

Grundlagen für die Wiedervernässung von Wäldern im Kanton Aargau



Quellmoor bei Eiken

Datum Arbeiten: November 2022 bis Juli 2025

Datum Bericht: September 2025

Skizzen: Flurina Hess, Grafik und Illustration, www.flurinahess.ch

Im Auftrag der Abteilung Wald, Kanton Aargau

Inhalt

1 Zusammenfassung	3
2 Einleitung	3
3 Ziele des Berichts	5
4 Was ist Wiedervernässung?	5
4.1 Feuchtgebiete im Wald	5
4.2 Feuchte Waldgesellschaften	5
4.3 Entwässerung der Feuchtwälder.....	8
4.4 Wiedervernässen ehemals feuchter Wälder	10
5 Die Auswirkungen von Wiedervernässungen	14
5.1 Mehrwerte	14
5.2 Mögliche Konflikte	21
6 Modellierung des Feuchtwaldpotenzials	23
6.1 Methodisches Vorgehen	23
6.2 Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen	25
6.3 Anwendung der Karte und der GIS-Daten	25
7 Vorgehensvorschlag für Regenerationsprojekte (Projektstufen)	27
7.1 Einleitung	27
7.2 Grundsätze	27
7.3 Ablauf / Von der Potenzialanalyse bis zur Umsetzung	27
7.4 Erstabklärung	29
7.5 Planung und Projektierung	30
7.6 Vorbereitung der Umsetzung	34
7.7 Umsetzung.....	34
7.8 Erfolgskontrolle	34
7.9 Unterhalt, Pflege, waldbauliche Eingriffe	35
8 Typen von Aufwertungsmassnahmen	36
8.1 Einleitung	36
8.2 Bauliche Massnahmen	36
8.3 Weitere Massnahmen.....	46
8.4 Kosten.....	47
9 Bewirtschaftungsformen und Holzernteverfahren	49
10 Literatur	50
11 Anhang	57

1 Zusammenfassung

Die Auswirkungen des Klimawandels in unseren Breitengraden sind vielfältig: Hitze- und Trockenperioden machen Mensch und Umwelt zu schaffen, Starkniederschläge überlasten unsere Infrastrukturen und verursachen teilweise grosse Schäden. Um die Auswirkungen des Klimawandels abschwächen zu können, sollen in den nächsten Jahren zusätzliche Feuchtgebiete im Wald geschaffen werden. Feuchtwälder erfüllen wichtige Funktionen, welche gerade mit zunehmend wärmerem Klima bedeutsam sind (vgl. Kap. 5.1): Der Wald im Generellen sowie Feuchtgebiete im Speziellen halten Wasser zurück und brechen dadurch Hochwasserspitzen. Feuchtwälder sind wichtig für die Grundwasserneubildung und somit auch für die Trinkwasserversorgung. Das Lokalklima von feuchten Wäldern ist ausgeglichener und nicht zuletzt bieten sie wertvollen Erholungsraum. Von Wiedervernässungen profitiert auch die Biodiversität: Feuchte und nasse Wälder beherbergen durch ihre vom Wasser geprägten Standortbedingungen eine Vielzahl an Spezialisten, die in anderen Lebensräumen nicht vorkommen.

Um die Holzproduktion zu steigern und die Bewirtschaftung zu erleichtern, wurden im 19. und 20. Jahrhundert im Kanton Aargau etwa 2400 Hektaren feuchte Wälder, dies entspricht knapp 5% des Waldes, durch den Bau von Gräben drainiert. Eine Möglichkeit, Feuchtgebiete zu schaffen, ist die entwässernde Wirkung dieser Gräben zu verringern oder rückgängig zu machen. Im Rahmen der Erarbeitung dieses Berichts wurde mittels einer Modellierung das Potenzial der 2400 Hektaren entwässerter Gebiete für Wiedervernässungen ermittelt (vgl. Kap. 6, bzw. der separate Bericht dazu (pluspunkt, 2024)). Diese Modellierung hat gezeigt, dass etwa 640 ha des Waldes im Kanton Aargau ein gutes Potenzial für die Realisierung von Wiedervernässungsprojekten haben. Im vorliegenden Bericht wird im Detail darauf eingegangen, wie bei Projekten vorgegangen werden kann und welche Massnahmen dafür geeignet sind (vgl. Kap. 7, bzw. Kap. 8).

2 Einleitung

Indirekter Gegenvorschlag zur Gewässer-Initiative

Die Aargauische Volksinitiative "Gewässer-Initiative Kanton Aargau – Mehr lebendige Feuchtgebiete für den Kanton Aargau" wurde am 2. Februar 2023 eingereicht. Der Regierungsrat stellt der Initiative einen indirekten Gegenvorschlag gegenüber. Die Gewässerinitiative wird zur Ablehnung empfohlen, weil die von den Initianten geforderte Sicherung und Umsetzung der notwendigen Flächen innert 20 Jahren nicht realistisch ist. Die Wichtigkeit ausreichender Feuchtgebiete sowohl aus Sicht der Biodiversität als auch aus Sicht des Wasserhaushalts wird durch den Regierungsrat anerkannt. Die Schaffung von Feuchtgebieten soll auf der Basis der Freiwilligkeit im Wald, im Landwirtschaftsgebiet und im Siedlungsgebiet ganzheitlich realisiert werden und den hierfür notwendigen Zeithorizont gegenüber der Initiative erweitern. Gemäss der Botschaft sind innerhalb von 15 Jahren 300 ha Feuchtgebiete im Wald zu schaffen. 2035 soll eine Zwischenberichterstattung erfolgen. Bis 2060 sollen insgesamt 1'000 ha Feuchtgebiete in den drei Landschaftsräumen Landwirtschaft, Siedlung und Wald realisiert werden. Als Zwischenziel bis 2040 sollen 750 ha Feuchtgebiete geschaffen werden: 300 ha im Wald, 280 ha im Landwirtschaftsgebiet und 170 ha im Siedlungsgebiet. Als Referenzzustand wird der 31. Dezember 2022 festgelegt.

Am 10. September 2024 hat der Aargauische Grosse Rat dem indirekten Gegenvorschlag des Regierungsrats mit 128:0 Stimmen zugestimmt. Die Gewässerinitiative wurde im Anschluss daran durch die Initianten zurückgezogen.

Massnahmen im Wald

Das Flächenziel von 120 ha neu zu schaffenden Feuchtgebieten im Wald sowie der dafür notwendige Finanzbedarf von 2,9 Millionen Franken wurden in die Botschaft zur sechsten Etappe des Naturschutzprogramms Wald (NPW) übernommen (Zeithorizont 2031). In den nächsten 15 Jahren sind jährlich 20 ha Feuchtflächen im Wald zu schaffen, damit der Zielwert

von 300 ha bis 2040 erreicht werden kann. Der zusätzliche Finanzbedarf während der Laufzeit der sechsten Etappe des Naturschutzprogramms Wald beträgt inklusive Pflegeeingriffe 3,95 Millionen Franken. Neben Wiedervernässungen sollen Amphibienbiotope angelegt, die Sicherung von Auenwaldreservaten und Quellen gesichert sowie das Ausdolen von Bächen zur Zielerreichung angerechnet werden (vgl. Botschaft NPW, 6. Etappe)

Das grundsätzliche Ziel einer Wiedervernässung besteht darin, den Wasserhaushalt ehemals feuchter Waldstandorte zu sanieren und dadurch die ursprüngliche Hydrologie wiederherzustellen. Vernässte Wälder sind mit wenigen Ausnahmen baumfähig und bleiben somit bestockt.

Der vorliegende Bericht behandelt die Wiedervernässung von entwässerten Feuchtwäldern. Er geht nicht auf die ebenfalls feuchten Auenwälder und auf Quellensanierungen ein.

