Emissionen der Stadt Berlin.[7]

5.3 Bezug zur Kernfrage 1

Die Berechnungen verdeutlichen das enorme Klimaschutzpotenzial: Moore speichern überproportional viel Kohlenstoff im Vergleich zu anderen Ökosystemen. Für die Schweiz ergibt sich ein theoretisches Einsparpotenzial von bis zu rund 450 000 t CO₂ jährlich, etwa 1 % der nationalen Emissionen. Damit ist die erste Kernfrage nach der Grösse des Potenzials beantwortet.

6. Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen

Eine zentrale Frage in diesem ganzen Diskurs ist: Wieso sollten wir überhaupt Moore *renaturieren*, auch wenn diese schon seit Jahrzehnten entwässert sind?

„Alex Kornelsen: Fragt man Menschen nach Mooren, denken sie oft an düstere Orte, das „Moor des Todes“ in Herr der Ringe oder Krimis. Das Image ist gruselig und gefährlich. Tatsächlich sind Moore wunderschön und extrem wichtig: Sie speichern riesige Mengen Kohlenstoff, sind Wasserfilter, schützen vor Dürre und Flut, sind Hotspots für Biodiversität. Aber im öffentlichen Diskurs sind sie unsichtbar, weil die Geschichten bisher negativ besetzt sind. Wir wollen zeigen: Moore sind schön, wichtig und schützen uns, wenn wir sie schützen.“ [80]

6.1 Warum renaturieren?

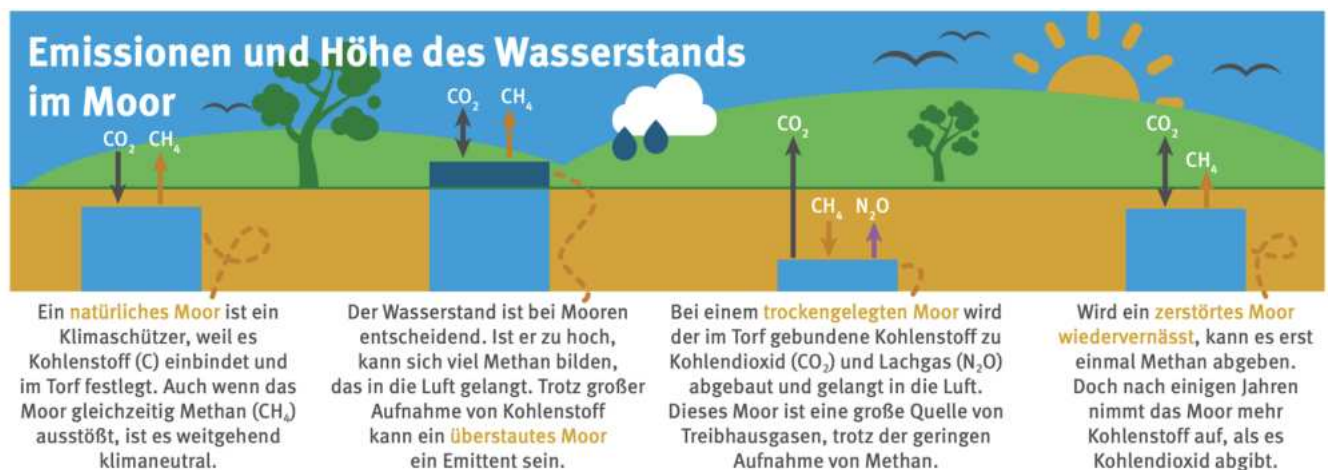


Abbildung 6.1.: Moortypen. [8]

Abbildung 6.1 zeigt, wie die Speicherung von Treibhausgasen in Mooren vom Wasserstand abhängt. Entwässerte Moore geben selbst nach Jahrzehnten noch Kohlenstoff ab. Durch *Wiedervernässung* (Anheben/Herstellen dauerhaft hoher Wasserstände) lassen sich diese Emissionen stoppen und neuer Kohlenstoff in Form von Biomasse im Boden binden. Ist der Wasserstand jedoch zu hoch, entsteht vermehrt Methan (CH_4), ein starkes Treibhausgas.

6.2 Möglichkeiten

Moore können auf zwei verschiedene Arten renaturiert werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, mit sogenannten Ausgleichsmassnahmen zu arbeiten, bei denen an einer anderen Stelle etwas geschaffen wird, das einen vergleichbaren Nutzen für die Umwelt hat wie das Moor, das im jeweiligen Zusammenhang betrachtet wird. Oder man versucht, ein entwässertes Moor wiederherzustellen. Auf die Massnahmen, wie dies konkret geschehen kann, gehe ich in diesem Kapitel ein.

Als oberste Priorität solle aber immer der Schutz der noch bestehenden Moore sein, dies ist effizienter und Kostengünstiger als beschädigte Moore zu renaturieren.

6.3 Espace Marais

Das BAFU hat zusammen mit 16 Kantonen im «Pilotprogramm Anpassung an den Klimawandel» einen Werkzeugkasten entwickelt, der es ermöglicht, die Wasserressourcen von Mooren gezielt zu managen. [63]

Die folgenden neun Schritte machen es möglich:

1. Über die zu enge Abgrenzung allein nach der typischen Moorvegetation hinausgehen und das Schutzobjekt als ganzen Moorkomplex (Moorlandschaft mit Hoch- und Flachmooren sowie torfigen Böden) neu definieren, der als funktionale Einheit betrachtet wird.
2. Feststellen, woher das für den Erhalt eines Moores notwendige Wasser kommt, und je nach Bedarf ein bis acht Typen von hydrologischen Pufferzonen (Wasserschutzbereiche) definieren, in denen jede Änderung des Wasserhaushalts überprüft werden muss.
3. Identifizieren, zu welchem hydrologischen Typ ein Moor gehört. Dabei werden Geländeform, Wassersystem und Bodentypen berücksichtigt.
4. Veränderungen am Wasserhaushalt ermitteln, die durch Flussumleitungen, Quellaussparungen, Entwässerung oder Abpumpen entstanden sind und die Mooren heute eine ausreichende Wasserversorgung vorenthalten. Hauptursachen für die Trockenlegung bestimmen, die Landwirtschaft ist dabei zwar wichtig, aber nicht die einzige Ursache.
5. Auf Grundlage der Schritte 1 bis 4 eine Liste der notwendigen Beobachtungen

und Messungen vorbereiten, die vor Ort durchgeführt werden müssen, um Hypothesen zu überprüfen und offene Fragen zu klären.

6. Feldaufnahmen gemäss des in Schritt 5 erstellten Pflichtenhefts durchführen.
7. Alle Informationen in einem Dossier zusammenfassen, das als Grundlage für die Abgrenzung konsolidierter hydrologischer Pufferzonen dient (auf Feldgutachten gestützt).
8. Massnahmen zur Wiederherstellung einer ausreichenden Wasserversorgung berücksichtigen, da diese Voraussetzung für den Erhalt der Moorflächen ist.
9. Der Kanton verfügt über die notwendigen Informationen, um hydrologische Pufferzonen rechtlich umzusetzen. [9]

6.4 Schutzmassnahmen

6.4.1 Kleinräumige Besucherlenkung

Es gibt verschiedene planerische Massnahmen, um den negativen Einfluss von Besucher auf Moore zu verringern.

Eine Möglichkeit ist die Besucherlenkung durch klar definierte Wege, etwa Holzstege, wie im Hochmoor auf der Göscheneralp: Sie halten Besucher auf den Pfaden und verhindern, dass quer durch das Moor gelaufen wird was zudem mit Gefahren verbunden wäre.



Abbildung 6.2.: Besucherlenkung Göscheneralp. [81]

Ein guter Weg, dies zu unterstützen, sind Lehrpfade. Sie lenken Besucher gezielt und haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie für das Thema sensibilisieren. Lehrpfade werden vom Bund subventioniert, was es für Betreiber attraktiver macht, Wege anzulegen. Bei der Besucherlenkung gilt: Wege müssen regelmässig gewartet und im Idealfall rückstandslos demontiert werden können.

Wichtige Punkte bei der Wegführung:

- Wege möglichst ausserhalb bzw. am Rand der Moorflächen führen
- Durch Moore nur auf befestigten Holzstegen
- Holzstege möglichst durchgehend führen, um Besucherströme zu bündeln
- In Flachmooren Wege dem Hang entlang oder an der schmalsten Stelle anlegen
- Bestehende Wege mit Holz befestigen

Ausführung der Wege:

- Keine belasteten Materialien wie alte Eisenbahnschwellen verwenden
- Holzwege ohne Betonsockel bevorzugen [10]

6.4.2 Grossräumige Besucherlenkung

Eine weitere Möglichkeit ist die Steuerung durch Gebühren. Beispielsweise können Parkgebühren erhoben werden. Ist der Eintritt ins Moor ansonsten kostenlos, fördert dies die Nutzung des öffentlichen Verkehrs. Mancherorts werden Eintrittspreise verlangt (vgl. Projekt in Kapitel 4.6). Dies führt oft dazu, dass Besucher den Ort als wertvoller wahrnehmen und sich sorgsamer verhalten. Die Einnahmen sollten zweckgebunden für den Schutz der Moore eingesetzt werden.

Moore gehören zu den am stärksten gefährdeten Lebensräumen in der Schweiz, da sie empfindlich auf Stickstoffeinträge aus der Luft reagieren. Der übermässige Stickstoff stammt grösstenteils aus der Nutztierhaltung: Ammoniak (NH_3) entweicht aus Stallluft, Güllelagerung und insbesondere bei der Ausbringung von Gülle. Über die Luft gelangt er auf die Moorflächen, wo er als zusätzlicher Nährstoff wirkt. Diese Zufuhr verändert das Gleichgewicht: konkurrenzschwache Arten wie Torfmoose oder seltene Orchideen verschwinden, nährstoffliebende Arten breiten sich aus. Damit gehen Artenvielfalt, typische Moorstrukturen und langfristig auch die Speicherfunktion für Kohlenstoff verloren.

Um diese Entwicklung aufzuhalten, setzt der Kanton Zürich auf Massnahmen der Luftreinhaltung: emissionsarme Ausbringungstechniken (z. B. Schleppschlauch), strengere Grenzwerte für Tierhaltungsanlagen sowie Abluftreinigungsanlagen. Diese Vorgaben sollen den Stickstoffeintrag wirksam reduzieren und so den Schutz sowie die Funktionsfähigkeit der Moore langfristig sichern. Eine geringere Belastung stärkt nicht nur die Artenvielfalt, sondern verbessert auch die Fähigkeit der Moore, Kohlenstoff im Torf zu speichern, ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz. [11]

6.5 Ausgleich

Ausgleichsmassnahmen bei Lebensräumen: Mit der *Wiederherstellung* werden temporäre Eingriffe gleicher Art, mit gleicher Funktion und in gleichem Umfang am Ort des Eingriffs behoben. Mit dem *Ersatz* werden die Verluste gleicher Art, mit gleicher Funktion und in gleichem Umfang an einem anderen Ort oder in anderer angemessener Weise kompensiert. Der Ersatz soll die ökologische Gesamtbilanz in einem regionalen Rahmen wiederherstellen. Mit dem *ökologischen Ausgleich* sollen die Auswirkungen intensiver Nutzung innerhalb und ausserhalb von Siedlungen unabhängig von einem konkreten technischen Vorhaben kompensiert werden.

Notwendigkeit von Wiederherstellungs- und Ersatzmassnahmen: Die Massnahmen sind erforderlich, sobald ein Eingriff besonders schutzwürdige Lebensräume tangiert, unabhängig davon, ob sich diese Lebensräume innerhalb oder ausserhalb von Schutzgebieten befinden. Das Gesetz gibt eine Rangordnung der Massnahmen (*Massnahmenkaskade*: Vermeiden → Minimieren → Wiederherstellen → Ersetzen) vor:

- Grundsatzentscheid für oder gegen das Projekt (Interessenabwägung).
- Bestmöglicher Schutz: Kann das Projekt geändert oder der Eingriff minimiert werden?
- Grösstmögliche Schonung durch Wiederherstellung.
- Grösstmögliche Schonung durch angemessenen Ersatz.

Der *Projektperimeter* (räumlich abgegrenzter Untersuchungs-/Umsetzungsbereich) umfasst nicht nur den sichtbaren Teil einer Landschaft, sondern auch Lebensräume unterhalb der Wasser- und Erdoberfläche, die die Kriterien besonderer Schutzwürdigkeit erfüllen (z. B. Unterwasservegetation oder Höhlen). Oft ist es sinnvoll, Ersatzmassnahmen ausserhalb des Projektperimeters vorzunehmen und diesen entsprechend zu erweitern. [12]

6.6 Wiedervernässung

6.6.1 Kosten

Zur *Monetarisierung* (Bewertung in Geldeinheiten) der Renaturierung kann man *Zertifikate* (Emissionszertifikate/CO₂-Gutschriften) heranziehen, diese dienen auch als Referenz für Ausgleichsmassnahmen.

Die Kosten pro Hektar unterscheiden sich je nach nötigen Massnahmen und örtlichen Gegebenheiten stark: zwischen 22'000 und 480'000 CHF pro Hektar. Daraus ergeben sich mittlere Regenerationskosten von 78'000 CHF pro Hektar Moor. Daraus resultiert, dass die Bindung einer Tonne CO₂ demzufolge rund 75.9 CHF kostet, und man pro Hektar etwa 1'026 Zertifikate generieren könnte. Inklusive *administrativer Zuschläge* (Projektverwaltung, Puffer, Monitoring) ergibt sich ein Zertifikatspreis von ca. 98 CHF pro Tonne CO₂. [4]

Dies dient als Richtpreis zur Kostenschätzung und muss bei jedem Projekt evaluiert werden.

Klimapotenzial und Kostenabschätzung						
Tiefe (m)	Klimapoter in OC/ha Flur	Klimapoter in t CO ₂ -eq/ha	Regenerati pro t CO ₂ (CHF/ha)	+5% Pro- jektemis- sionen	+20% adminis- trative Kosten (CHF)	Zertifikatspreis bei 78'000 CHF
0.5	280.00	1026.67	75.97	3.8	15.2	98.7

Tabelle 6.1.: Klimapotenzial und abgeschätzte Kosten pro Hektar bei 0.5 m Tiefe. [4]

Hinweis: OC = organischer Kohlenstoff (Carbon), CO₂-eq = CO₂-Äquivalente.

6.6.2 Massnahmen

Damit Moore wiedervernässt werden können, sind unter anderem grössere bauliche Massnahmen nötig. Die Entwässerungsgräben müssen wieder verschlossen werden, damit das Wasser nicht abfliessen kann.

Bevor man die Rückbaumassnahmen startet, gilt es zu planen: Das Gelände vermessen und Bodenproben nehmen, um über den Zustand der Torfe Bescheid zu wissen. Ebenso ist zu bedenken, welche Einflüsse die Vernässung auf die lokal vorherrschende Pflanzen- und Tierwelt haben wird. Aus diesen Informationen entsteht ein Plan, welche Massnahmen getroffen werden, um eine erfolgreiche Wiedervernässung zu erreichen.

Entscheidend für die Massnahmen ist auch, ob es sich um ein Hoch- oder ein Niedermoor handelt. Hochmoore werden alleine durch Niederschlagswasser gespeist, wohingegen Niedermoores Grundwasser benötigen.