3 Ziele des Berichts

Der vorliegende Bericht liefert die fachlichen Grundlagen für die Erarbeitung des Programms „Wiedervernässung“ (Teil des Naturschutzprogramms Wald) und der daraus folgenden Wiedervernässungsprojekte. Das Programm «Wiedervernässung» wird durch den Kanton erarbeitet.

Der Bericht liefert die nötigen Angaben, damit der Kanton Flächenziele sowie eine grobe Kostenschätzung daraus ableiten kann.

Der Bericht dient als Grundlage für weitere Kommunikationsmittel (z.B. Merkblatt für Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern sowie Förster und Försterinnen).

4 Was ist Wiedervernässung?

4.1 Feuchtgebiete im Wald

In naturnahem Zustand sind in unseren Wäldern verschiedenste Feuchtlebensräume vertreten. Quellen prägen ihre nächste Umgebung durch Vernässung und gehen meist in kleine Quellbäche über, welche dann wieder in grössere Fliessgewässer münden. Solche Fliessgewässer durchziehen die ganze Landschaft. In naturnahem Zustand werden sie durch die Dynamik des Wassers geprägt und haben ihrerseits die Macht, die Landschaft mitzugestalten (Hochwasser, Überschwemmungen, Erosions- und Sedimentationsprozesse). Daneben sind Seen und kleine Stillgewässer anzutreffen, welche eine enge Verzahnung mit dem Wald aufweisen können. Aber das Wasser prägt auch diverse Standorte, ohne dass es an der Oberfläche sichtbar wird: Auf Böden, die zeitweise oder dauerhaft wassergesättigt sind, stocken Feuchtwaldgesellschaften.

Der vorliegende Bericht legt den Fokus auf Feuchtwaldgesellschaften, welche durch einen lokalen Überschuss an Wasser geprägt werden, aber sekundär durch menschliche Eingriffe, insbesondere die Anlage von Abzugsgräben, entwässert wurden. Diese Standorte können eng verzahnt mit den weiteren Feuchtlebensräumen auftreten. Auensysteme von Fliessgewässern, welche über die Dynamik und den Zustand der ganzen Einzugsgebiete geprägt werden, sind jedoch nicht Teil der Zusammenstellung. Diese weisen häufig durchlässige Böden auf und müssen in Regel über die Wiederherstellung der natürlichen Dynamik regeneriert werden (Flussrevitalisierungen).

4.2 Feuchte Waldgesellschaften

Feuchte Waldstandorte sind typischerweise in Muldenlagen, entlang von Gewässern oder an Quellstandorten anzutreffen. Die Sauerstoffversorgung in den nassen Böden kann in dem Masse eingeschränkt sein, dass nicht mehr alle Baumarten darin wachsen können. Insbesondere fällt die (auf mittleren Standorten dominierende) Buche auf nassen Böden aus, wodurch andere, auf Nassstandorte spezialisierte Baumarten wachsen können.

Zu den Feuchtwäldern im Kanton Aargau gehören die folgenden Waldgesellschaften, **fett markiert sind die seltenen** und unterstrichen die besonderen Waldgesellschaften (WNI-Kategorien, gemäss Stocker et al., 2002):

- Wälder auf feuchten meist wasserzügigen Böden vor allem in Hangfusslagen, entlang von Bächen oder in staunassen Mulden über Grundmoräne: 26a, 26e, 26f, 26g, 26w, 27a, 27f, 27g, 27w, 29, 30
- Auenwälder entlang von Flüssen und Bächen, die häufig überschwemmt werden: **28, 29a, 29e, 31, 43**
- Bruchwälder auf dauernd vernässten Torfböden: **44** (Seggen-Schwarzerlenbruchwald); besiedelt flache Mulden mit anstehendem und meist etwas basenhaltigem Grundwasser und flache Seeufer

45 (Föhren-Birkenbruchwald); vor allem auf sehr sauren und basenarmen Moorflächen

- Etwas höher gelegene feuchte Tannenwälder über Rissmoränen: 46a und 46g

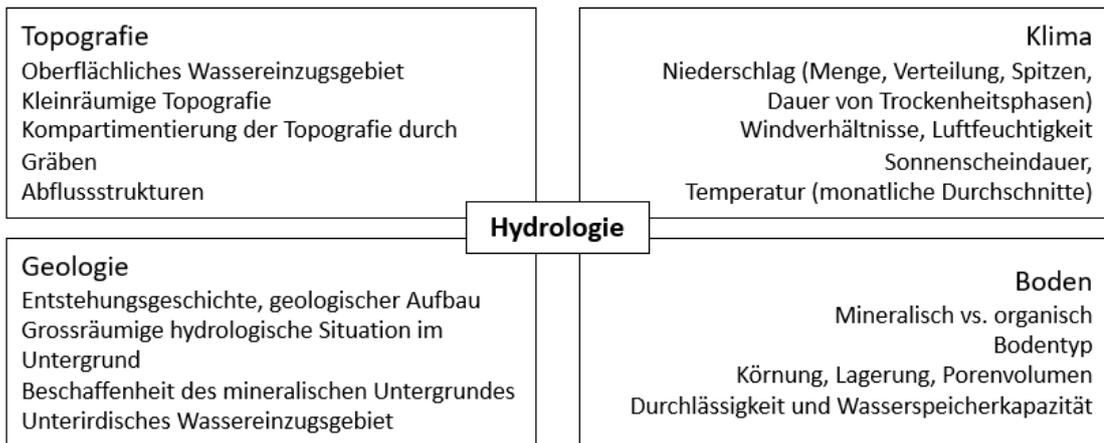
Gemäss der Roten Liste der Lebensräume (Delarze et al., 2016) werden folgende feuchte Waldgesellschaften einer Gefährdungskategorie zugewiesen:

- Stark gefährdet (EN): 31 (Schachtelhalm-Grauerlenwald), 43 (Silberweiden-Auenwald), 44 (Seggen-Schwarzerlenwald), 45 (Föhren-Birkenbruchwald)
- gefährdet (VU): 28 (Ulmen-Eschenhartholzauenwald), 30 (Traubenkirschen-Eschenmischwald)
- potenziell gefährdet (NT): 29 (Zweiblatt-Eschenmischwald)

Grundlagen Hydrologie

Die hydrologischen Verhältnisse eines Standorts werden im Wesentlichen durch die Faktoren Geologie, Boden, Topografie und Klima geprägt.

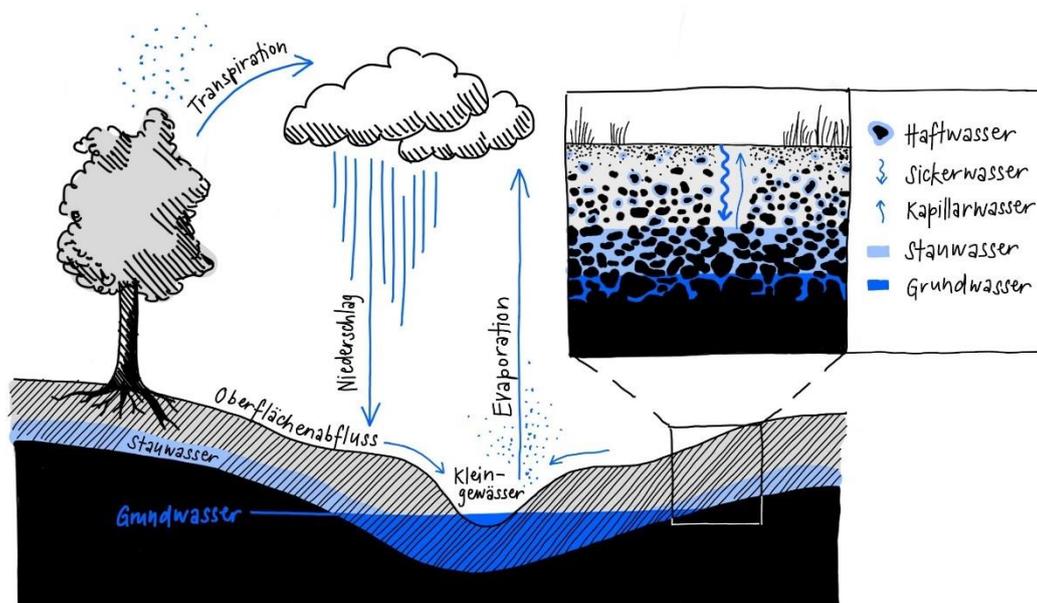
Abbildung 1: prägende Faktoren der Hydrologie



Die Wasserbilanz am Standort setzt sich zusammen aus der Versorgung, der Speicherung und den Verlusten von Wasser. Die Versorgung erfolgt über Niederschläge (-> Klima) und ober- oder unterirdischen Zufluss (-> Topografie, Geologie, Boden). Die Speicherung (Retention) ist massgeblich von den Bodeneigenschaften abhängig. Verluste ergeben sich durch die Aufnahme durch Pflanzen, Evapotranspiration¹ und durch diffusen oder gerichteten Abfluss.

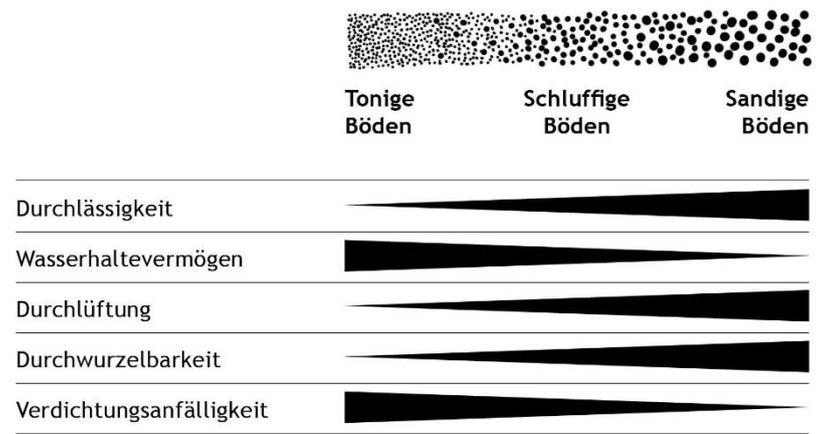
¹ Die Evapotranspiration ist die Verdunstung von Wasser aus Tier- und Pflanzenwelt sowie von Boden- und Wasseroberflächen (Quelle: [Wikipedia](#))

Abbildung 2: Wasserbilanz am Standort. Haftwasser: Im Boden gegen die Schwerkraft gehaltenes Wasser, welches durch Adsorption an den Bodenteilchen haftet oder durch Kapillarkräfte in den kleinen und mittleren Poren nach oben gesaugt wird. Sickerwasser: Wasser, welches sich in den mittleren und grossen Poren unter Einwirkung der Schwerkraft abwärts bewegt. Trifft Sickerwasser auf eine stauende Schicht, wird die Fließrichtung abgelenkt. Fließt mehr Sickerwasser zu als wegfließen kann, entsteht ein gesättigter Bodenhorizont. Stauwasser: Wenn Sättigung nur zeitweise eintritt. Grundwasser: Wenn Sättigung das ganze Jahr über anhält. Bemerkung: Die Skizzen wurden von Flurina Hess, Grafik und Illustration, <https://flurinahess.ch/> erstellt.



Das Wasser im Boden ist selten in einem statischen Gleichgewicht. Niederschläge und Evapotranspiration unterbrechen das Einstellen eines Gleichgewichts regelmässig. Das Ausmass der Wasserbewegung ist abhängig vom Potenzialgefälle und der Durchlässigkeit des Bodens. Letztere wiederum wird stark durch die Körnung geprägt: je feiner die Korngrössen², desto kleiner die Poren und desto geringer ist die Durchlässigkeit (ton-, schluffreiche Böden). Je grösser die Körnung, desto grösser sind die Poren und dadurch steigt die Durchlässigkeit (sandig, kiesige Böden)³.

Abbildung 3: Einfluss der Korngrössen auf Bodeneigenschaften.



² Korngrössen: Ton: bis 0.002 mm, Schluff: 0.002 bis 0.063 mm, Sand: 0.063 bis 2 mm, Kies: 2 bis 63 mm, Steine: > 63 mm; Quelle: Wikipedia

³ Quelle: (Amelung, 2018)

In Abhängigkeit der langfristigen Entwicklungsgeschichte finden wir unterschiedliche Bodentypen vor (Stocker et al., 2002). Diese lassen sich in drei Hauptgruppen einteilen:

- Durchlässige Böden: Boden und Untergrund sind gut durchlässig. Es entsteht kein Wasserstau. Der Boden ist immer gut durchlüftet, die ganze Bodenbildung findet unter ausreichender Sauerstoffversorgung statt. Durch das Sickerwasser werden Stoffe aus dem Oberboden in den Mineralerdeboden verlagert und dort angereichert. Zu dieser Gruppe zählen Humuskarbonatböden, Regosole, Rendzinen, Braunerden und Parabraunerden.
- Staunasse Böden: Im Untergrund ist eine verdichtete, schwer durchlässige Schicht vorhanden. Es kommt deswegen zu zeitweiligem Wasserstau; der Boden vernässt. Die Wasserzufuhr erfolgt fast ausschliesslich durch Niederschläge. Zu dieser Gruppe zählen die Pseudogleye.
- Grundwassergeprägte Böden: Es gibt zwei Gruppen von Böden – Gleye und Auenböden. Beide sind in Bach- und Flusstälern, in Niederungen oder anderen Geländesenken anzutreffen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Gruppen liegt in der Durchlässigkeit des Untergrundes und dadurch im Grad und in der Ausprägung der hydromorphen Merkmale⁴.

Die staunassen Böden und die Gleye eignen sich in der Regel am besten für die Wiedervernässung. Unter günstigen Voraussetzungen ist es auch möglich, andere Bodentypen zu vernässen. Der Wasserstand von kiesigen Auenböden mit einer sehr hohen Durchlässigkeit ist meist vom Wasserstand der Fliessgewässer, bzw. des Grundwassers abhängig. Weder Entwässerungsmassnahmen noch deren Aufhebung zeigen daher eine signifikante Wirkung.

4.3 Entwässerung der Feuchtwälder

Das Waldareal der Schweiz ist seit dem Frühmittelalter von ursprünglich 72% der Landesfläche auf heute 31% reduziert worden. Die höchsten Einbussen mit schätzungsweise 95 % ihres ursprünglichen Bestandes haben die Feuchtwälder erlitten (Imesch et al., 2015), vor allem um den Anbau bestimmter Baumarten (z. B. Fichten) zu ermöglichen (z. B. Imesch et al., 2015, Reise et al., 2020)). Mit dem Flächenverlust ging eine erhebliche Verarmung der biologischen Vielfalt einher (Imesch et al., 2015). Gemäss Kartierung der oberflächlichen Entwässerungsstrukturen sind im Kanton Aargau knapp 5 Prozent des Waldes mit Hilfe von Gräben entwässert worden (pluspunkt, 2024).

Auswirkungen von Entwässerungsstrukturen

In der Vergangenheit wurden verschiedene Massnahmen getroffen, um Feuchtstandorte zu entwässern. Zu den wichtigsten gehören Grundwasserabsenkungen, die Anlage von Entwässerungsgräben und die Installation von geschlossenen Drainagen.