Sind alle Planungen abgeschlossen, ist der erste Schritt, wieder Wasser in den Torfkörper zu bringen. Das bedeutet, dass alle Entwässerungsgräben verschlossen und *Drainagerohre* (Entwässerungsrohre) demontiert werden müssen. Die Gräben werden mit Spezialbaggern bearbeitet, die extra breite Ketten haben, um nicht im Moor einzusinken. In Hochmooren werden anschliessend normalerweise Dämme gebaut, welche das Wasser zurückhalten. Dafür muss Torf verdichtet werden, damit er wieder wasserundurchlässig wird. Ist dies nicht möglich, kann man geeignete Teichfolie verwenden, um das Wasser zurückzuhalten. Durch diese Massnahmen kann sich das Moor langsam wieder mit Wasser füllen. Normalerweise plant man von Anfang an regulierbare

Überläufe (steuerbare Abflüsse) ein, damit sich das Moor optimal entwickeln kann.

Niedermoore werden aus Grund- und Oberflächenwasserströmen gespeist, was die Planung auf ein weitläufiges Gebiet rund um das Moor erweitert. Man kann Bäche und Flüsse nutzen, die durch die nähere Umgebung fließen, um das Moor wieder zu speisen. Sind die Moore gestaut, kann sich das Wasser wieder im Torfkörper ausbreiten und diesen vernässen. Geschieht das, können moortypische Pflanzen zurückkehren. Ein Problem ist, dass diese Gewässer häufig *eutrophiert* (übermässig nährstoffreich) sind, was zu einer zu starken Torfzersetzung führen würde. Um dies zu verhindern, muss Wasser im Randbereich gestaut werden, um die Sedimente mittels chemischer Prozesse abzubauen oder, wenn möglich, ablagern zu lassen. [3]



Abbildung 6.3.: Moorraupe MR1000. [64]

In der Abbildung 6.3 sieht man den Bagger MR1000 der Firma Bokern. Gut darauf zu sehen sind die Grossflächigen Raupen, welche dafür sorgen dass der Bagger im Moor nicht einsinkt.

„Sirik Loosman: Kann man Moore erweitern?“

„Alex Kornelsen: Ja, das ist möglich. Wenn die Bedingungen stimmen, wachsen Moore nach. Die Torfschicht bildet sich allerdings nur sehr langsam, etwa einen Millimeter pro Jahr. Aber Pflanzen- und Tierwelt kehren viel schneller zurück, wenn Flächen wiedervernässt werden. Deshalb ist Moorschutz so befriedigend: Man sieht oft schon nach wenigen Jahren grosse Fortschritte in der Natur. Stück für Stück können so auch Flächen erweitert werden.“ [80]

Die Schwierigkeiten bei der Wiedervernässung sind einerseits politischer Natur, da es ein grosses Konfliktpotenzial hat, und andererseits technischer Natur: Häufig wird Wasser über einen Kanal aus einem Fluss zugeführt. Ist dieses Wasser eutrophiert, schafft das keine optimalen Bedingungen für ein gesundes Moor. [82]

Torfbörse

Gelegentlich kommt es vor, dass bei Aushubarbeiten ausserhalb von Mooren Torf (zersetztes Pflanzenmaterial) zum Vorschein kommt. Dieser wurde früher auf Deponien gelagert und verursachte dort Kosten. Seit 2006 gibt es eine sogenannte *Torfbörse*, in der Torf sinnvoll wiederverwendet werden kann, indem er für die Regeneration von Mooren eingesetzt wird. Wird bei Aushubarbeiten sauberer, möglichst wenig zersetzter Torf gefunden, kann dies der Torfbörse gemeldet werden. Sie prüft die Eignung und vermittelt den Torf direkt an Projekte zur Moorrenaturierung. Umgekehrt kann der Torfbörse auch gemeldet werden, wenn für solche Projekte Torf benötigt wird. [1]

Damit der Torf in Renaturierungsprojekten eingesetzt werden kann, muss er folgende Eigenschaften aufweisen:

- sauer bis neutraler pH-Wert (< 7)
- faserige Struktur, bei Anschnitt meist dunkelbraun
- frei von Verunreinigungen (kein Lehm, keine Seekreide, kein Aushubmaterial)
- nährstoffarm, keine landwirtschaftliche Nutzung (allenfalls Abtrag der obersten Schichten möglich) [65]

6.7 Konzept Wiedervernässung

Ein alternativer Ansatz wäre, eine Anlage ähnlich eines *Klärbeckens* (naturnaher Vorreinigungs- und Absetzbereich) zu bauen, das ähnlich wie in Naturpools funktioniert und Nährstoffe mittels Pflanzen und Pflanzenkohle aus dem Wasser filtert und so den Zufluss natürlich regelt. Die genaue technische Machbarkeit und Umsetzung müsste in einer Studie geklärt werden.

Vorbecken

Hält zunächst gröbere Sedimente zurück.

Vegetationsrinne

Pflanzen nehmen gelöste Nährstoffe auf; mikrobielle Prozesse bauen diese weiter ab.

Filterstufe (Kies/Sand + Pflanzenkohle)

Entfernt verbleibende Schwebstoffe und Nährstoffe.

Je nach Belastung können die Stufen mehrfach hintereinandergeschaltet werden, bis der gewünschte Reinigungsgrad erreicht ist. Die eingesetzte **Pflanzenkohle** kann danach, mit gebundenen Nährstoffen, in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer bzw. Trägerdünger weiterverwendet werden.

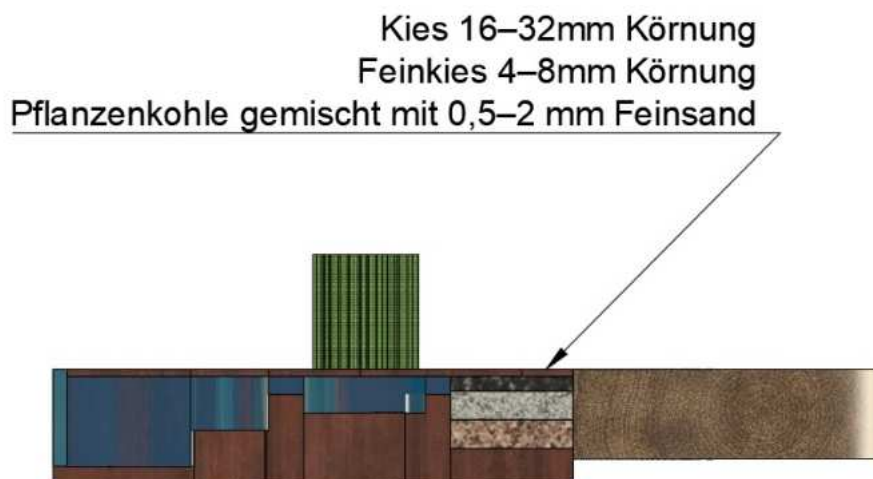


Abbildung 6.4.: Filteranlage. [83]

Abbildung 6.4 zeigt den funktionellen Aufbau des Filters im Schnitt.

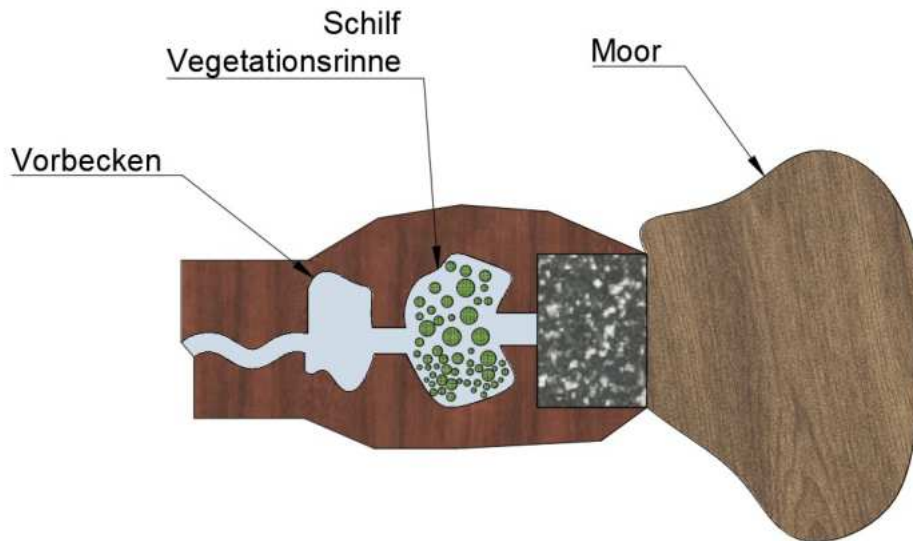


Abbildung 6.5.: Funktionsskizze. [83]

Abbildung 6.5 zeigt einen schematischen Aufbau eines Filters für die Reinigung der Zuläufe. Man kann in der Ansicht gut die einzelnen Segmente der Anlage erkennen.

6.8 Massnahmekatalog

Der folgende Massnahmekatalog wurde nach der Vorlage aus dem Unterricht erstellt und dient als Beispiel für die Projektplanung.

Projektblatt

Projektname (Arbeitstitel): Besucherlenkung in Mooren

Kurzbeschreibung der Massnahme:

Moore, die als Erholungsgebiete genutzt werden, stehen zwangsläufig vor dem Problem, dass Besucher Schäden hinterlassen. Ziel ist es daher, die Besucher gezielt über Wege zu lenken und ihnen Möglichkeiten zur sauberen Entsorgung von Abfall zu bieten.

Prioritäre Akteure: Gemeinden, Kantone und Grundeigentümer

Beispiel: Hochmoor auf der Göscheneralp

Finanzierung:

Welche Institutionen oder Firmen kommen als Investoren in Frage, um die Erstellungskosten zu tragen?

Akteur	Chancen für Zusage			
	1	2	3	4
Gemeinde _	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kanton _	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grundeigentümer _	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Investor _	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

1 = kleine Chancen, 4 = grosse Chancen (Zusage liegt vor).

Machbarkeit in organisatorischer und technischer Hinsicht:

Erwartete Schwierigkeiten / Probleme:

- Kosten für Installation und Betrieb
- Akzeptanz bei den Grundeigentümern
- Unterstützung durch die Kantone

Gesamteinschätzung: 1 = kleine Chancen, 4 = grosse Chancen

1 2 3 4

Machbarkeit in politischer und raumplanerischer Hinsicht:

Erwartete Schwierigkeiten / Probleme:

- Raumplanung und Bewilligungen
- Auswirkungen auf Tiere (Fauna)
- Anpassungen von Reglementen
- Finanzierung

Gesamteinschätzung: 1 = kleine Chancen, 4 = grosse Chancen

1 2 3 4

Besonderes: Beim Bau der Wege muss auf Materialien geachtet werden, die mit dem Moorboden verträglich sind. Zudem ist darauf zu achten, den Eingriff so gering wie möglich zu halten.

Priorität: mittel

Gesamtbeurteilung:

- + Besserer Schutz von Pflanzen (Flora) und Tieren (Fauna)
- + Weniger Littering (Abfall) und Lärm
- Grosser Aufwand bei der Umsetzung

Bezug zu anderen Projekten: Naturlehrpfade

6.9 Aufgaben der Moore

Intakte Moore übernehmen eine Vielzahl von Aufgaben, wie im Weiteren beschrieben, sind sie hervorragende CO₂-Speicher.

Intakte Hochmoore können grosse Wassermengen puffern und so erheblich zum Schutz vor Hochwasser und Überschwemmungen beitragen. Sie können bis zu 90% des Regenwassers auffangen, wohingegen entwässerte Moore bis zu 70% des Wassers abfließen lassen. Durch Renaturierung kann diese Funktion nahezu vollständig wiederhergestellt werden. [61]

Sie regeln auch den Nährstoffhaushalt im Grundwasser: Als Filter reinigen sie das durchströmende Wasser und verbessern so die Qualität des Grundwassers. Die gefilterten Sedimente sammeln sich in den unteren Torfschichten. Sie entziehen dem Wasser Stoffe, die unser Grundwasser belasten könnten. Deswegen nennt man sie auch.

„Nieren der Landschaft“ [61]

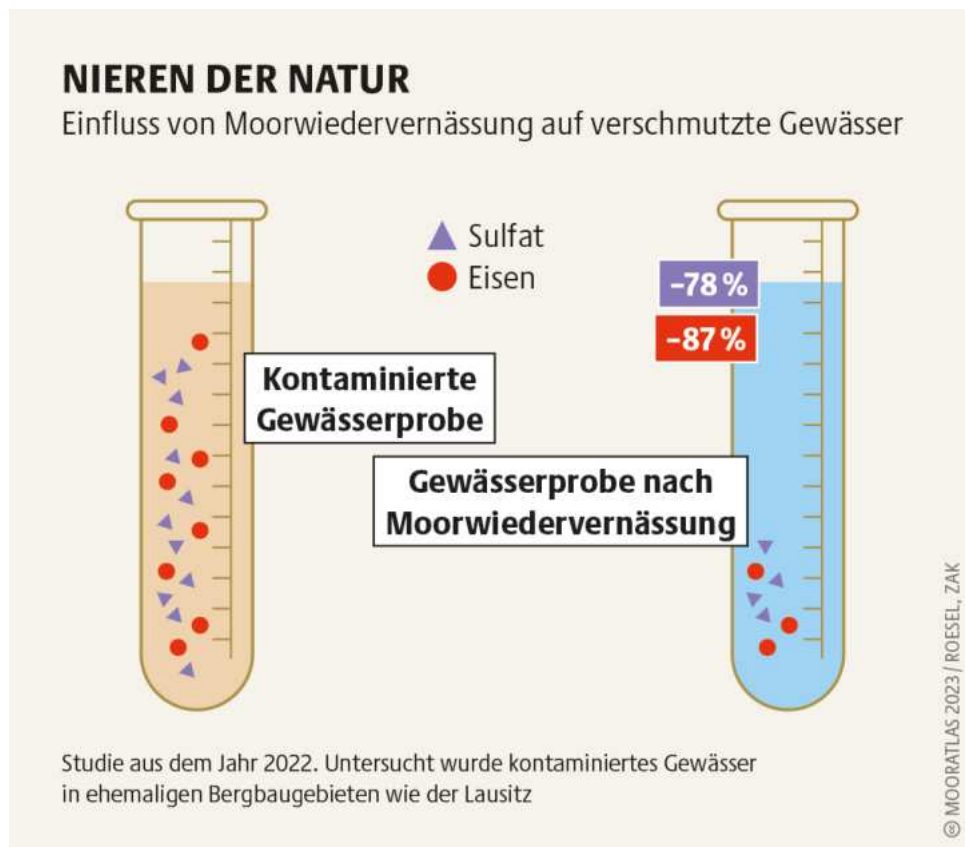


Abbildung 6.6.: Nieren. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, Eimermacher/STOCKMAR+WALTER Kommunikationsdesign, CC BY 4.0

Die Abbildung 6.6 verdeutlicht stark vereinfacht die Reinigungsleistung gesunder Moore. Eine Studie von 2022 aus der Lausitz zeigt zudem, dass renaturierte Moore bei Wiedervernässung mit belastetem Wasser Schadstoffe herausfiltern und so wie ein natürlicher Filter wirken.

6.10 Wichtigkeit der Pufferzonen

Moorlebensräume gehören zu den empfindlichsten Ökosystemen und stehen oft unter Schutz, da sie durch menschliche Eingriffe wie Düngung oder Entwässerung (Drainage) direkt geschädigt werden können. Heute bestehen die grössten Gefahren jedoch weniger in solchen direkten Eingriffen, sondern vor allem in indirekten Belastungen. Dazu zählen Nährstoffeinträge aus angrenzender Landwirtschaft, die über Bodenwasser, Entwässerungsgräben, Abschwemmung oder Staubeintrag ins Moor gelangen können. Auch Veränderungen im Wasserhaushalt, etwa durch Grundwasserabsenkungen bei Bauvorhaben oder durch Flussverbauungen, wirken sich negativ aus.

Um diese Risiken zu mindern, sind die Kantone verpflichtet, Pufferzonen einzurichten. Diese sollen vor allem Nährstoffeinträge reduzieren und den Wasserhaushalt (Hydrologie) stabilisieren.