Grundwasserabsenkungen erfolgen meist in grösseren Systemen in der Ebene und sind oft in Verbindung mit Drainageleitungen anzutreffen. Dabei wird der Vorfluter⁵ in der Landschaft so weit abgetieft, dass das nachströmende Wasser aus den Drainagen auf der gewünschten Tiefe abfliessen kann. Solche Massnahmen betreffen häufig das Offenland in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten abgesenkter Bäche und Flüsse.

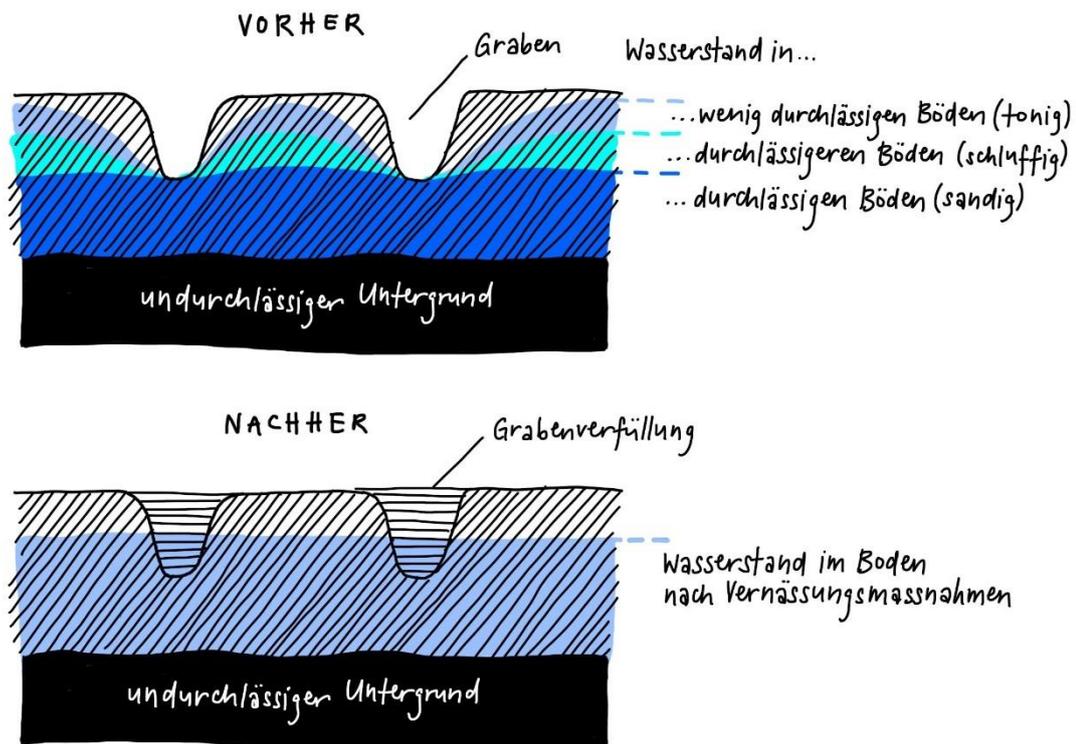
⁴ Hydromorphe Merkmale sind spezifische, farbliche Veränderungen im Boden, die durch Staunässe oder Grundwasser auftreten. Diese Merkmale entstehen durch die chemische Reaktionen (Redoxreaktionen) von z.B. Eisen- und Manganverbindungen im Boden, die je nach Sauerstoffgehalt ihre Farbe ändern. (Quelle)

⁵ Die Vorfluter sind die Hauptentwässerungen. Als Vorfluter dienen in der Regel Flüsse, Bäche oder grössere Gräben. Weitere Infos siehe [Wikipedia](#).

Im Wald ist die häufigste Entwässerungsmassnahme die Anlage von offenen Abzugsgräben. Der angestrebte Effekt besteht darin, den Abflusspunkt für das Bodenwasser und dadurch den Bodenwasserspiegel abzusenken. Die erzielbare Wirkung hängt massgeblich von den hydrologischen Standorteigenschaften ab (vgl. nachfolgende Abbildung).

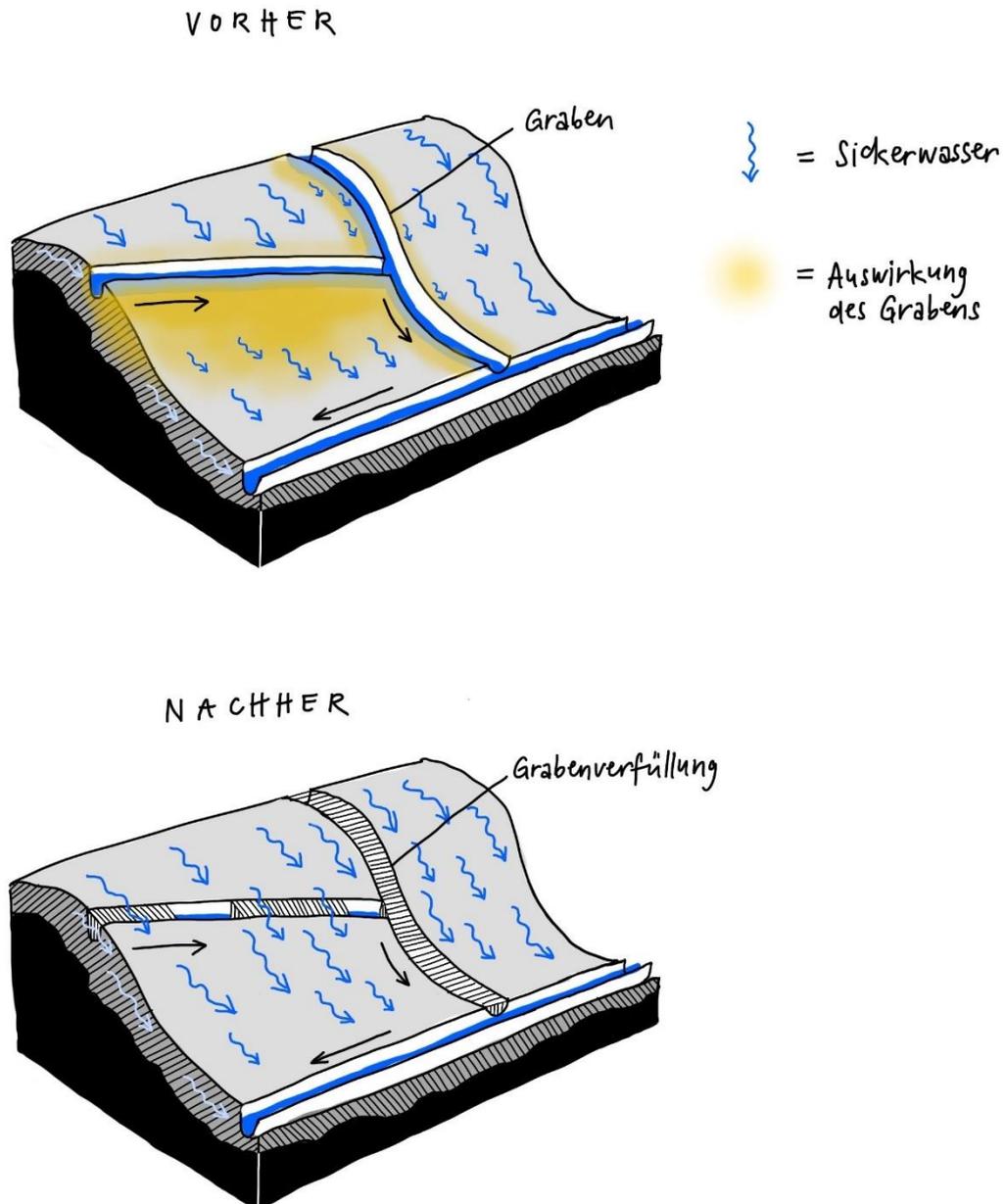
Böden mit einer feinkörnigen Matrix (tonige, schluffige Böden wie Gleye und Pseudogleye) lassen sich viel schlechter drainieren als sandhaltige oder kiesige Böden. Dies ist auf die geringere Durchlässigkeit zurückzuführen. Um den Bodenwasserspiegel trotzdem weit genug absenken zu können, kann der Abstand zwischen den Entwässerungsgräben verringert werden.