Studien im Auftrag des BAFU zeigen, dass Pufferzonen ein wirksames Instrument sind: Sie verhindern seitlichen Nährstoffeintrag, fördern die Nährstoffarmut (Ausmagerung) in den Randbereichen und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur langfristigen Erhaltung der Moore. Besonders in der Schweiz, wo die meisten Moore sehr klein sind, haben Randeffekte ein überproportional grosses Schadenspotenzial.

Neben Nährstoffpufferzonen sollten deshalb auch hydrologische Pufferzonen ausgewiesen werden, um den Wasserhaushalt der Moore zu schützen. Untersuchungen belegen zudem, dass die positiven Effekte erst über längere Zeiträume sichtbar werden, in einer 13-jährigen Studie nahm die Nährstoffversorgung der Randbereiche deutlich ab.

Trotz dieser belegten Wirksamkeit bestehen nach wie vor Umsetzungsdefizite: In vielen Kantonen wurden die vorgeschriebenen Pufferzonen noch nicht vollständig eingerichtet, oft wegen Akzeptanzproblemen bei den Bewirtschaftern. Dies obwohl die Ertragsausfälle in der Regel vertraglich entschädigt werden. [1], [13]

6.11 Nutzung von Mooren

Die Menschheit nutzt Moore seit Jahrtausenden zur Land- und Forstwirtschaft oder zum Torfabbau. Durch Entwässerung werden Moorflächen trockengelegt und dann entweder der fruchtbare Boden für die Landwirtschaft genutzt oder der Torf abgebaut, um ihn als Brennstoff oder als Substrat für den Garten zu verwenden. [3] Wir müssen jedoch von der Ausnutzung der Moore zu einer Nutzung kommen, die sie nicht zerstört und der Umwelt keinen grossen Schaden zufügt.

Moore haben noch mehr zu bieten: Da sie viel Wasser speichern, sorgen sie in unmittelbarer Umgebung durch Verdunstung für ein angenehmes Mikroklima, ideale Naherholungsgebiete.

„Sirik Loosman: Wer profitiert wirtschaftlich von diesen technischen Lösungen – gibt es Interessenkonflikte? “

„Alex Kornelsen: Natürlich gibt es Interessenkonflikte. Manche Unternehmen verdienen an Entwässerung, andere an Torfabbau. Aber genauso gibt es Firmen, die von Renaturierung profitieren: durch Sensorik, Monitoring oder neue Produkte aus Paludikultur. Wichtig ist, dass wir ein Geschäftsmodell haben, das den Schutz von Mooren fördert. Wenn wir messen können, wie viel ein Moor leistet, können wir diese Leistungen auch ökonomisch sichtbar machen und genau das schafft Anreize für Investitionen in Moorschutz.“ [80]

Dies bringt die Herausforderung gut auf den Punkt: Es gibt viele Möglichkeiten, Moore wirtschaftlich zu nutzen, ohne sie zu zerstören. Wir müssen diese Möglichkeiten nur wahrnehmen.

6.11.1 Rohstofflieferant

Die *Paludikultur* (Bewirtschaftung nasser Moore zur Rohstoffproduktion) leitet sich von lateinisch *palus* „Morast, Sumpf“ und *cultura* „Bewirtschaftung“ ab. [66] Dies beschreibt den Zweck: die Kultivierung von Rohstoffen auf nassen Standorten.

Früher wurden Moore trockengelegt, um darauf Viehwirtschaft zu betreiben oder Nahrungsmittel anzubauen. Werden sie wiedervernässt, fällt dieser wirtschaftliche Teil weg. Durch Paludikultur können jedoch Rohstoffe kultiviert werden, die sich für verschiedene Zwecke nutzen lassen. Dabei steht die Herstellung nachwachsender Rohstoffe im Vordergrund, nicht die Produktion von Nahrungsmitteln. [3]

6.11.2 Voraussetzungen

Der Umstieg von klassischer Landwirtschaft auf Paludikultur ist für Landwirt:innen nicht trivial. Zum einen fehlt oft das Fachwissen, wie solche Kulturen bewirtschaftet werden, ohne dieses Wissen fehlt auch das Interesse. Landwirt:innen müssen aktiv gefördert werden, damit ein Anreiz besteht, ehemalige Moore wieder zu vernässen und darauf Paludikulturen anzubauen. Es braucht finanzielle Unterstützung: neue Pflanzenbestände, Bauarbeiten zur Wiederanhebung des Wasserpegels und häufig neue Maschinen für Pflege und Ernte. Ohne staatliche Unterstützung und Förderung fehlt der Anreiz. Produkte aus Paludikultur reduzieren durch Wiedervernässung Treibhausgasemissionen und können fossile Rohstoffe bzw. energieintensive Produkte ersetzen, mit mehrfach positivem Klimaeffekt. [3]

6.11.3 Produkte

Durch Paludikultur lassen sich diverse Rohstoffe gewinnen. Die folgende Grafik zeigt anschaulich, dass Rohstoffe aus Paludikultur einen vielfältigen Einsatzzweck haben. Der Markt ist aktuell noch klein, doch die steigende Nachfrage nach nachhaltigen Lösungen könnte den Einsatz dieser Rohstoffe erhöhen.

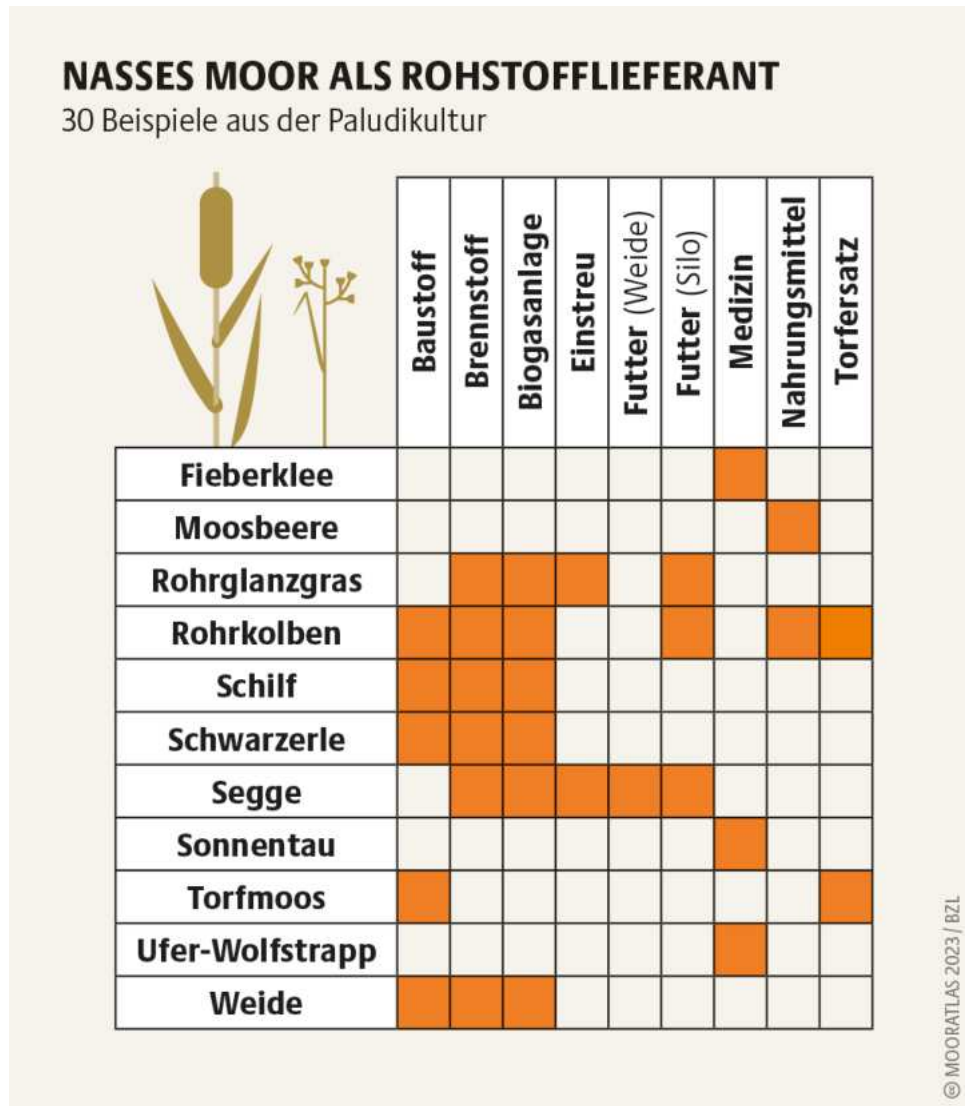


Abbildung 6.7.: Rohstoffnutzung. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, Eimermacher/-STOCKMAR+WALTER Kommunikationsdesign, CC BY 4.0

Abbildung 6.7 zeigt die vielseitigen Einsatzbereiche von in Mooren wachsenden Rohstoffen. Verschiedene Pflanzen sind breit nutzbar.

6.11.4 Rohstoffe

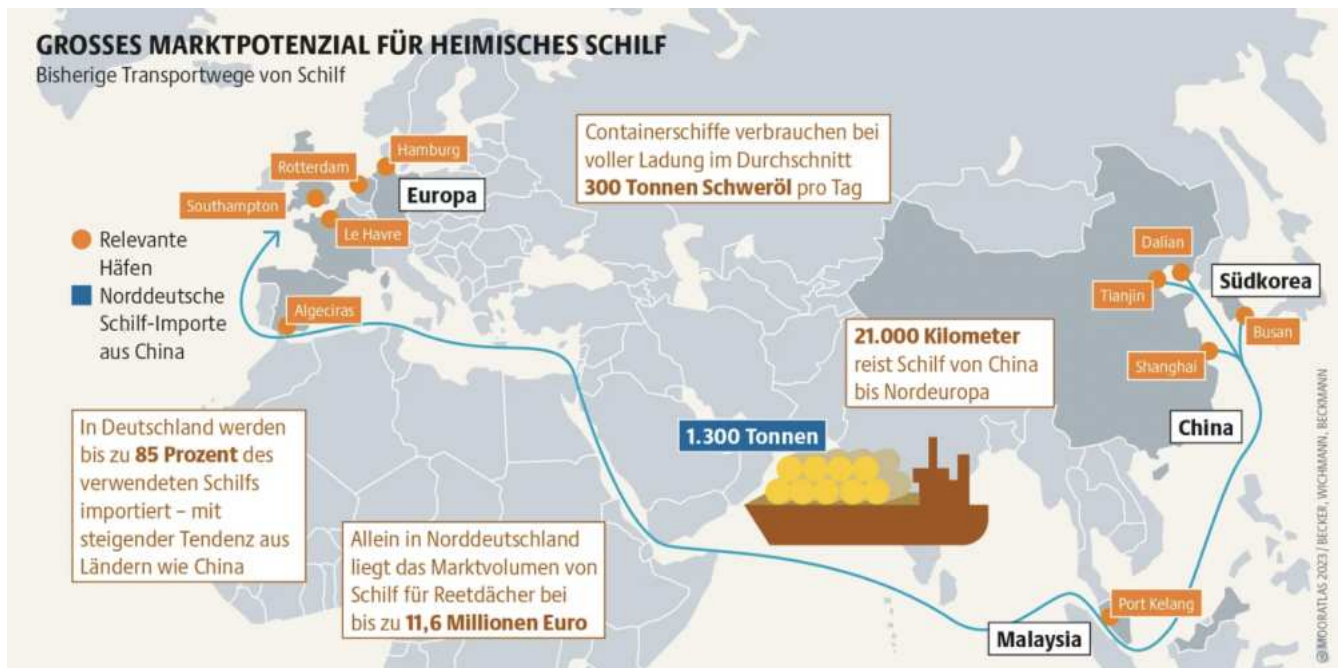


Abbildung 6.8.: Schilfimport. Quelle: [3]. Grafik: *Mooratlas 2023*, Eimermacher/-STOCKMAR+WALTER Kommunikationsdesign, CC BY 4.0

Wie Abbildung 6.8 zeigt, wird aktuell der grösste Teil des Schilfs, etwa für klassische Reetdächer, aus China importiert. Das Schilf muss dazu mit Containerschiffen um die halbe Welt transportiert werden. Die Nutzung von Schilf aus Europa würde demnach nicht nur durch Moorschutz, sondern auch durch das Einsparen der Transportwege grosse Mengen CO₂ sparen. Schilf ist durch die natürliche Einlagerung von Silizium wasserresistent und schwer entflammbar, darum eignet es sich neben der traditionellen Verwendung als Schilfdach auch hervorragend als Dämmmaterial. Ebenso könnten Torfmoose als natürliche „Schwämme“ oder als Torfersatz in Substraten genutzt werden. Ein Kilogramm Torfmoos kann bis zu 30 Liter Wasser speichern. Es existieren bereits viele Prototypen aus Paludikultur, die hervorragende Alternativen zu herkömmlichen Materialien darstellen und lange Transportwege vermeiden. Aktuell fehlt es noch an genügend Anbauflächen, weshalb es am Markt erst wenige Paludi-Produkte gibt. [3]

6.11.5 Nahrungsmittel

Moore könnten sogar zur Produktion von Nahrungsmitteln genutzt werden. Die *Moosbeere* (*Vaccinium macrocarpon*) ist hierzulande als *Cranberry* bekannt und mit der Heidelbeere verwandt. Alle Teile des *Rohrkolbens* (Gattung *Typha*) sind essbar, die Rhizome wurden früher wie Kartoffeln verwendet oder zu einer Art Mehl verarbeitet. [67]

6.11.6 Kleidung

Mit BioPuff hat die Firma Ponda ein innovatives Isolationsmaterial aus Rohrkolben geschaffen, das Daunen in seiner Wärmewirkung ebenbürtig ist. Gleichzeitig punktet es ökologisch: Es kommt ohne Tierleid aus, basiert auf schnell nachwachsenden Rohstoffen, verursacht geringere Umweltbelastungen bei der Produktion und ist biologisch abbaubar, ein Beitrag zu einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft.



Abbildung 6.9.: BioPuff. [68]

6.11.7 Dämmstoffe

Der Bausektor, insbesondere bei Dämmmaterialien, bietet das derzeit grösste Marktpotenzial für Paludi-Produkte. Nachhaltige Rohstoffe aus nassen Mooren könnten nicht nur fossile Materialien ersetzen, sondern auch erheblich zur CO₂-Reduktion im Gebäudebereich beitragen. Doch trotz dieser Chancen scheitert die breite Umsetzung bislang an einer fehlenden Wertschöpfungskette, dem entscheidenden Hindernis für den Marktdurchbruch..



Abbildung 6.10.: Typhaboard. [69]

6.11.8 Papier

Auch in der Papier- und Kartonproduktion gibt es erste Anwendungen von Paludigrasfasern. Bisher handelt es sich überwiegend um Pilotprojekte, doch mit der Firma Creapaper hat ein Unternehmen bereits konkrete Produkte umgesetzt, darunter ein Paludi-Notizbuch. Das zeigt das Potenzial dieser nachwachsenden Rohstoffe, auch wenn der Markt insgesamt noch in den Anfängen steckt.



Abbildung 6.11.: Notizbuch. [69]

6.11.9 Tierhaltung

In der Paludikultur können Rinder gehalten werden. Durch ihre Wanderwege und das Abfressen von Pflanzen gestalten die Tiere die Moorlandschaft aktiv mit. Studien zeigen, dass dadurch die Artenvielfalt (Biodiversität) steigt. Zusätzlich können die Tiere für Milch- und Fleischproduktion genutzt werden.

Rinder in Mooren stellen nur geringe Ansprüche an Futter und Weideflächen. Wichtig ist, dass sie Zugang zu festen Flächen haben und ein geschützter Unterstand vorhanden ist.