Abbildung 4: Verlauf des Wasserstands im Boden mit wirksamen, bzw. verfüllten Gräben. Auf welcher Höhe sich der Bodenwasserstand nach der Grabenverfüllung einstellt, hängt von den hydrologischen Standorteigenschaften ab.



Neben der Tiefe der Gräben und der Dichte des Grabennetzes spielt ihre Anordnung bezogen auf die Topografie die Hauptrolle bei ihrer Wirkung. Gräben in der Falllinie haben eine viel geringere Wirkung als Gräben schräg zur Falllinie. Letztere haben insbesondere auf die talseitig liegenden Flächen eine stark drainierende Wirkung, weil das nachströmende Wasser durch den Graben aufgenommen und abgeleitet wird. Dadurch wird das Einzugsgebiet der talseitigen Fläche stark verkleinert.

Abbildung 5: Der Verlauf der Gräben im Gelände spielt eine grosse Rolle hinsichtlich ihrer Wirkung. Gräben quer zum Gefälle leiten das zufließende Oberflächenwasser und oberflächennahes Wasser ab und entwässern dadurch die darunterliegende Fläche. Diese Art Gräben haben daher eine grosse Wirkung auf das umliegende Gelände. Die Wirkung von Gräben in Gefällerrichtung ist geringer. Durch Einstau oder dem Verfüllen der Gräben kann eine flächige Vernässung erreicht werden.



4.4 Wiedervernässen ehemals feuchter Wälder

Im Bericht «Biodiversität im Wald» (Imesch et al., 2015) wird unter anderem auf die Feuchtwälder eingegangen (Geschichte, Veränderung, heutige Situation und Massnahmenbedarf). Demzufolge besteht im Mittelland hoher Handlungsbedarf für die Erhaltung und Wiederherstellung feuchter Wälder wegen des Vorkommens seltener Waldgesellschaften (das Mittelland ist der Verbreitungsschwerpunkt des Schwarzerlenbruchwaldes) und zur Förderung der auf feuchten Wald angewiesene Amphibienarten und Libellen.

Feuchtwälder erfüllen wichtige Ökosystemdienstleistungen, wie z. B. die Grundwasserneubildung (Reise et al., 2020) oder die Kühlung der Umgebung. Mit Wiedervernässungen können solche Prozesse gefördert werden, welche durch den Klimawandel und die damit verbundenen höheren Temperaturen und geringeren Niederschläge, gefährdet sind. Im Kap. 5.1 wird auf die Mehrwerte von Wiedervernässungen eingegangen.

Die Wiedervernässung von ehemals feuchten Wäldern ist möglich. In einzelnen Fällen sind Projekte im Kanton Aargau bereits umgesetzt worden.

Das grundsätzliche Ziel einer Wiedervernässung besteht darin, den Wasserhaushalt ehemals feuchter Waldstandorte zu sanieren und dadurch die ursprüngliche Hydrologie (so weit wie möglich) wiederherzustellen. Dadurch entstehen Wälder/Waldbilder, die der Beschreibung der jeweiligen Waldgesellschaften in Stocker et al. (2002) entsprechen⁶. Vernässte Wälder sind mit wenigen Ausnahmen baumfähig und bleiben somit bestockt (vgl. Abbildungen unten). Wiedervernässungen können wenige Aren bis mehrere Hektaren umfassen und flache bis leicht geneigte Wälder umfassen (Eignung von Flächen siehe Kap. 6).

Die wichtigste Massnahme zur Wiederherstellung von feuchten Wäldern ist die Aufhebung der Wirkung von Entwässerungsgräben auf ursprünglich feuchten Waldstandorten. Dadurch soll das Wasser zurückgehalten und sollen Wasserverluste vermieden werden. Im Optimalfall kann der Wasserspiegel wieder auf das ursprüngliche Niveau angehoben werden. Durch den Einstau von Gräben entstehen in den Grabenstrukturen häufig Stillgewässer oder kleine überstaute Flächen. Dies ist ein erwünschter Nebeneffekt, denn bereits kleine Wasserflächen sind ökologisch wertvoll. Sie können von verschiedenen Artengruppen besiedelt werden, die für ihre Entwicklung auf Wasserflächen angewiesen sind (wie beispielsweise Amphibien oder Libellen).

Eine weitere relevante Massnahme ist die Überführung naturfern bestockter Wälder in naturnahe Bestockungen mit standortheimischen Baumarten (Imesch et al., 2015).

⁶ Beispiele: Der Seggen-Schwarzerlenbruchwald (Einheit 44) wird von der Schwarzerle dominiert und ist oft überschwemmt; der Traubenkirschen-Eschenwald (Einheit 30) enthält in der Baumschicht Eschen (soweit sie infolge des Eschentriebstrebens in Zukunft noch vorkommt), Schwarzerle, Bergahorn und Traubenkirsche sowie andauernder Nässe mit zeitweiser Überschwemmung.

Abbildung 6: Unbewirtschafteter Erlenbruchwald in einer Senke in der Nähe von Bremgarten (Lokalname „Landgricht“) mit den Waldgesellschaften 29, 30 und 44. Der Wald ist nass und hauptsächlich mit Schwarzerle sowie Eichen, Bergahorn und Fichten bestockt. Die Senke wird über einen Graben entwässert, was zu stark schwankenden Wasserständen führt. Der Graben könnte einfach eingestaut und der Wasserstand dadurch stabilisiert werden. Die Schwarzerle als Hauptbaumart und wassergebundene Arten wie die Amphibien würden davon profitieren und Wasser würde diffus in den Boden einsickern und somit den Grundwasserspeicher füllen.



Abbildung 7: Bewirtschafteter Feuchtwald, Waldgesellschaften 29 und 30, mit Schwarzerlen und randlich einigen Fichten sowie wenigen Linden, Bergahorn und Traubenkirschen. Das Gelände ist leicht geneigt und von einigen Gräben durchzogen. Zur Vernässung müssten hier die Gräben (teilweise) verfüllt werden. Der Wasserstand würde dadurch angehoben. Das würde an der Baumartenzusammensetzung wenig ändern. In der Krautschicht würde der auf dem Foto gut erkennbare Farn durch Feuchtarthen, insbesondere Seggen abgelöst und der Landlebensraum für die im Gebiet vorkommenden Amphibien würde durch die zunehmende Feuchte verbessert.



5 Die Auswirkungen von Wiedervernässungen

Bemerkung

Die Kapitel 5.1.2 bis 5.1.7 sowie 5.2 sind ein Auszug aus dem Leitfaden «Biodiversität fördern durch die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder» des Synthesezentrums Biodiversität (2025). Die Urheberschaft verbleibt beim Synthesezentrum Biodiversität. Im Vergleich zum Leitfaden wurden wenige Änderungen/Anpassungen vorgenommen. Diese sind bei den Kapiteln erwähnt.

5.1 Mehrwerte

5.1.1 Förderung der Biodiversität im Wald

Die meisten Feuchtwaldgesellschaften sind im Kanton Aargau selten und verfügen über eine geringe Flächengrösse (Stocker et al., 2002, siehe Kap. 4.2). Viele dieser Gesellschaften weisen zudem einen hohen Anteil drainierter Flächen auf (pluspunkt, 2024).