Besonders geeignet sind zwei robuste Rassen: der Wasserbüffel und das Schottische Hochlandrind. Beide besitzen im Verhältnis zur Körpergröße relativ grosse Klauen, wodurch sie im weichen Boden weniger einsinken als andere Rinderrassen. [70]



Abbildung 6.12.: Wasserbüffel. [71]

6.11.10 Erholung

„In der Schweiz sind etwa ein Viertel der bedrohten Pflanzen auf Moorböden angewiesen.“ [26]



Abbildung 6.13.: Sonnentau. [50]

Moore bieten eine wundervolle Möglichkeit, sich zu erholen und seltene Tiere und Pflanzen zu beobachten. Aufgrund der Verdunstung ist es im Sommer in ihrer Umgebung oft spürbar kühler.

Risiken

Die Nutzung von Mooren als Naherholungsgebiete birgt gewisse Risiken. Durch Littering (Abfall) können erhebliche Schäden infolge von Verschmutzung entstehen. Auch das Betreten der Moorflächen kann den Torfkörper (zersetztes Pflanzenmaterial) oder die Vegetation stark beeinträchtigen.

6.11.11 Katastrophenschutz

„Alex Kornelsen: Moore sind natürliche Puffer. Sie speichern Wasser bei Starkregen und geben es langsam wieder ab, Schutz vor Hochwasser und Dürre zugleich. Andere Feuchtgebiete wie Mangroven schützen Küsten vor Hurricans. Bei uns übernehmen Moore diese Schwammfunktion im Binnenland. Ohne sie sind Fluten schlimmer und Dürren länger. Sie sind also direkte Akteure im Katastrophenschutz.“ [80]

Das Zitat zeigt gut, wie wichtig Moore auch für den Katastrophenschutz sind. Mit zunehmendem Klimawandel nehmen Extremwetter zu, Moore dienen als Puffer und schützen uns.

6.12 Variantenvergleich

Mit den obigen Möglichkeiten können wir jeweilige Varianten zur Renaturierung vergleichen, um die beste für den gewählten Standort auszuwählen.

Variante	Klimapotenzi: (t CO ₂ /ha)	Kosten (CHF/ha)	Wirtschaftlichk (CHF/t CO ₂)	Chancen	Risiken
Wieder- vernässung klassisch	4–15.5	22'000– 480'000	~76–100	hoher Kli- manutzen, Biodiversität	hohe Kosten, Konflikte mit Landwirt- schaft
Paludikultur	4–10 (indi- rekt)	ähnlich hoch	teils günstiger (Einnahmen möglich)	CO ₂ - Einsparung + Produkte	Umstellung für Land- wirt:innen schwierig
CO ₂ - Zertifikate Marktmecha- nismen	variabel	projektabhängig	kann senken	Kosten zusätzliche Finanzmittel	international schwer zerti- fizierbar

Tabelle 6.2.: Vergleich verschiedener Renaturierungsvarianten hinsichtlich Klimapotenzi-
tial, Kosten, Wirtschaftlichkeit sowie Chancen und Risiken.

- Ökologisch: Wiedervernässung bringt den direkt grössten Effekt.
- Ökonomisch: Paludikultur kann durch Produkteinnahmen attraktiv sein.
- Politisch/Praktisch: Zertifikate wären ein Hebel, sind aber etwas Greenwashing da man sich die CO₂ Einsparung über andere Projekte kauft, und die anderen positiven Aspekte des Moores nicht hat

6.13 Berechnungen

In diesem Kapitel rechne ich anhand des Beispiels in 4.6 nach, wie hoch das CO₂-Speicherpotenzial des Moors ist und was eine vollständige Renaturierung kosten würde. Als Richtwerte benutze ich die Durchschnittskosten aus 6.1 sowie die Projektgrösse gemäss BLN mit 115 ha. [14] Das Speicherpotenzial berechne ich gemäss den Werten aus Abschnitt 5.2. In Feuchtgebiets- und Renaturierungsprojekten werden die Betriebskosten (Pflege, Monitoring, Verwaltung) oft als 0,5–2 % der einmaligen Investitionskosten pro Jahr angesetzt. In dieser Berechnung wurde konservativ ein Wert von 0,5 % gewählt, da Moore im Idealfall weitgehend selbstregulierend sind. Kosten für das Anlegen von Wegen oder ähnliche Infrastruktur fallen nicht unter die eigentlichen Unterhaltskosten der Renaturierung. [15], [20]

6.13.1 Moor Sous-Martel-Derbier

Kosten der Renaturierung

$$\text{Kosten}_{\text{Renaturierung}} = (78\,000 \frac{\text{CHF}}{\text{ha}} \cdot 115 \text{ ha}) = 8\,625\,000 \text{ CHF}$$

Speicherpotenzial über 50 Jahre

$$\text{CO}_2^{50\text{J}} = 4 \frac{\text{t CO}_2}{\text{ha} \cdot \text{a}} \cdot 115 \text{ ha} \cdot 50 \text{ a} = 23\,000 \text{ t CO}_2$$

$$\text{CO}_2^{50\text{J}} = 15.5 \frac{\text{t CO}_2}{\text{ha} \cdot \text{a}} \cdot 115 \text{ ha} \cdot 50 \text{ a} = 89\,125 \text{ t CO}_2$$

Vergleicht man dies mit den jährlichen Emissionen der Schweiz von 40 000 000 t (vgl. Kapitel 5), wirkt es auf den ersten Blick gering. Über 50 Jahre entspricht das nur etwa 0.06–0.23 %. Man muss jedoch bedenken, dass es sich hier lediglich um ein einziges Moor handelt. Vor diesem Hintergrund ist die Zahl eindrücklich: 115 ha entsprechen lediglich ca. 0.003 % der Gesamtfläche der Schweiz.

Berechnung der Gesamtkosten über die Laufzeit

Die Gesamtkosten über die Projektlaufzeit setzen sich aus den einmaligen Investitionskosten für die Renaturierung und den jährlichen Betriebskosten zusammen:

$$\text{Kosten}_{\text{Betrieb/Jahr}} = 8\,625\,000 \cdot 0.005 = 43\,125 \text{ CHF/Jahr}$$

Mit den gewählten Annahmen:

$$\text{Kosten}_{\text{Investition}} = 8\,625\,000 \text{ CHF}$$

$$\text{Kosten}_{\text{Betrieb/Jahr}} = 43\,125 \text{ CHF}$$

$$\text{Jahre} = 50$$

ergibt sich:

$$\text{Kosten}_{\text{Laufzeit}} = 8\,625\,000 + (43\,125 \cdot 50) = 10\,781\,250 \text{ CHF}$$

Kosten pro vermiedene Tonne CO₂

Kosten pro vermiedene Tonne CO ₂ (50 Jahre, 0.5% Betriebskosten)		
Annahme	Eingesparte CO ₂ -Menge [t]	Kosten pro t [CHF/t]
Konservativ ($\Delta\text{CO}_2 = 4 \text{ t/ha}\cdot\text{a}$)	23'000	468
Optimistisch ($\Delta\text{CO}_2 = 15.5 \text{ t/ha}\cdot\text{a}$)	89'125	120

Tabelle 6.3.: Kosten pro vermiedene Tonne CO₂ bei konservativer und optimistischer Annahme.

Einordnung der Kosten im klimapolitischen Kontext

Die vorgestellten Berechnungen zeigen, dass Moorrenaturierungen in der Schweiz nicht nur ökologisch bedeutsam, sondern auch mit beträchtlichen finanziellen Aufwendungen verbunden sind. Je nach Szenario ergeben sich Vermeidungskosten zwischen rund **121 CHF/t CO₂** und **468 CHF/t CO₂**. Damit liegen sie im Bereich oder auch über der heutigen **CO₂-Abgabe in der Schweiz**, die aktuell bei 120 CHF/t CO₂ liegt und bis 2030 auf 300 CHF/t CO₂ ansteigen soll. Im internationalen Vergleich sind die Werte ebenfalls plausibel: Zertifikatspreise im freiwilligen Markt bewegen sich zwischen 20 und 100 CHF/t, im EU-Emissionshandel durchschnittlich 64,74 €/t.[72], [16], [17]

Diese Einordnung verdeutlicht, dass Renaturierungsprojekte rein ökonomisch derzeit nur schwer konkurrenzfähig sind. Mit zusätzlichen Einnahmequellen wie Paludikultur oder Ökotourismus können sie jedoch attraktiver werden. Aus klimapolitischer Sicht ist die Wiedervernässung von Mooren damit nicht nur ökologisch wirksam, sondern auch eine **potenziell kosten-effiziente Massnahme**.

6.13.2 Einnahme Möglichkeiten

Paludikultur

Für die Berechnung wurde angenommen, dass zunächst nur 20 % der Gesamtfläche von 115 ha versuchsweise mit Paludikultur bewirtschaftet werden, was einer Fläche von 23 ha entspricht. Auf Basis eines konservativen Ertrags von 4 t TM/ha·a ergibt sich eine Gesamtproduktion von rund 92 t TM pro Jahr. Je nach Produktpfad variieren die potenziellen Einnahmen deutlich: Während bei Typha (Rohstoff für Dämmstoffe) Bruttoerlöse zwischen 13 800 und 27 600 CHF pro Jahr erzielt werden können, ergibt sich für Schilf (Dach- und Plattenbau) ein Bruttoertrag von rund 41 400 CHF pro Jahr. Nach Abzug der reinen Erntekosten (52–150 CHF/t TM) verbleibt bei Typha ein Nettoertrag von 0 bis 22 816 CHF pro Jahr, während Schilf mit 27 600 bis 36 616 CHF pro Jahr deutlich höhere Nettoerlöse verspricht. Diese Werte stellen erste Orientierungen dar und berücksichtigen noch nicht zusätzliche Aufwendungen für Wasserstandsmanagement, Trocknung oder Vermarktung.

Einnahmen Paludikultur (23 ha Testfläche)						
Produktpfad	Preis [CHF/t TM]	Brutto [CHF/ha·a]	Brutto gesamt [CHF/a]	Netto* [CHF/a]	gesamt	
Typha (Dämmstoffe)	150–300	600–1 200	13 800–27 600	0–22 816		
Schilf (Dach/Platten)	≈450	1 800	41 400	27 600–36 616		

Tabelle 6.4.: Einnahmepotenzial von Paludikulturen auf einer 23 ha Testfläche. [18]

Für eine 23-ha-Testfläche ist Paludikultur als Erlösbringer realistisch, aber stark produkt- und kostenabhängig:

- Mit Typha (Dämmstoffe) liegen die Bruttoeinnahmen bei ca. 13 800–27 600 CHF/Jahr, nach Abzug typischer Erntekosten bleibt die Spanne 0–22 816 CHF/Jahr. Bei niedrigen Marktpreisen und hohen Erntekosten kann der Deckungsbeitrag gegen null gehen.
- Schilf (Dach/Platten) ist bei unterstelltem 450 CHF/t deutlich attraktiver: 41 400 CHF/Jahr brutto, 27 600–36 616 CHF/Jahr nach Ernte.
- Für eine saubere Wirtschaftlichkeitsrechnung sollten zusätzlich Wasserstandsmanagement, Trocknung, Transport/Logistik, Vermarktung und ggf. Investitionen aus dem Leitfaden (Kap. 2.4) einbezogen werden. Als Pilot empfiehlt sich: frühzeitige Abnahmeverträge (Preis-/Mengenrisiko) und ein Technik-Setup mit niedrigen Erntekosten.

Besucherzentrum

Besucherzahlen und Einnahmen 2024				
Ort / Jahr	Besucherzahl	Ø	Eintrittspreis [CHF]	Einnahmen [CHF]
Maison de la Tourbière, Ponts-de-Martel (2024)	4 000	8		32 000

Quelle: Eigene Darstellung, Besucherzahlen nach Maison de la Tourbière.

Tabelle 6.5.: Geschätztes Einnahmepotenzial des Besucherzentrums Maison de la Tourbière im Eröffnungsjahr 2024.[19]

6.13.3 Theoretisches Potenzial Schweiz

Speicherpotenzial aller Moore

Abschliessend berechne ich das theoretische Speicherpotenzial aller heutigen Moorflächen in der Schweiz und vergleiche es mit den jährlichen Emissionen. Mir ist bewusst, dass dies ein theoretischer Wert ist, da es aus verschiedenen Gründen nicht möglich ist, alle Moore vollständig zu renaturieren.

$$\text{CO}_2^{\text{Jahr}} = 4 \frac{\text{t CO}_2}{\text{ha} \cdot \text{a}} \cdot 28\,900 \text{ ha} = 115\,600 \text{ t CO}_2/\text{a}$$

$$\text{CO}_2^{\text{Jahr}} = 15.5 \frac{\text{t CO}_2}{\text{ha} \cdot \text{a}} \cdot 28\,900 \text{ ha} = 447\,950 \text{ t CO}_2/\text{a}$$

Dies entspricht rund 1 % der jährlichen Emissionen der Schweiz.

$$\text{Kosten}_{\text{Renaturierung}} = (78\,000 \frac{\text{CHF}}{\text{ha}} \cdot 28\,900 \text{ ha}) = 2\,254\,200\,000 \text{ CHF}$$

Das entspricht rund 2.25 Milliarden CHF.

Zum Vergleich: Der Bundesrat plant aktuell, die Mittel für Naturschutz und Biodiversität stark zu kürzen. Statt wie bisher deutlich höheren Beträgen sollen neu nur noch 280 Millionen CHF zur Verfügung stehen, weniger als 10 % dessen, was allein für die Renaturierung aller Moore nötig wäre. [73]

6.14 Bezug zu Kernfrage 2

Der Variantenvergleich zeigt: Klassische Wiedervernässung ist ökologisch am wirksamsten, Paludikultur kann ökonomische Anreize schaffen, und CO₂-Zertifikate eröffnen zusätzliche Finanzierungsmöglichkeiten. Jede Strategie hat Chancen und Risiken, die kombinierte Umsetzung erscheint am sinnvollsten. Damit konnte die zweite Kernfrage nach den geeigneten Renaturierungsstrategien beantwortet werden.

7. Monitoring

Um den Fortschritt der Wiedervernässung von Mooren zu überwachen, benötigt man Messmittel zur Dokumentation. Dieses Forschungsfeld ist jedoch noch relativ neu und bislang wenig erforscht.