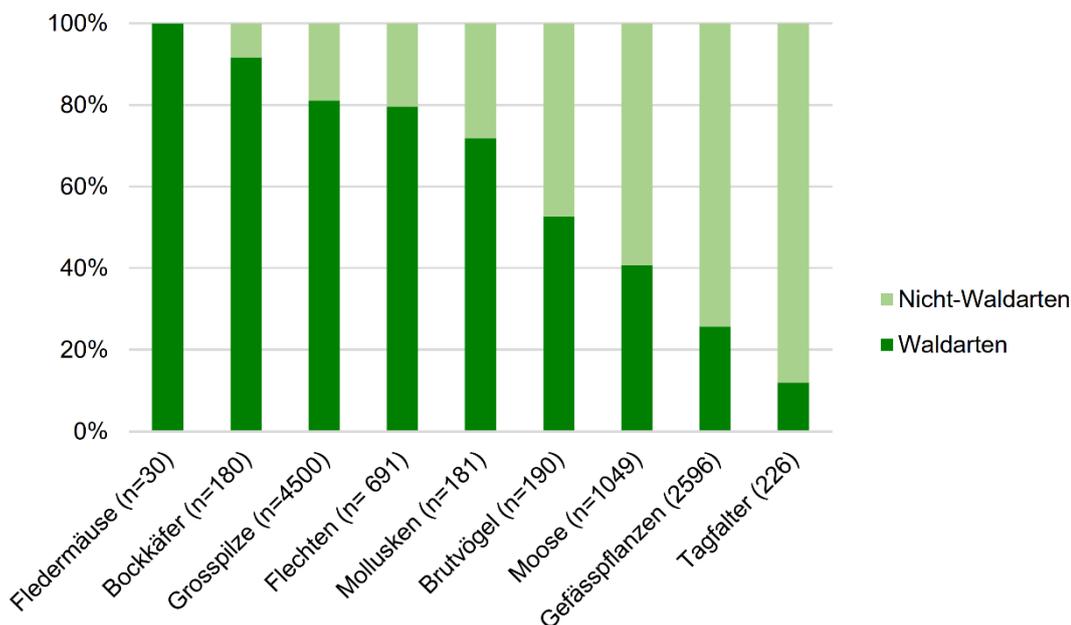
Feuchtwälder sind oft eng verzahnt mit anderen Feuchtlebensräumen wie Gewässer, Quellen oder (unbewaldeten) Feuchtgebieten und sie sind artenreich mit vielen seltenen Arten. Die Biodiversität feuchter und nasser Wälder profitiert besonders von den vielfältigen Mikrohabitat-Komplexen mit terrestrischen und aquatischen Lebensräumen (Synthesezentrum Biodiversität, 2025). Etwa 24 Prozent der Waldarten kommen in Auen-, Bruch- und Moorwälder vor (Kuhn et al., 1992). Dank den extremen Bedingungen kommen speziell angepasste Arten vor (z. B. die Schwarzerle mit ihren Atemwurzeln oder der fleischfressende Sonnentau in Hochmoorwäldern). Quell-Lebensräume sind meist nur noch in Wäldern zu finden. In ihnen leben spezialisierte und meist sehr seltene Arten, so gibt es in der Schweiz 14 endemische Arten⁷ aus der Gruppe der Köcherfliegen (Imesch et al., 2015).

Bedeutung von Feuchtwald für die verschiedenen Artengruppen

Der Anteil an Waldarten verschiedener Organismengruppen ist sehr unterschiedlich (vgl. nachfolgende Abbildung). Aber selbst bei der Artengruppe der Tagfalter, die hauptsächlich in anderen Lebensräumen vorkommt, zählen 10% oder gut 20 Arten zu den Waldarten. Der Kanton Zürich hat im Rahmen der Erarbeitung des «Aktionsplan Feuchtwälder – Fachgrundlagen und Qualitätsziele» Ziel- und Indikatorarten aus zahlreichen Artengruppen festgelegt (Amphibien, Fische, Flechten, Flusskrebse und Garnelen, Gefässpflanzen, Heuschrecken, Käfer, Libellen, Muscheltiere, Moose, Pilze, Steinfliegen, Reptilien, Säugetiere, Schmetterlinge, Spinnentiere, Trichoptera, Vögel, Wildbienen). Besonders viele Arten sind in den Feuchtwäldern aus den Artengruppen Amphibien, Fische, Flechten, Fledermäuse, Gefässpflanzen, Käfer, Mollusken, Moose, Pilze, Schmetterlinge und Vögel vertreten. Im Anhang 2 sind die Ziel- und Indikatorartenliste des Kantons Zürich aufgeführt.

⁷ Pflanzen- oder Tierart, die nur in einem ganz bestimmten, räumlich abgegrenzten Gebiet vorkommt und nirgendwo sonst auf der Welt natürlich vorkommt.

Abbildung 8: Anteil der Arten in der Schweiz, die in mindestens einem Entwicklungsstadium vom Wald abhängig sind oder die sich regelmässig im Wald aufhalten (n = Anzahl beurteilte Arten, Flechten = Baum- und erdbewohnende Flechten). Quelle: (Imesch et al., 2015)



Im Lebensraum Wald sind 307 Arten als National Prioritäre Arten («NPA-Arten») festgelegt worden. 20 davon kommen im Feuchtwald vor. Sehr viele (fast die Hälfte der 307 Arten) sind auf Alt- und Totholz angewiesen. Alte und tote Stämme bieten Bruthöhlen, Nahrung, Deckung oder ein feuchtes Milieu (Imesch et al., 2015). Gemäss (Imesch et al., 2015) sind die Kriterien für Waldflächen mit hohem Naturwert:

- Vorkommen der National Prioritären Waldgesellschaften, insbesondere der bisher untervertretenen Waldgesellschaften
- Vorkommen der auf Prozessschutz angewiesenen National Prioritären Waldarten (Hotspots und Verbreitungsschwerpunkte dieser Arten)
- Grosse Standortvielfalt mit besonderen Lebensräumen (z. B. Felsköpfe und -wände, Bachtobel, Rutschflächen, Waldweiher, Nasswälder)
- Lange extensive oder fehlende Nutzung
- Hohes Bestandesalter
- Hoher Alt- und Totholzanteil

Demzufolge haben alt- und totholzreiche (wiedervernässte) Feuchtwälder ein grosses Potenzial für die Artenförderung.

Die Erhöhung des Grundwasserspiegels kann zum Absterben von Baumarten wie Buchen führen, was den Raum für Baumarten nasser Standorte schafft wie Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Birke (*Betula pendula* und *B. pubescens*) und Stiel-Eiche (*Quercus robur*) (Mazziotta et al., 2016)⁸. Die dadurch entstehenden lichten Wälder und das hohe Vorkommen an Totholz in diesen Bereichen bringen eine hohe Biodiversität mit sich (Douđa et al., 2009).

⁸ Mazziotta führt zusätzlich die trockenere Böden bevorzugende Trauben-Eiche (*Q. petraea*) und die nicht einheimische Rot-Eiche (*Q. rubra*) auf.