„Sirik Loosman: Welche Sensoren, Messgeräte oder digitalen Tools setzt ihr konkret ein und was lässt sich damit erfassen?“

„Alex Kornelsen: Wir nutzen verschiedene Sensoren und Datenquellen: Boden- und Wassersensoren, Drohnenbilder, Satellitendaten. Damit erfassen wir Wasserstände, Bodentemperaturen, Vegetationsentwicklung und teilweise auch Gaskonzentrationen. Das Ziel ist, einen „Digital Twin“ des Moores zu entwickeln, ein digitales Abbild, mit dem wir modellieren können, wie Renaturierung wirkt. So können wir vorher-sagen, wie viel Wasser gespeichert, wie viel Kohlenstoff gebunden oder wie viele Schadstoffe gefiltert werden.“ [80]

7.1 Infrastruktur

Die besten Sensoren sind nutzlos ohne geeignete Infrastruktur, um die Daten aufzubereiten und zu visualisieren. Ich beschränke mich, wenn möglich, auf Sensoren, die mit der *LoRaWAN*-Technologie (Low Power Wide Area Network für geringe Datenraten und sehr geringen Energieverbrauch) funktionieren. Diese benötigt wenig Energie, kann mit Batterien betrieben werden und ist daher auch in abgelegenen Gegenden einsetzbar. Als *Broker* (Vermittlungsplattform für die Datentransporte) würde ich *The Things Network (TTN)* verwenden, um die Daten zu empfangen und an die Visualisierung weiterzuleiten.[21]

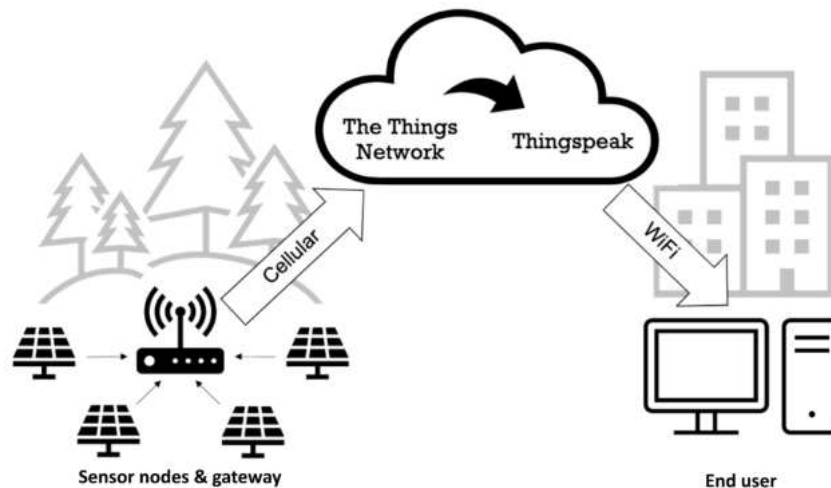


Abbildung 7.1.: TTS-Architektur. [21]

Abbildung 7.1 zeigt die Architektur eines Sensornetzwerks: Links sind die Sensoren dargestellt, welche die Messwerte an das *Gateway* (Funk-IP-Übergabepunkt) senden. Dieses überträgt die Daten via Internet an *The Things Network*. Von dort können sie an verschiedene Endnutzer weitergegeben werden.

Damit wir die Messwerte in unserem System sehen und speichern können, benötigen wir ein Gateway, ich würde in diesem Fall auf ein WisGate Connect Gateway der Firma RAK mit Solarunterstützung setzen. Wir setzen diese seit längerer Zeit in der Firma zu Testzwecken ein, und es läuft ohne Probleme. Die Unterstützung durch PV-Module und einer Speicherbatterie macht das Gateway unabhängig von Infrastrukturen.



Abbildung 7.2.: PV-Gateway. [74]

7.2 Visualisierung

Zur Visualisierung der erfassten Daten benötigt man ein Tool mit *Dashboards* (übersichtliche Anzeigeseiten mit Widgets), die individuell anpassbar sind. Aufgrund guter Erfahrungen in meinem beruflichen Umfeld würde ich dabei auf die Plattform *ThingsBoard* (Open-Source-IoT-Plattform für Geräteverwaltung, Alarme und Visualisierung) setzen. Sie bietet bereits viele Vorlagen zur Überwachung von Umweltdaten. Zudem lassen sich Alarmsysteme einrichten und kundenspezifische Dashboards erstellen.

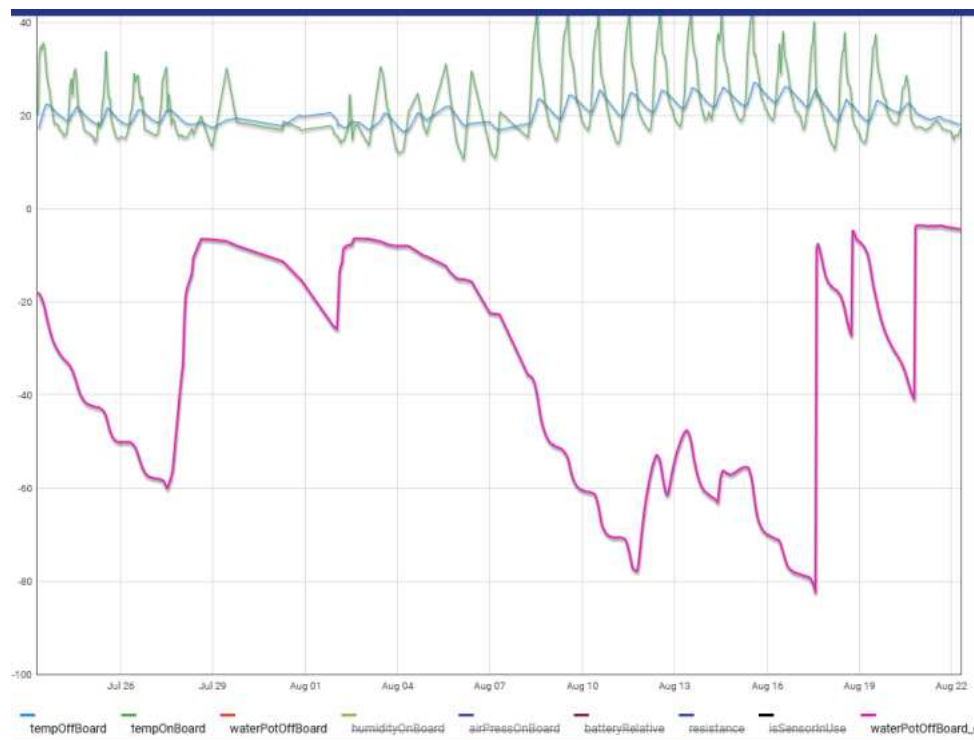


Abbildung 7.3.: Soil Dashboard. [83]

Abbildung 7.3 zeigt ein Beispiel-Dashboard von *ThingsBoard* für einen Bodensensor, der die *Saugspannung* (Wasserverfügbarkeitsanzeiger für Pflanzen) sowie Boden- und Lufttemperaturen aufzeichnet.

7.3 Bildgebendes Monitoring

In der Agrarwissenschaft werden seit Langem Satellitenbilder genutzt, um das Pflanzenwachstum zu überwachen. Diese Daten sind frei zugänglich und können auch für die Analyse von Mooren eingesetzt werden.

Die Sentinel-Satelliten des *Copernicus Data Space* (EU-Erdbeobachtungsprogramm) stellen eine Vielzahl an Bilddaten zur Verfügung. Besonders nützlich für Moore ist der

Normalized Difference Moisture Index (NDMI) (Spektralindex zur Abschätzung des Vegetationswassergehalts), mit dem sich der Wassergehalt der Vegetation überwachen lässt. Damit kann man erkennen, ob ein Moor vernässt oder entwässert ist. Ebenso lassen sich Bereiche identifizieren, die anfälliger für Trockenheit sind und daher ein engeres Monitoring benötigen.[75]

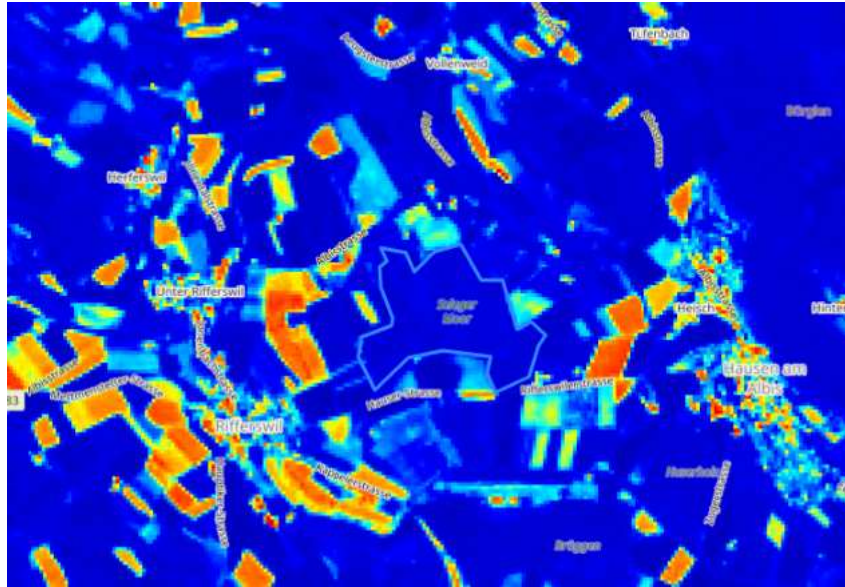


Abbildung 7.4.: Seleger Moor. [79]

Wie in Abbildung 7.4 zu sehen ist, sind die blau umrandeten Moorflächen gut vernässt. Die umliegenden Gebiete weisen hingegen grössere Flächen mit Trockenstress auf. Über Schnittstellen lassen sich die Daten in eigene Dashboards einbinden und mit weiteren Informationen, z. B. zum Pflanzenwachstum, kombinieren.

7.4 Sensorik

Moore benötigen sehr spezifische Bedingungen. Mit Sensoren lässt sich ein besseres Verständnis über ihren Zustand gewinnen. In Aufforstungsprojekten wird schon länger mit sogenannten *Digital Twins* (digitales Abbild) gearbeitet. Dabei werden Wälder digital nachgebildet, um Veränderungen zu simulieren und deren Auswirkungen zu analysieren. Für Moore fehlen aktuell noch die nötigen Datengrundlagen, weshalb solche Ansätze bislang nicht umgesetzt sind. In diesem Kapitel werden einige Möglichkeiten aufgezeigt, wie entsprechende Daten erhoben werden können.

Als erste Versuchsreihe würde ich hauptsächlich Sensoren der Firma Dragino einsetzen. Diese bieten ein grosses Sortiment, sind teilweise erweiterbar und die Firma ist ein guter Partner für kundenspezifische Lösungen.

Übersicht eingesetzter Sensoren (3-spaltig)		
Sensor / Gerät	Hersteller / Typ	Messgrösse / Anwendung
pH-Sensor	Dragino LSPH01	pH-Wert des Bodens zur Beurteilung der Moorentwicklung
Wetterstation	Dragino WSC2-L	Kombination mehrerer Sensoren: Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Regen, Wind
Regensensor	Dragino WSS-21	Niederschlagsmenge und Häufigkeit
Windsensor	Dragino WSS-22	Windgeschwindigkeit und Richtung (Einfluss auf Austrocknung, Erosion)
Strahlungssensor	Dragino WSS-27	Sonneneinstrahlung / PAR, Einfluss auf Vegetation und Wasserhaushalt
Gassensor (CO ₂)	Dragino WSS-23	Konzentration von CO ₂ (Treibhausgasemissionen)
Bodenfeuchte- / Tensiometer	Cital Soilsensor	Saugspannung und Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen
Radarsensor (Wasserstand)	Dragino LMDS200	Pegelmessung, kontaktlose Distanz- und Füllstandsmessung
Satellitendaten	Sentinel / Copernicus NDMI	Vegetationswassergehalt, Moorvernässung, Trockenstress
Drohnenbilder	Diverse Anbieter	Vegetationsentwicklung, Flächenmonitoring in hoher Auflösung

Quelle: Eigene Darstellung nach [80], [75], [76]

Tabelle 7.1.: Übersicht eingesetzter Sensoren, Hersteller/Typ und deren Messgrößen im Moor-Monitoring.

pH-Messungen

Moore benötigen den richtigen pH-Wert, um gesund zu bleiben und wachsen zu können. Dafür gibt es einfache pH-Sensoren zur Bodenüberwachung.



Abbildung 7.5.: Dragino LSPH01. [76]

7.4.1 Wetterdaten

Wetterdaten lassen sich meist mit einem Gerät erfassen. Ich beziehe mich hier auf das Wettermodul von Dragino, an das bis zu vier Sensoren angeschlossen werden können:



Abbildung 7.6.: Dragino WSC2-L. [76]

Regen

Bei Hochmooren ist Regen die wichtigste Quelle für die Vernässung. Durch die Aufzeichnung von Häufigkeit und Menge des Niederschlags lassen sich im Digital Twin Vorhersagen generieren, wie sich das Moor entwickelt und ob weitere Massnahmen nötig sind.



Abbildung 7.7.: Dragino WSS-21. [76]

Wind

Wind hat zwar keinen direkten Einfluss auf Moore, trägt aber zusammen mit Sonneneinstrahlung zur Austrocknung und Erosion bei. Für die Erstellung eines Digital Twins sollten daher auch diese Faktoren berücksichtigt werden.



Abbildung 7.8.: Dragino WSS-22. [76]

7.4.2 Strahlung

Sonnenstrahlung beeinflusst den Wasserhaushalt und die Bodenerosion. Daher sollte sie als Messgrösse erfasst werden. Bei starker Sonneneinstrahlung ist zudem die Wahl der Vegetation entscheidend.



Abbildung 7.9.: Dragino WSS-27. [76]

7.4.3 Gase

Entwässerte Moore stossen grosse Mengen CO_2 aus. Mit Messungen lassen sich Rückschlüsse auf ihre Gesundheit ziehen. Dazu gibt es verschiedene Ansätze: aufwendige *Haubenmessungen* (Kammverfahren) oder *Eddy-Covariance*-Methoden (Wirbelstatistik), aber auch einfachere Selbstbau-Lösungen. Beispielsweise könnten Gassensoren bodennah installiert werden, einer davon in einem windgeschützten Rohr. Damit lassen sich Konzentrationsveränderungen erfassen.



Abbildung 7.10.: Dragino WSS-23. [76]

Eine selbstgebaute Messstation für Haubenmessungen wäre ebenfalls denkbar, erfordert aber mechanische und steuerungstechnische Kenntnisse (automatisches Öffnen und Schliessen der Kammer). Eine detaillierte Beschreibung würde jedoch den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

7.4.4 Wasserstand

Der Wasserstand gibt direkten Aufschluss über die Vernässung von Mooren. Nur wenn er ausreichend hoch ist, kann sich Torf bilden und CO_2 langfristig gespeichert werden. Zur Evaluierung verschiedener Methoden sollte man anfänglich mit unterschiedlichen Technologien arbeiten. *Tensiometer* etwa messen die *Saugspannung* (Unterdruck im Boden als Mass für Wasserverfügbarkeit), also den Kraftaufwand, den Pflanzen zum Wasserzugang benötigen. Sensoren dieser Art sollten in verschiedenen Tiefen installiert werden, um ein vollständiges Bild zu erhalten.



Abbildung 7.11.: Cital Soilsensor. [83]

Zur Pegelmessung eignet sich insbesondere der Einsatz von *Radarsensoren* (kontaktlose Distanz- und Füllstandsmessung).



Abbildung 7.12.: Dragino LMDS200. [76]

7.5 Digital Twin

Mit den Daten aus Sensoren und Wissen über die Bodeneigenschaften kann man beginnen, einen sogenannten Digital Twin zu erstellen.

7.5.1 Erstellen eines Digital Twin

Die Erstellung eines Digital Twin für ein Moor beginnt mit der klaren Definition des Ziels, etwa die Überwachung des Wasserhaushalts, die Quantifizierung von Treibhausgasemissionen oder die Bewertung von Renaturierungsmassnahmen. Anschliessend wird das System abgegrenzt: Welches Gebiet wird betrachtet und welche Prozesse sind relevant (z. B. Wasserhaushalt, Vegetation, Kohlenstoffkreisläufe)?

Die Grundlage bilden verschiedene Datenquellen: Messungen im Feld (Grundwasserstand, Bodenfeuchte, Klimadaten), Fernerkundung (Satelliten, Drohnen) und Laboranalysen (Torfproben, Gasflüsse). Diese Daten werden mit geeigneten Modellen verknüpft, hydrologische Modelle für den Wasserhaushalt, biogeochemische Modelle für Kohlenstoff- und Stickstoffflüsse sowie Vegetationsmodelle für die Pflanzenentwicklung.

In einer digitalen Plattform werden Daten und Modelle gekoppelt, sodass ein virtuelles Abbild des Moors in Echtzeit entsteht. Validierungen mit Messdaten sichern die Verlässlichkeit, während der Digital Twin durch neue Daten und Modellanpassungen kontinuierlich verbessert wird.