Beispiele von Arten der Feuchtwälder

Abbildung 9: Der Grasfrosch verbringt nur wenige Wochen am Laichgewässer. Die meiste Zeit ist er im «Landlebensraum» unterwegs. Der Feuchtwald ist für den Grasfrosch dabei ein idealer Lebensraum, indem er Nahrung, Deckung und hohe Luftfeuchtigkeit bietet. Quelle: Saxifraga-Luc Hoogenstein



Abbildung 10: Der nur etwa Spatzen-grosse seltene Kleinspecht zimmert seine Höhle in Weichhölzer wie Weiden und Pappeln. Bei der Nahrungssuche bevorzugt er den Kronenbereich, wo er dürre Äste nach Insekten und Larven absucht. Quelle: Saxifraga-Henk Baptist



Abbildung 11: Der Kleine Eisvogel besiedelt laubholzreiche Feuchtwälder des Mittellands entlang von Flüssen und Bächen bis auf 1200 m ü. M. Die Raupen fressen an Heckenkirschen (Lonicera-Arten).
Quelle: Saxifraga-Marijke Verhagen



Abbildung 12: Die Ringelnatter braucht in erster Linie Nahrung, Deckung, Schlupfwinkel, Eiablage- und Überwinterungsplätze. In Feuchtwäldern findet sie die ihre bevorzugte Nahrung (Amphibien und Fische, gelegentlich auch Eidechsen und Mäuse). Quelle: Saxifraga-Edo van Uchelen



5.1.2 Resilienz gegenüber Trockenheit und Dürre

Der Klimawandel führt zu zunehmender Trockenheit und Dürreperioden (Lee and Romero, 2023). Für die Erhaltung vieler Wälder müssen daher Strategien gefunden werden, damit sie Trockenperioden widerstehen können (Grant et al., 2013). Neben der Förderung klimaangepasster Baumarten besteht eine Massnahme darin, den Grundwasserspiegel dort wieder anzuheben, wo er durch künstliche Entwässerungsmassnahmen abgesunken ist. Die Resilienz der Bäume gegenüber Bodentrockenheit hängt stark davon ab, aus welcher Bodentiefe sie ihr Wasser aufnehmen: Bäume, deren Wurzeln Wasser aus flachen Bodenschichten aufnehmen (speziell Fichte *Picea abies*, Rotbuche *Fagus sylvatica* und Hainbuche *Carpinus betulus*), vertragen Dürren wie im Jahr 2018 schlechter als solche, deren Wurzeln Wasser aus tieferen Bodenschichten entnehmen (Brinkmann et al., 2019; Kahmen et al., 2022; Meusburger et al., 2022). Dadurch ist z. B. die Fichte deutlich anfälliger für die Auswirkungen des Klimawandels als andere Baumarten (Arend et al., 2021; Gauthey et al., 2024). Ein angehobener Grundwasserspiegel kann diesen flach wurzelnden Bäumen helfen, Dürreperioden zu überstehen, da sich die generelle Bodenfeuchte erhöht (Chen and Hu, 2004; Malik et al., 2021; Martínez-de la Torre and Miguez-Macho, 2019). Dabei kommt es auch auf die Art des Bodens an: Beispielsweise kann ein höherer Anteil an Kies oder Ton die Wasserverfügbarkeit im Boden vermindern (Frei et al., 2022). Eine Bestimmung des Wiedervernässungspotenzials (s. Kapitel 6) hilft zu beurteilen, wo die stärksten Effekte von Massnahmen zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder zu erwarten sind.

5.1.3 Rückhaltung von Wasser und Hochwasser

Bemerkung: Der letzte Absatz in diesem Kapitel ist nicht aus dem Leitfaden des Synthesezentrums Biodiversität.

Neben zunehmender Trockenheit führt der Klimawandel auch zu häufigeren extremen Regenereignissen (Fischer and Knutti, 2015; Fowler and Ali, 2022; Zhang et al., 2013). Böden, die während Dürreperioden austrocknen, können die Regenmengen solcher Extremereignisse schlecht oder gar nicht aufnehmen, was zu einem erhöhten Überschwemmungsrisiko führt. So hat die historische Entwässerung der Landschaft dazu beigetragen, dass die Böden Wasser schlechter speichern und die Grundwasserneubildung vermindert ist. Feuchte Böden halten mehr Wasser zurück und können bei Starkregenereignissen effizienter als Puffer fungieren, was das Überschwemmungsrisiko senkt (Stichwort Schwammlandschaft, Pavesi and Pezzagno, 2022). Wälder können allgemein Hochwasser reduzieren, weil ihre tiefen, gut durchwurzelten Böden das Wasser bei Starkregenereignissen aufnehmen (Soulsby et al., 2017, Marshall et al., 2014, Brogna et al., 2017). Dadurch gelangt das Wasser langsamer und später in die Oberflächengewässer, als wenn es direkt abfliessen würde (Bhattacharjee and Behera, 2018). Waldböden mit hoher Infiltrationsfähigkeit nehmen dabei mehr Wasser auf als undurchlässige, verdichtete Böden (Schueler, 2006). Umgekehrt können Entwässerungen auf stark mit Wasser gesättigten Böden Hochwasser auch abschwächen, da der abgesenkte Grundwasserspiegel einen geringeren Eintrag in die Oberflächengewässer bedeuten kann (Apsite et al., 2017, Černohous et al., 2014a). Solche Bodenverhältnisse sind in Zeiten zunehmender Trockenheit allerdings selten geworden. Eine Abwägung der lokalen hydrologischen Gegebenheiten ist darum wichtig bei der Planung von Projekten, die bestehende Entwässerungsverhältnisse verändern oder aufheben.

Feuchtgebieten wie Mooren und Auen kommt bei der Wasserrückhaltung und dem Hochwasserschutz eine besondere Rolle zu. Moore wirken als Puffer für den Abfluss von Niederschlag (Menberu et al., 2018). Diese Funktion wird durch Entwässerung abgeschwächt, kann aber durch eine Moorrenaturierung wiederhergestellt werden (Menberu et al., 2018, Ahmad et al., 2020a, Word et al., 2022). Auenwälder sind für den Hochwasserschutz ebenfalls wichtig, denn sie bieten Flächen, auf denen sich Wasser aus Oberflächengewässern im

Überflutungsfall ausbreiten kann, wodurch sich Hochwasserspitzen abschwächen (Schueler, 2006, Scholz, 2007, Cooper et al., 2021). Zusätzlich verstärkt wird diese Funktion, wenn ein Auenwald strukturell vielfältig ist und einen hohen Anteil an Alt- und Totholz beinhaltet, da dadurch ein höherer Anteil des Niederschlags abgefangen wird und verdunstet, bevor er in den Boden gelangt (Schueler, 2006, Cooper et al., 2021, Milner et al., 2024). Zusätzlich sind Flüsse in naturnahen Auenwäldern geomorphologisch komplexer, was zur Flutrückhaltung beiträgt (Keeton et al., 2017).

Eng gekoppelt mit der ausgleichenden Wirkung des Waldes auf den Wasserhaushalt ist seine Bedeutung für das Trinkwasser. Stocker et al., 2002 erwähnen die Bedeutung der Aargauer Wälder für die Bildung von qualitativ hochwertigem Trinkwasser. So sind viele Quellen und Quellhorizonte in unmittelbarer Nachbarschaft von wechselfeuchten Standorten (9w, 10w, 12w, 14w, 15w, 17, 26w, 27w, 61, 62) zu finden. Dies gilt insbesondere auch für die Einheit 27f.

5.1.4 Bodentemperatur und Mikroklima

Wälder haben eine puffernde Wirkung auf das Mikroklima: Temperaturextreme sind im Wald weniger ausgeprägt als im Offenland (De Frenne et al., 2019). Der Puffereffekt wird durch die Verdunstung von Wasser aus dem Boden und den Bäumen erzeugt und ist umso grösser, je feuchter der Waldboden ist (Greiser et al., 2024, Sticklely and Fraterrigo, 2021, Davis et al., 2019). Wälder mit sehr trockenen Böden haben diese Pufferfunktion nicht. Je höher der Grundwasserspiegel ist, desto höher ist auch die Bodenfeuchte und desto niedriger die Bodentemperatur (Jiang et al., 2016). Entsprechend ist ein Anheben des Grundwasserspiegels durch das Verschliessen von Entwässerungsgräben auch aus mikroklimatischen Gründen sinnvoll. Um die Bodenfeuchte im Waldinneren zu erhalten, ist es zusätzlich wichtig, dass dichte und strukturreiche Waldränder angelegt werden, die das Waldinnere vor Verdunstung abschirmen (Meeussen et al., 2021, Riutta et al., 2012b).