7.5.2 Vorteile

Ein Digital Twin erlaubt die Echtzeitbeobachtung komplexer Ökosystemprozesse. Szenarien können durchgespielt werden, um die Auswirkungen von Eingriffen wie Wiedervernässung oder Klimaveränderungen abzuschätzen. So lassen sich Risiken frühzeitig erkennen und Managemententscheidungen datenbasiert treffen.

Darüber hinaus kann der Klimaschutzbeitrag eines Moors präziser quantifiziert werden, wichtig etwa für Berichterstattung, Förderprogramme oder CO₂-Zertifikate.

7.5.3 Herausforderungen

Die grössten Schwierigkeiten liegen in der hohen räumlichen und zeitlichen Vielfalt von Mooren. Kleine Unterschiede im Wasserstand oder in der Vegetation können grosse Effekte auf den Kohlenstoffhaushalt haben. Hinzu kommen langsame Prozesse wie die Torfbildung, die in Modellen schwer abzubilden sind.

Die Erhebung von Treibhausgasflüssen ist aufwendig und nur punktuell möglich, was die Übertragung auf grössere Flächen erschwert. Zudem erfordern komplexe Modelle viele Daten und sind oft teuer oder schwer zugänglich. Unsicherheiten bleiben insbesondere bei langfristigen Vorhersagen bestehen.

7.5.4 Nutzen

Trotz dieser Einschränkungen bietet ein Digital Twin erhebliche Mehrwerte:

- **Monitoring:** Laufende und transparente Beobachtung zentraler Parameter.
- **Szenarioanalyse:** Vergleich von Handlungsoptionen und deren Folgen.
- **Managementunterstützung:** Grundlage für politische und planerische Entscheidungen.
- **Kommunikation:** Anschauliches Instrument, um die Bedeutung von Mooren sichtbar zu machen.

7.5.5 Vergleich zu anderen Twins

Digitale Zwillinge werden zunehmend auch in anderen Natur- und Renaturierungskontexten eingesetzt, etwa für Wälder, Flüsse oder Küstengebiete.

Bei Wäldern stehen oft das Wachstum der Biomasse und die Kohlenstoffspeicherung im Vordergrund, bei Flüssen die Wasserqualität und Durchgängigkeit. In Mooren liegt der Fokus hingegen stark auf Wasserhaushalt und Treibhausgasflüssen.

Moore sind besonders komplex: Sie reagieren sehr sensibel auf Veränderungen, gleichzeitig laufen viele Prozesse über lange Zeiträume ab. Im Vergleich zu anderen Ökosystemen ist die Datenlage oft lückenhafter, sodass Digital Twins für Moore stärker auf Forschungsoperationen und individuelle Modellanpassungen angewiesen sind.

7.6 Bezug zu Kernfrage 3

Moderne Monitoring-Ansätze wie Sensorik, Fernerkundung und Digital Twins können den Erfolg von Renaturierungen sichtbar machen und als Grundlage für CO₂-Zertifikate dienen. Damit ergeben sich konkrete Handlungsempfehlungen für Politik und Verwaltung: Nur wenn die Leistungen messbar und überprüfbar sind, lassen sich Moore nachhaltig in die Klimastrategie integrieren. → Die dritte Kernfrage nach Handlungsempfehlungen wurde beantwortet.

8. Beantwortung der Kernfragen

Die Arbeit wurde entlang von drei Kernfragen aufgebaut. Im Folgenden wird überprüft, inwieweit diese beantwortet wurden:

1. **Wie gross ist das CO₂-Speicherpotenzial der Schweizer Moore?**

Die Berechnungen zeigen ein theoretisches Potenzial von 115'600–447'950 t CO₂-Einsparung pro Jahr (ca. 1 % der jährlichen Schweizer Emissionen). Damit ist das Potenzial zwar begrenzt, aber klimapolitisch relevant, insbesondere da es dauerhaft und standortnah erschlossen werden kann. ⇒ *Ziel erreicht.*

2. **Welche Renaturierungsstrategien sind am geeignetsten?**

Der Variantenvergleich zeigt: Klassische Wiedervernässung ist ökologisch am wirksamsten, Paludikultur eröffnet ökonomische Perspektiven, und CO₂-Zertifikate können Finanzierungen ergänzen. Risiken bestehen vor allem in hohen Kosten und fehlenden Anreizsystemen. ⇒ *Ziel erreicht.*

3. **Welche Handlungsempfehlungen lassen sich ableiten?**

Empfohlen wird, Moore konsequent in die Schweizer Klimapolitik einzubinden:

- Finanzierungsinstrumente (CO₂-Abgabe, Zertifikate, Agrarförderung) gezielt auf Renaturierung ausrichten.
- Monitoring-Instrumente einsetzen, um Klimaleistungen messbar zu machen.
- Nutzungskonflikte mit Landwirtschaft durch Paludikultur abfedern.
- Gesellschaftliche Akzeptanz stärken durch Information, Besucherlenkung und Ökotourismus.

⇒ *Ziel erreicht.*

Gesamtbewertung: Alle drei Kernfragen konnten beantwortet werden. Das gesteckte Ziel, **die Rolle der Moore als Klimaschützer zu analysieren und praxisnahe Empfehlungen abzuleiten**, wurde erreicht.

9. Fazit

Die Bearbeitung dieser Diplomarbeit hat mir gezeigt, dass der Themenkomplex Moorschutz wesentlich komplexer ist, als ich zu Beginn angenommen habe. Ursprünglich wollte ich vor allem ökologische Aspekte und CO₂-Potenziale analysieren. Im Verlauf wurde jedoch klar, dass auch wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Faktoren entscheidend sind. Eine besondere Herausforderung war die Datenlage: Für die Schweiz liegen nur wenige konsolidierte Informationen zu CO₂-Bilanzen und Kosten vor, weshalb ich internationale Studien kritisch auf den Schweizer Kontext übertragen musste. Besonders lehrreich war der Variantenvergleich. Dabei wurde deutlich, dass es keine „eine richtige“ Lösung gibt. Vielmehr ergänzen sich Wiedervernässung, Paludikultur und Marktmechanismen. Ich habe gelernt, Szenarien und Kosten-Nutzen-Abschätzungen pragmatisch einzusetzen, auch wenn die Datenbasis lückenhaft ist. Für zukünftige Arbeiten würde ich versuchen, verstärkt Primärdaten einzubeziehen, etwa durch Interviews mit Projektleitenden oder Betriebsrechnungen, um die ökonomische Dimension noch robuster abzubilden. Klar ist für mich: Im Bereich Moore steckt enormes Potenzial. Zum einen fehlt es in der Öffentlichkeit an Wissen über ihre Bedeutung, zum anderen sind Wertschöpfungsketten für Moorprodukte bislang kaum vorhanden, obwohl sie eine nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Produkten darstellen. Besonders in der Baubranche könnten lokal produzierte Dämmstoffe den ökologischen Fussabdruck erheblich verringern, da sie erdölbasierte oder importierte Materialien ersetzen. Auch als Torfersatz im Gartenbau sehe ich grosse Chancen. In der Textilindustrie steckt die Entwicklung von Paludi-Produkten zwar noch in den Kinderschuhen, doch Beispiele wie BioPuff der Firma Ponda zeigen das Potenzial: eine tierleidfreie, nachwachsende und ökologische Alternative zu Daunendämmstoffen oder pestizidbelasteter Baumwolle. Ähnlich wie in der Bauwirtschaft braucht es jedoch weitere Forschung und funktionierende Wertschöpfungsketten. Die Wiedervernässung von Mooren bleibt eine komplexe Aufgabe. Sie erfordert eine sorgfältige Balance zwischen ökologischen Zielen und den Auswirkungen auf die Umgebung. Entscheidend ist, dass die Bedingungen so gestaltet werden, dass Moore ihre ökologischen Funktionen wieder erfüllen können. Eine der grössten Herausforderungen sehe ich darin, das Bewusstsein für Moore zu schärfen. Trotz ihres oft negativen Images sind sie zentrale Akteure im Klimaschutz. Ihre Aufgaben sind vielfältig, und ihr Potenzial ist riesig.

10. Schlusswort

Mit dieser Arbeit habe ich mich intensiv mit der Rolle der Moore als Klimaschützer auseinandergesetzt und erkannt, wie zentral sie im Kampf gegen den Klimawandel sind. Gleichzeitig wurde mir bewusst, dass wissenschaftliche Erkenntnisse allein nicht ausreichen, um Veränderungen herbeizuführen, es braucht ebenso politische Entscheidungen, gesellschaftliche Akzeptanz und tragfähige Finanzierungsmodelle.

Zu Beginn war mir nicht klar, wie komplex das Thema tatsächlich ist, und wie wenig es im öffentlichen Diskurs vorkommt, obwohl es so relevant wäre. Besonders herausfordernd war es, mich auf das Wesentliche zu beschränken. Die kurze Bearbeitungszeit von acht Wochen erlaubte es mir nicht, vertiefte Lösungen zu erarbeiten. Das sehe ich als Chance für eine mögliche spätere Weiterführung. Im aktuellen politischen Diskurs um die Bezeichnung Professional Bachelor könnte genau hier ein Mehrwert geschaffen werden: eine höhere Qualität der Arbeiten und die Sichtbarkeit, dass ein HF-Abschluss durchaus mit einem Bachelorstudiengang mithalten kann.

Eine zusätzliche Herausforderung bestand für mich persönlich darin, neben beruflichen Verpflichtungen und familiären Aufgaben ausreichend Raum und Zeit zu finden, um konzentriert an dieser Arbeit zu arbeiten. Diese Erfahrung hat mir gezeigt, wie wichtig Selbstorganisation, klare Prioritäten und ein strukturiertes Vorgehen sind, wenn anspruchsvolle Projekte parallel zum Alltag umgesetzt werden sollen.

Diese Arbeit hat mein Bewusstsein für die Verletzlichkeit, aber auch für die Chancen von Mooren geschärft. Ich nehme für mich mit, dass komplexe Probleme selten einfache Antworten haben, aber dass strukturierte Analyse, klare Kommunikation und ein offener Blick für Alternativen entscheidend sind.

Eine persönliche Erkenntnis war zudem, wie wichtig klare Abgrenzungen sind: Mehrfach musste ich Inhalte kürzen oder vereinfachen, um den roten Faden zu bewahren. Das hat mir gezeigt, dass Struktur und Priorisierung entscheidend sind, wenn ein Thema inhaltlich sehr breit ist.

Moore zeigen, dass echter Klimaschutz nur gelingt, wenn wir komplexe Zusammenhänge verstehen, mutige Entscheidungen treffen und Chancen für nachhaltige Lösungen nutzen.

10.1 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen bedanken, die mich während der Ausbildung und der Diplomarbeit unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt meiner Frau, die mich in den vergangenen drei Jahren mit Rat, Geduld und Rückhalt begleitet hat. Ebenso danke ich meinem Diplomdozenten Giovanni Danielli, der mir während der Arbeit mit vielen Ideen und Ratschlägen zur Seite stand und in den letzten beiden Studienjahren stets ein offenes Ohr und motivierende Worte für uns hatte. Mein Dank geht auch an meinen Diplomexperten Sirik Loosman, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit zu verfassen. Ein herzliches Dankeschön richte ich ausserdem an Annie und Alexander Kornelsen für ihre wundervolle Gastfreundschaft und die inspirierenden Gespräche bei unserem Besuch bei Mission to Marsh. Und nicht zuletzt danke ich mir selbst, fürs Durchhalten.

Glossar

alkalisch Basisch; beschreibt einen Standort oder ein Milieu mit hohem pH-Wert, bedingt durch Kalk oder andere basische Mineralien

Biom Grosses Gebiet mit ähnlichen klimatischen Bedingungen, Tier- und Pflanzenarten

boreal Klimazone mit langen, kalten Wintern und kurzen, kühlen Sommern, typischerweise in hohen nördlichen Breiten, auch Taiga genannt

Broker Vermittlungsplattform für die Datentransporte

Bruchwald Ein Bruchwald ist ein permanent nasser, örtlich überstauter, langfristig gefluteter, sumpfiger Wald.

Dashboard Visuelle Benutzeroberfläche zur Darstellung und Auswertung von Daten, oft mit interaktiven Widgets

Digital Twin Digitales Abbild eines realen Systems, um dessen Verhalten zu simulieren und vorherzusagen

eutroph Nährstoffreich; bezeichnet Standorte oder Gewässer mit hoher Verfügbarkeit an Nährstoffen, insbesondere Stickstoff und Phosphor

Gateway Übergabepunkt zwischen Funknetz (z. B. LoRaWAN) und Internet

Hemisphäre Halbkugel der Erde

Humid Klimatyp mit überwiegender Feuchtigkeit, bei dem die jährliche Niederschlagsmenge die Verdunstung übersteigt

hydrogentisch Entstehung und Funktion eines Moores in Bezug auf seine Wasserzufuhr.

Ion Atom oder Molekül, das durch den Verlust oder Gewinn von Elektronen eine elektrische Ladung trägt.

Jungpleistozän Jüngerer Abschnitt des Pleistozäns (Quartär), geprägt durch wiederholte Eiszeiten bis zum Beginn des Holozäns vor etwa 11.700 Jahren

Karst Geländeform, die durch Lösungsvorgänge von Kalk- oder Gipsgestein entsteht, mit typischen Erscheinungen wie Dolinen, Höhlen oder Auslaugungshohlformen

kontinental Klimatyp mit grossen Temperaturunterschieden zwischen Sommer und Winter, typisch für Binnenlandlagen

LoRaWAN Low Power Wide Area Network, energiesparende Funktechnologie für kleine Datenmengen mit grosser Reichweite

maritim Klimatyp, der stark vom Einfluss des Meeres geprägt ist, mit milden Temperaturen und geringen jahreszeitlichen Schwankungen

mineralisch Bezieht sich auf anorganische Stoffe, die aus Mineralen oder Gesteinen bestehen und nicht biologischen Ursprungs sind

Mächtigkeit Dicke oder vertikale Ausdehnung einer Bodenschicht

NDMI Normalized Difference Moisture Index, Fernerkundungsindex zur Abschätzung des Wassergehalts von Vegetation

oligotroph Nährstoffarm

organisch Bezieht sich auf Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die kohlenstoffhaltig sind und in biologischen Prozessen entstehen

periglazial Bezieht sich auf Prozesse und Landschaften im Umfeld von Gletschern und Permafrost, geprägt durch Frost und Auftauzyklen

Regenmoorkalotte Kuppelförmiger, ausschliesslich durch Regenwasser gespeister Bereich eines Hoch- oder Kesselmoores

Saugspannung Mass für den Unterdruck im Boden, den Pflanzen überwinden müssen, um Wasser aufnehmen zu können

Subrosion Geologischer Prozess der Auslaugung und Absenkung durch Lösung von leicht löslichen Gesteinen wie Salz oder Gips

Substrat Das Ausgangs- oder Grundmaterial, auf dem sich ein Moor oder Vegetation entwickelt

topogen Standortbedingt durch Relief oder Wasserhaushalt entstanden, im Gegensatz zu ombrogen (nur regenwassergespeist)

Verlandung Natürlichen Prozess, bei dem sich ein Gewässer, durch die Ablagerung von Sedimenten und organischem Material allmählich auffüllt.

Quellenverzeichnis

Bücher

- [1] G. Klaus, Hrsg., *Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz: Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz* (Umwelt-Zustand 0730). Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2007, S. 97, Herausgeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
- [2] R. Krebs, M. Egli, H. R. Schulin und S. Tobias, Hrsg., *Bodenschutz in der Praxis*, 1. Auflage. Bern; Stuttgart: Haupt Verlag; UTB, 2017, ISBN: 978-3-8385-4820-3. DOI: 10.36198/9783838548203.

Berichte

- [3] Heinrich-Böll-Stiftung, BUND und Le Monde diplomatique, „Mooratlas 2023: Daten und Fakten über nasse Klimaschützer,“ Heinrich-Böll-Stiftung, Bericht, 2023, Eimermacher/STOCKMAR+WALTER Kommunikationsdesign, CC BY 4.0. Adresse: https://www.boell.de/sites/default/files/2025-01/mooratlas_2023.pdf (besucht am 09.09.2025).
- [4] WSL – Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, „Klimaschutz durch Hochmoorschutz,“ WSL, Bericht, 2020. Adresse: https://www.wsl.ch/fileadmin/user_upload/WSL/Projekte/Klimaschutz_durch_Hochmoorschutz_2020_2Auflage.pdf (besucht am 21.08.2025).
- [5] WWF Österreich, „Moore im Klimawandel,“ WWF Österreich, Studie, 2011. Adresse: https://www.wwf.at/wp-content/uploads/2021/03/Studie_2011_Moore_im_Klimawandel_WWF_OeBf_UBA.pdf (besucht am 21.08.2025).
- [6] F. Agus, K. Hairiah und A. Mulyani, „Measuring carbon stock in peat soils: practical guidelines,“ World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program u. a., Bogor, Indonesia, Practical guidelines, 2011. Adresse: <https://www.cifor-icraf.org/publications/downloads/Publications/PDFS/MN17335.PDF> (besucht am 09.09.2025).
- [7] WWF Österreich, „Facts sheet 10,“ Helmholtz-klima, Studie, 2023. Adresse: https://www.helmholtz-klima.de/sites/default/files/medien/dokumente/factsheet_feuchtgebiete_moore_dina4_de_screen.pdf (besucht am 09.09.2025).

- [8] Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, „Moore,“ Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Studie, 2023. Adresse: https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/factsheets/factsheet_Moore.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (besucht am 04.09.2025).
- [9] marais.ch, „Werkzeugkasten für das ökologische Management von Mooren,“ marais.ch, Bericht, 2025, PDF-Dokument. Adresse: https://marais.ch/doc/Werkzeugkasten_EM.pdf (besucht am 11.09.2025).
- [10] Bundesamt für Umwelt (BAFU), „Moorschutz und Erholung, Freizeit, Tourismus,“ Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Bericht 0422, 2004, Publikation des BAFU, S. 56.
- [11] Kanton Zürich, „Massnahmenplan Luftreinhaltung: Teilrevision 2016,“ Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Kanton Zürich, Bericht, 2016, Amtliches Dokument. Adresse: https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/luft-strahlung/massnahmen-luftreinhaltung/massnahmenplan_luft_2016.pdf (besucht am 11.09.2025).
- [12] Bundesamt für Umwelt (BAFU), „Bauten und Anlagen in Moorlandschaften: Eine Arbeitshilfe für die Praxis,“ Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Bericht 1610, 2016, S. 54.
- [13] Bundesamt für Umwelt (BAFU), „Schlüssel zur Beurteilung von Pufferzonen von Flach- und Hochmooren von nationaler Bedeutung,“ Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bericht, 2019. Adresse: <https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/biodiversitaet/uv-umwelt-vollzug/pufferzonen-schluessel.pdf.download.pdf/pufferzonen-schluessel.pdf> (besucht am 11.09.2025).
- [14] Bundesamt für Umwelt (BAFU), „Objektblatt BLN Nr. 1003: Moorlandschaft Rothenthurm (Revision 2017),“ Bundesamt für Umwelt (BAFU), Objektblatt, Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN), 2017. Adresse: <https://data.geo.admin.ch/ch.bafu.bundesinventare-bln/objectsheets/2017revision/nr1003.pdf> (besucht am 11.09.2025).
- [15] ClimateXChange, „Peatland restoration methods: a comparative analysis of the costs,“ Scottish Government / ClimateXChange, Techn. Ber., 2023. Adresse: <https://www.climateexchange.org.uk/wp-content/uploads/2023/09/peatland-restoration-methods-a-comparative-analysis.pdf>.
- [16] Öko-Institut e.V., „Cross-Cutting: CO₂ Tax,“ Öko-Institut e.V., Studie, 2016, Endbericht, Forschungsprojekt. Adresse: https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/ESL_FR_A1e_CS_CrossCutting-CO2tax.pdf (besucht am 11.09.2025).

- [17] AEE Suisse and WISE and Ecoplan, „Dekarbonisierung des Wärmesektors – Schlussbericht,“ AEE Suisse, WISE, Ecoplan, Studie, 2023, Schlussbericht Forschungsprojekt TEPs200606. Adresse: <https://geothermie-schweiz.ch/wp-live/wp-content/uploads/2023/04/TEPp1102DekarbonisierungWrmesektorSchlussbericht.pdf> (besucht am 11.09.2025).
- [18] ... Nordt u. a., „Paludikultur Leitfaden,“ Greifswald Moor Centrum, Leitfaden, 2022, GMC Schriftenreihe. Adresse: https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2022-05_Nordt%20et%20al_Paludikultur%20Leitfaden.pdf (besucht am 11.09.2025).
- [19] Tourisme neuchâtelois, „Rapport d’exercice 2024,“ Tourisme neuchâtelois, Jahresbericht, 2024, Jahresbericht Tourismusorganisation. Adresse: <https://static.mycity.travel/manage/uploads/8/49/688915/1/rapport-d-exercice-2024-de-tourisme-neuchatelois.pdf> (besucht am 11.09.2025).

Studien

- [20] K. Glenk und M. Martin-Ortega, „The economics of peatland restoration,“ *Journal of Environmental Economics and Policy*, Jg. 7, Nr. 4, S. 345–362, 2018. DOI: 10.1080/21606544.2018.1434562. Adresse: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21606544.2018.1434562>.
- [21] H. Wihersaari, E. Tomppo, T. Laurila und al., „A Low-Cost Sensor Network for Monitoring Peatland,“ *Sensors*, Jg. 24, Nr. 18, S. 6019, 2024. DOI: 10.3390/s24186019. Adresse: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/18/6019> (besucht am 11.09.2025).

Webseiten

- [22] Wikipedia. „Feuchtgebiet.“ (2025), Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Feuchtgebiet> (besucht am 02.09.2025).
- [23] Spektrum der Wissenschaft. „Spektrum.de – Wissenschaftsnews und Artikel.“ (2025), Adresse: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/moore/10762> (besucht am 07.08.2025).
- [24] bodensystematik. „Aapamoor.“ (2025), Adresse: https://www.bodensystematik.de/bodentypen.php?par_ctd=42&par_status=0 (besucht am 18.08.2025).
- [25] Wikipedia. „Torf.“ (2025), Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Torf> (besucht am 11.09.2025).
- [26] WWF. „WWF-Moore.“ (2025), Adresse: <https://www.wwf-bs.ch/natur-der-region/lebensraeume/flach-und-hochmoore> (besucht am 07.08.2025).

- [27] BFN. „Bundesamt für Naturschutz.“ (2025), Adresse: <https://www.bfn.de/moortypen-und-gefaehrdete-arten> (besucht am 10.08.2025).
- [28] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/moortypen.php> (besucht am 12.08.2025).
- [29] Bund. „Bund.“ (2025), Adresse: <https://www.bund.net/themen/naturschutz/moore-und-torf/moortypen/> (besucht am 10.08.2025).
- [30] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/verlandungsmoor.php> (besucht am 12.08.2025).
- [31] Wikipedia. „Wiki.“ (2025), Adresse: <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Moor> (besucht am 10.08.2025).
- [32] Wikipedia. „Watt Bodentyp.“ (2025), Adresse: [https://de.wikipedia.org/wiki/Watt_\(Bodentyp\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Watt_(Bodentyp)) (besucht am 02.09.2025).
- [33] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/kuestenueberflutungsmoor.php> (besucht am 19.08.2025).
- [34] MoorIS – Niedersächsisches Informationssystem für Moore und Klimaschutz. „MoorIS-Projektseite: Moorschutz in Niedersachsen.“ (2025), Adresse: <https://mooris-niedersachsen.de/?pgId=1369> (besucht am 11.09.2025).
- [35] BAFU. „Auen.“ (2025), Adresse: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/oekologische-infrastruktur/biotope-von-nationaler-bedeutung/auen.html> (besucht am 19.08.2025).
- [36] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/auenueberflutungsmoor.php> (besucht am 19.08.2025).
- [37] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/durchstroemungsmoor.php> (besucht am 12.08.2025).
- [38] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/hangmoor.php> (besucht am 12.08.2025).
- [39] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/versumpfungsmoor.php> (besucht am 12.08.2025).
- [40] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/quellmoor.php> (besucht am 12.08.2025).
- [41] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/ueberrieselungsmoor.php> (besucht am 21.08.2025).
- [42] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/kesselmoor.php> (besucht am 21.08.2025).

- [43] Carbstor. „Carb.“ (2025), Adresse: <https://carbstor.de/pages/salzauslaugungserdfallmoor.php> (besucht am 21.08.2025).
- [44] Tigerente. „Eigenes Werk.“ Lizenz: CC BY-SA 4.0. (2018), Adresse: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80508962> (besucht am 17.09.2025).
- [45] Wikipedia. „Kondenswassermoor.“ (2025), Adresse: <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Kondenswassermoor> (besucht am 14.08.2025).
- [46] Wikipedia. „Aapamoor.“ (2025), Adresse: <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Aapamoor> (besucht am 18.08.2025).
- [47] X. (Räsänen). „Schema der Moortypen.“ Lizenz: CC BY-SA 4.0. (2021), Adresse: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=110733323> (besucht am 17.09.2025).
- [48] BAFU. „BAFU-Moore.“ (2025), Adresse: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/oekologische-infrastruktur/biotope-von-nationaler-bedeutung/moore.html#1133439344> (besucht am 07.08.2025).
- [49] Wikipedia. „Hochmoor.“ (2025), Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Hochmoor> (besucht am 14.08.2025).
- [50] WWF. „WWF-Moore.“ (2025), Adresse: <https://www.wwf.ch/de/projekte/moorschutz-fuer-biodiversitaet-und-fuers-klima> (besucht am 19.08.2025).
- [51] Wikipedia. „Rothenthurm-Initiative.“ (2025), Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Rothenthurm-Initiative> (besucht am 18.08.2025).
- [52] Schweizerisches Sozialarchiv. „Fotografie: Sozarch F Pe-0410.“ Bestand: Bild, Video, Ton – Schweizerisches Sozialarchiv. (2025), Adresse: https://www.bild-video-ton.ch/bestand/objekt/Sozarch_F_Pe-0410 (besucht am 11.09.2025).
- [53] Wikipedia. „Tourbière des Ponts-de-Martel.“ (2025), Adresse: https://de.wikipedia.org/wiki/Tourbi%C3%A8re_des_Ponts-de-Martel (besucht am 11.09.2025).
- [54] myclimate – The Climate Protection Partnership. „Klimaschutzprojekt: Landnutzung Schweiz (Projekt-Nr. 7823-003).“ (2025), Adresse: <https://www.myclimate.org/de-ch/aktiv-werden/klimaschutzprojekte/detail-klimaschutzprojekte/landnutzung-schweiz-7823-003/> (besucht am 11.09.2025).
- [55] myclimate – The Climate Protection Partnership. „Klimaschutzprojekt: Landnutzung Schweiz (Projekt-Nr. 7823-007).“ (2025), Adresse: <https://www.myclimate.org/de-ch/aktiv-werden/klimaschutzprojekte/detail-klimaschutzprojekte/landuse-schweiz-7823-007/> (besucht am 11.09.2025).

- [56] myclimate – The Climate Protection Partnership. „Klimaschutzprojekt: Landnutzung Schweiz (Projekt-Nr. 7823-008).“ (2025), Adresse: <https://www.myclimate.org/de-ch/aktiv-werden/klimaschutzprojekte/detail-klimaschutzprojekte/landuse-schweiz-7823-008/> (besucht am 11.09.2025).
- [57] Reuters. „Global energy CO₂ emissions reached record high last year, report says.“ (25. Juni 2025), Adresse: <https://www.reuters.com/sustainability/boards-policy-regulation/global-energy-co2-emissions-reached-record-high-last-year-report-says-2025-06-25/> (besucht am 11.09.2025).
- [58] Bundesamt für Umwelt (BAFU). „Klima: In Kürze.“ Informationsseite BAFU. (2025), Adresse: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/inkuerze.html> (besucht am 11.09.2025).
- [59] Humboldt-Universität zu Berlin, Bodenkunde-Projekte. „Haubenmessung von Treibhausgasen.“ (2025), Adresse: <https://www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de/carlos/B01haubenmessung.html> (besucht am 26.08.2025).
- [60] Wikipedia. „Eddy covariance.“ (2025), Adresse: https://en.wikipedia.org/wiki/Eddy_covariance (besucht am 26.08.2025).
- [61] BFN. „Ökosystemleistungen.“ (2025), Adresse: <https://www.bfn.de/oekosystemleistungen-0> (besucht am 09.09.2025).
- [62] Meteo Schweiz. „Klimaziele.“ (2025), Adresse: <https://www.meteoschweiz.admin.ch/klima/klimawandel/globaler-klimawandel-aktueller-wissensstand/klimaziele.html> (besucht am 09.09.2025).
- [63] marais.ch. „Projektseiten: Tutorials und Vorgehensweise (Démarche).“ verschiedene Unterseiten von marais.ch. (2025), Adresse: <https://marais.ch> (besucht am 11.09.2025).
- [64] Bokern-Krantechnik GmbH. „N₂-Moorraupe MR 1000.“ Herstellerwebseite, Produktseite. (2025), Adresse: <https://www.bokern.com/n2-moorraupe-mr-1000-de> (besucht am 11.09.2025).
- [65] Puls Bern. „Torfbörse.“ Projektseite Puls Bern. (2025), Adresse: <https://www.pulsbern.ch/torfboerse.html> (besucht am 11.09.2025).
- [66] Wikipedia. „Paludikultur.“ (2025), Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Paludikultur> (besucht am 09.09.2025).
- [67] Wikipedia. „Rohrkolben.“ (2025), Adresse: <https://de.wikipedia.org/wiki/Rohrkolben> (besucht am 11.09.2025).
- [68] PONDA.bio. „PONDA.bio – Innovative Lösungen aus Paludikultur.“ Unternehmenswebseite. (2025), Adresse: <https://www.ponda.bio/> (besucht am 11.09.2025).

- [69] TyphaTechnik GmbH. „Typha-Produkte: Typha-Board.“ Herstellerwebseite, Produktseite. (2025), Adresse: <https://www.typhatechnik.com/typha-produkte/typha-board/> (besucht am 11.09.2025).
- [70] Greifswald Moor Centrum. „Wasserbüffel im Moorschutz.“ MoorWissen – Informationsplattform. (2025), Adresse: <https://www.moorwissen.de/wasserbueffel.html> (besucht am 11.09.2025).
- [71] Universität Greifswald – Lehrstuhl für Allgemeine Volkswirtschaftslehre (Prof. Dr. Volker Beckmann). „Wir-Plant3: Büffelwirtschaft – Integration des Wasserbüffels in die Wertschöpfungsketten der Paludikultur und der pflanzenbasierten Bioökonomie.“ Projektseite, Universität Greifswald. (2025), Adresse: <https://rsf.uni-greifswald.de/lehrstuehle/wiwi/awl/lehrstuhl-beckmann/wir-plant3-bueffelwirtschaft-integration-des-wasserbueffels-in-die-wertschoepfungsketten-der-paludikultur-und-der-pflanzenbasierten-biooekonomie> (besucht am 11.09.2025).
- [72] International Carbon Action Partnership (ICAP). „EU Emissions Trading System (EU ETS).“ Informationsseite ICAP. (2025), Adresse: <https://icapcarbonaction.com/en/ets/eu-emissions-trading-system-eu-ets> (besucht am 11.09.2025).
- [73] Schweizer Radio und Fernsehen (SRF). „Sparpaket des Bundes: Bundesrat will auf Kosten der Biodiversität sparen.“ Nachrichtenartikel. (4. Sep. 2025), Adresse: <https://www.srf.ch/news/schweiz/sparpaket-des-bundes-bundesrat-will-auf-kosten-der-biodiversitaet-sparen> (besucht am 11.09.2025).
- [74] Rakwireless Technology Co., Ltd. „RAK Battery Plus (RAK9155).“ Herstellerwebseite, Produktseite. (2025), Adresse: <https://store.rakwireless.com/products/rak-battery-plus-rak9155?index=316&variant=42309251563718> (besucht am 11.09.2025).
- [75] Lexikon der Fernerkundung. „NDMI.“ (2025), Adresse: <https://www.fe-lexikon.info/lexikon/ndmi> (besucht am 11.09.2025).
- [76] Dragino Technology Co., Limited. „Produktübersicht: Dragino Produkte.“ Herstellerwebseite. (2025), Adresse: <https://www.dragino.com/products/products-list.html> (besucht am 11.09.2025).

Sonstiges

- [78] Bundesamt für Umwelt (BAFU) / swisstopo, *Kartenportal: Bundesinventare (Flach- und Hochmoore, Moorlandschaften)*, 2025. Adresse: https://map.geo.admin.ch/#/map?lang=de¢er=2660000,1190000&z=1&topic=ech&layers=ch.swisstopo.zeitreihen@year=1864,f;ch.bfs.gebaeude_wohnungs_register,

f;ch.bav.haltestellen-oev,f;ch.swisstopo.swisstlm3d-wanderwege,f;ch.vbs.schiessanzeigen,f;ch.astra.wanderland-sperrungen_umleitungen,f;ch.bafu.bundesinventare-flachmoore;ch.bafu.bundesinventare-hochmoore;ch.bafu.bundesinventare-moorlandschaften&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&catalogNodes=ech,532,653 (besucht am 19.08.2025).

- [79] Copernicus Data Space Ecosystem, *Copernicus Data Space Ecosystem*, 2025. Adresse: <https://browser.dataspace.copernicus.eu> (besucht am 16.09.2025).
- [80] S. Loosman, *Interview mit [Alexander Kornelsen]*, Persönliches Interview, geführt am 15. August 2025, 2025.
- [81] G. Danielli, *Fotografie [Beschreibung des Motivs, z. B. „Moorlandschaft bei XY“]*, Foto aufgenommen von Prof. Dr. Giovanni Danielli, unveröffentlicht, 2025.
- [82] R. Moritz, *Persönliches Gespräch mit [Anni Kornelsen]*, Persönliches Interview, geführt am 15. August 2025, 2025.
- [83] E. Darstellung, *Erstellt durch den Diplomanden*, unveröffentlichtes Material, erstellt im Rahmen der Diplomarbeit Energie- und Umwelttechniker HF, 2025.

Gesetze und Verordnungen

- [77] Schweizerische Eidgenossenschaft, *Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG), SR 700*, Art. 34 Abs. 3, 1979. Adresse: https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1979/1578_1578_1578/de (besucht am 21.08.2025).
- [84] *Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (BV)*, Art. 78 Abs. 5, SR 101, 1999. Adresse: https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1999/404/de#art_78 (besucht am 11.09.2025).

Abbildungsverzeichnis

3.1. Moortypen, Mooratlas 2023, CC BY 4.0	4
3.2. Moortypen, Mooratlas 2023 (M), CC BY 4.0	6
3.3. Verlandungsmoor [31]	7
3.4. Überflutungsmoor [31]	8
3.5. Küstenüberflutungsmoor [34]	8
3.6. Auenüberflutungsmoor [34]	9
3.7. Durchströmungsmoor [34]	9
3.8. Hangmoor [31]	10
3.9. Versumpfungsmoor [31]	10
3.10. Quellmoor [31]	11
3.11. Kesselmoor [34]	12
3.12. Kondenswassermoor, CC BY-SA 4.0	13
3.13. Aapamoor, CC BY-SA 4.0	14
3.14. Polygonmoor [31]	15
3.15. Ökologische Moortypen [31]	18
4.1. Moortypen, Mooratlas 2023, CC BY 4.0	20
4.2. Schweizerkarte [78]	23
4.3. Moore um 1800 [1]	25
4.4. Plakat Rothenthurm ([52])	26
4.5. Sous-Martel-Derbier ([78])	27
4.6. Rückbau ([55])	28
4.7. Drainage gestaut ([56])	28
4.8. Torfmoose ([56])	29
4.9. Satellitenbild ([79])	29
5.1. Kohlenstoff, Mooratlas 2023, CC BY 4.0	32
5.2. Verbrenner, Mooratlas 2023, CC BY 4.0	33
6.1. Moortypen ([8])	39
6.2. Besucherlenkung Göschenalp ([81])	41
6.3. Moorraupe MR1000([64])	46
6.4. Filteranlage ([83])	48
6.5. Funktionsskizze ([83])	49
6.6. Nieren, Mooratlas 2023, CC BY 4.0	53
6.7. Rohstoffnutzung, Mooratlas 2023, CC BY 4.0	57

6.8. Schilfimport, Mooratlas 2023, CC BY 4.0	58
6.9. BioPuff ([68])	59
6.10. Typhaboard ([69])	60
6.11. Notizbuch ([69])	60
6.12. Wasserbüffel ([71])	61
6.13. Sonnentau ([50])	62
7.1. TTS-Architektur ([21])	70
7.2. PV-Gateway ([74])	70
7.3. Soil Dashboard ([83])	71
7.4. Seleger Moor ([79])	72
7.5. Dragino LSPH01 ([76])	74
7.6. Dragino WSC2-L ([76])	74
7.7. Dragino WSS-21 ([76])	75
7.8. Dragino WSS-22 ([76])	75
7.9. Dragino WSS-27 ([76])	76
7.10. Dragino WSS-23 ([76])	76
7.11. Cital Soilsensor([83])	77
7.12. Dragino LMDS200 ([76])	77
A.1. Gantt-Diagramm	100

Tabellenverzeichnis

3.1. Moortypenübersicht	17
4.1. Räumliche Verbreitung der Hochmoore	24
5.1. Kohlenstoffvorräte	31
5.2. Kosten Gasmessungen	35
6.1. Klimapotenzial und Kosten	45
6.2. Vergleich Varianten	63
6.3. Kosten pro vermiedene Tonne CO ₂	65
6.4. Einnahmen Paludikultur	66
6.5. Besucherzentrum	67
7.1. Übersicht eingesetzter Sensoren	73
A.1. Kommunikationsplan	99
A.2. Pflichtenheft	101
A.3. Entscheidungen	101

A. Anhang

A.1 Kommunikationsplan

Kommunikationsplan					
Ansprechpartner	Inhalt	Termin	Kanal	Verantwortlich	
Fachexperte	Updates	Wöchentlich	Notion / persönlich	Diplomand	
Diplomdozent	Rückmeldung	14.08.25 & 04.09.25	Vor Ort / Teams	Diplomand	
MTM-Besuch	Besuchsorganisati	15.–17.08.25	Persönlich	Diplomand	mit Experten
Diplomdozent	Abgabe Entwurf	18.09.25	Teams	Diplomand	
Diplomdozent	Besprechung Entwurf	22.09.25	Teams	Diplomand	
Diplomdozent	Präsentation der Ergebnisse	17.10.25	Teko Basel	Diplomand	

Tabelle A.1.: Kommunikationsplan ([83])

A.2 Terminplan

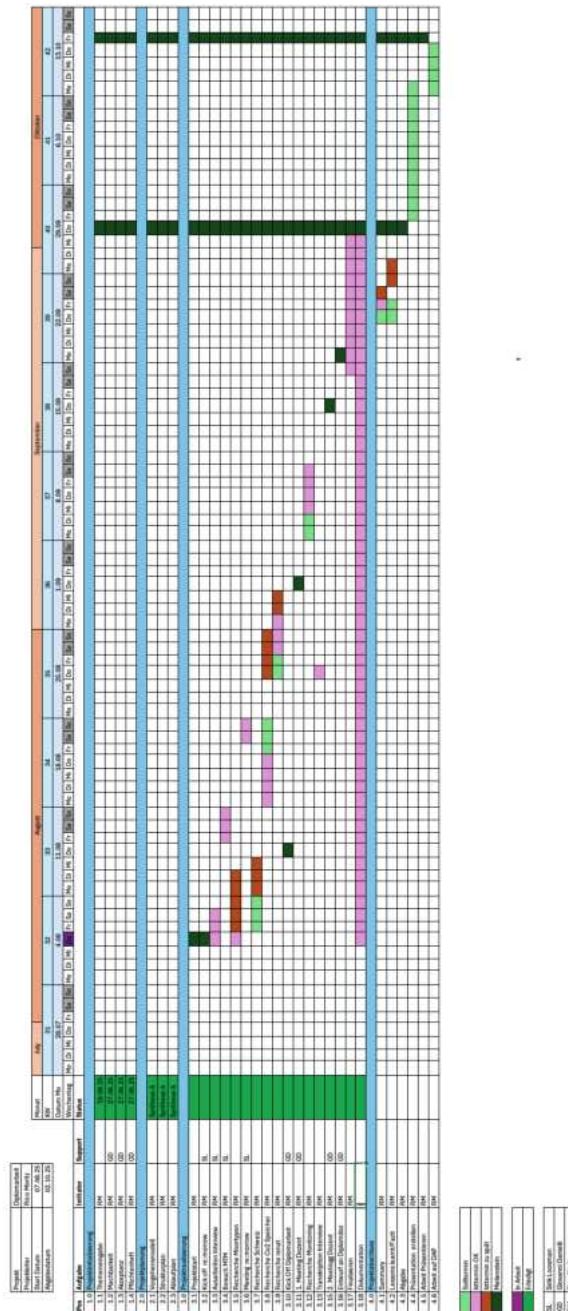


Abbildung A.1.: Gantt-Diagramm

A.3 Pflichtenheft

Punkt	Beschreibung
Ziel	Verständnis des CO ₂ -Speicherpotenzials von Mooren in der Schweiz; Analyse technischer Renaturierungsmethoden
Abgrenzung	Fokus auf Hochmoore in der Schweiz, ohne direkte Projektumsetzung
Methodik	Literaturrecherche, Fallbeispielanalyse, Experteninterview, einfache Potenzialabschätzung
Ergebniss	Diplomarbeit mit konkreten Empfehlungen für Planung und Umsetzung zukünftiger Renaturierungen
Kooperation	Interview durch Mission to Marsh (geplant)
Fachlicher Fokus	Technisch-ökologisch (Wasserhaushalt, CO ₂ -Bilanz, Wiedervernässung)

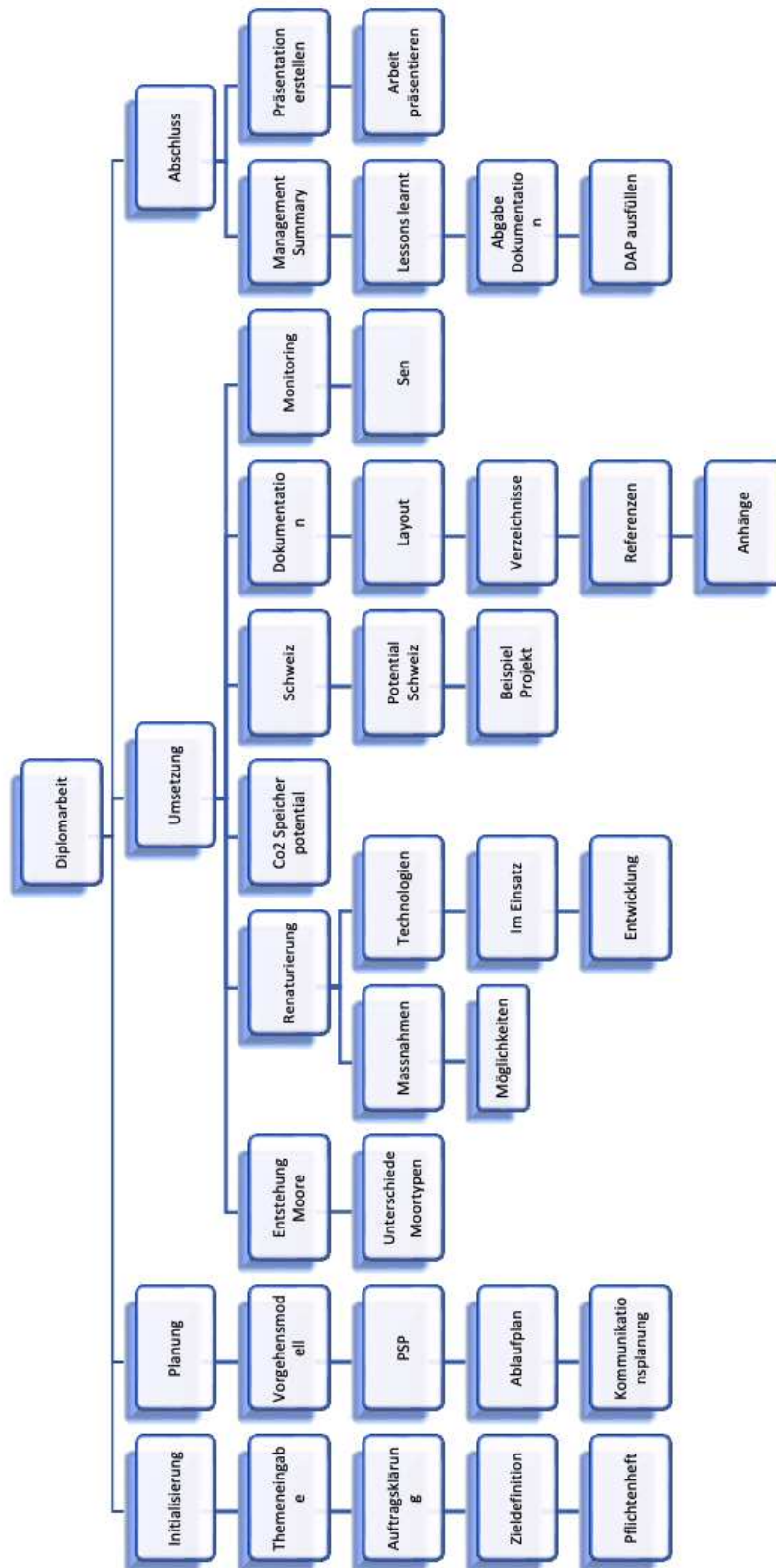
Tabelle A.2.: Pflichtenheft

A.4 Entscheide

Entscheidungen		
Datum	Person	Entscheidung
11.08.25	Giovanni	Nicht relevante Inhalte dürfen in den Anhang
09.09.2025	Giovanni	Kurzform des Pflichtenhefts reicht aus
11.09.2025	Giovanni	Arbeit auf DAP kann ohne CV et hochgeladen werden
18.09.25	Sirik	Fachbegriffe im Text erklären

Tabelle A.3.: Entscheidungen

A.5 PSP



B. Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle sinngemäss oder wörtlich übernommenen Textstellen aus fremden Quellen sind als solche kenntlich gemacht.

Ich habe zur sprachlichen Verbesserung und Fehlerkorrektur unterstützende Software (künstliche Intelligenz) verwendet. Die inhaltliche Ausarbeitung, Gliederung und Argumentation stammen jedoch vollständig von mir.

Ort, Datum: Kaiseraugst 02.10.2025

Unterschrift: Rico Moritz