Das kühlere Mikroklima trägt auch zur Erholungsfunktion der Wälder für Menschen bei (Rathmann et al., 2020). Zusätzlich überträgt sich die kühlende Wirkung der Wälder durch Wind und Luftaustausch auch auf nahegelegene Siedlungsgebiete, so dass auch dort ein kühlender Effekt nachweisbar ist (Jestaedt, 2007). Von kühleren Wäldern profitieren in den heissen Sommermonaten daher Biodiversität und Menschen.

5.1.5 Treibhausgas-Speicherung

Bemerkung: Der zweite Teil dieses Kapitels, ab «Im Kanton Aargau ist das Potenzial ...» ist nicht aus dem Leitfaden des Synthesezentrums Biodiversität.

Die Speicherung von Treibhausgasen findet vor allem in organischen Böden, insbesondere Böden mit hohem Torfanteil wie Moorböden statt (Milner et al., 2024, Davidson et al., 2022, Beaulne et al., 2021). Eine Entwässerung von Torfböden führt zu deren oxidativer Zersetzung und zum Ausstoss von Treibhausgasen (v. a. CO₂). Um dies zu vermeiden, ist der Erhalt feuchter und nasser Böden besonders wichtig. Entwässerungsgräben selbst agieren ebenfalls als Treibhausgas-Quellen (Peacock et al., 2021, Köhn et al., 2021). Eine Wiederanhebung des Wasserspiegels führt bei entwässerten organischen Böden kurzfristig zum Ausstoss von Methan (ebenfalls ein Treibhausgas), aber langfristig entsteht eine Treibhausgas-Senke (Kareksela et al., 2015, Escobar et al., 2022, Zou et al., 2022). Dieser Effekt braucht Zeit, oft mehr als 10 Jahre, er stellt sich aber zuverlässig ein (Escobar et al., 2022, Creevy et al., 2020, Liu et al., 2024). Andererseits gibt es auch Studien, die zeigen, dass das erhöhte Baumwachstum auf entwässerten Böden zu einer höheren Kohlenstoffbindung führt (Dubra et al., 2023, Ojanen et al., 2013, Krüger et al., 2016). Durch das Absterben nicht angepasster Baumarten bei der Wiederherstellung von Feuchtwäldern kann zudem kurzfristig Kohlenstoff freigesetzt werden. Dies wird jedoch langfristig wieder ausgeglichen durch das Wachstum

angepasster Arten und der erhöhten Kohlenstoff-Speicherung speziell in feuchten, organischen Böden (Milner et al., 2024).

Im Gegensatz zu Feuchtwäldern auf organischen Böden sind die Böden in Auenwäldern nicht unbedingt grössere Treibhausgas-Senken als die Böden anderer (nicht feuchter) Wälder (Schindlbacher et al., 2022, Riis et al., 2020). Auenwälder sind jedoch besonders artenreich (Schindler et al., 2016, Erős et al., 2019, Havrdová et al., 2023). Artenreiche und naturnahe Wälder fixieren mehr Kohlenstoff als artenarme Wälder (Liang et al., 2016, Strassburg et al., 2010). Dieser Effekt lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass eine hohe Vielfalt an Baum- und Pflanzenarten mehr Biomasse produziert, die Kohlenstoff speichert. Oft sind biodiversitätsfördernde Elemente (Totholz, alte Bäume etc.) auch die Elemente eines Waldes mit dem grössten Kohlenstoffanteil (Shupe et al., 2021). Zusätzlich sind artenreiche und naturnahe Wälder resistenter und resilienter gegenüber Störungen. Auch aus Perspektive der Kohlenstoffspeicherung ist daher die Wiederherstellung feuchter Waldgesellschaften auf nicht organischen Böden, aber mit hohem Wert für die Biodiversität, vorteilhaft.

Im Kanton Aargau ist das Potenzial für die Wiedervernässung von drainierten organischen Böden im Wald gering, weil der Anteil an Waldgesellschaften mit Torfböden klein ist (vgl. Kap. 6).

Gemäss Bericht des Bundesrates (Bundesrat, 2023) ist das CO₂-Speicherpotential im Wald gering (S. 32: «Schätzungen zufolge lagern die grössten SOC⁹-Vorräte der Schweiz in Waldböden (188 Mt C). Zurückzuführen ist dies zum einen auf den Anteil der Wälder an der Gesamtfläche des Landes (ca. 33 %) und zum anderen auf die Art der Waldbewirtschaftung (Plenterwald), welche die Wälder in einem naturnahen Zustand erhält. Folglich weisen Waldböden ein (sehr) geringes Potenzial zur CO₂-Sequestrierung¹⁰ auf.» Als Massnahmen im Wald werden zur Erhaltung des SOC oder zur CO₂-Sequestrierung in Böden keine Intensivierung der Waldbewirtschaftung und die Diversifizierung der Bestände vorgeschlagen.

Der Bericht des Bundesrates muss kritisch hinterfragt werden, weil er nicht auf die entwässerten Wälder eingeht und weil Untersuchungen im vom Biber aufgestauten Wald in Marthalen (Kanton Zürich) im Widerspruch zum Bericht des Bundesrates stehen: Dort führt der Aufstau zu einer jährlichen Anreicherung von fast 63 Tonnen Kohlenstoff in den Wasserpflanzen und Sedimenten auf der 4 Hektar grossen Fläche¹¹.

Die Wissensbasis zur Speicherung von CO₂ in Waldböden ist insgesamt offenbar gering. Für weitergehende Aussagen müsste die Thematik vertieft abgeklärt werden.

5.1.6 Wasserqualität

Waldböden agieren als biologischer Filter, die die Qualität des Grundwassers verbessern. Entwässerungsgräben verursachen hingegen erhöhte Werte von gelöstem organischen Kohlenstoff, Nitrat und Phosphor, sowie eine stärkere Wassertrübung in Gewässern, in die sie abfliessen. So können sie zur Eutrophierung von Oberflächengewässern beitragen (Holopainen and Lehikoinen, 2022; Nieminen et al., 2018a, 2018b, 2017; Shah et al., 2022). Allgemein haben Feuchtgebiete einen positiven Effekt auf die Wasserqualität des Grund- und Oberflächenwassers, da sie Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor zurückhalten. Der Effekt auf das Grundwasser ist etwa doppelt so hoch wie jener auf Oberflächenwasser. Organische und mineralische Böden haben dabei vergleichbare Effekte. Bewaldete Pufferzonen von Mooren sind besonders effektiv für die Nährstoffrückhaltung, da die grössere Tiefe der Wurzeln den Nährstofftransport in tiefere Bodenschichten begünstigt und das Baumwachstum dem Boden grosse Mengen an Stickstoff entzieht (Lowrance et al., 1984; Walton et al., 2020).

⁹ SOC = Soil Organic Carbon

¹⁰ Sequestrierung = Speicherung

¹¹ Quelle: [Info Fauna](#)

5.1.7 Erholungswert

Laut der Ergebnisse der dritten Schweizer Bevölkerungsumfrage “Waldmonitoring soziokulturell” aus dem Jahr 2020 (WaMos 3, BAFU, 2022) gehen Menschen in der Schweiz immer häufiger zur Erholung in den Wald. Besonders beliebt sind grosse Wälder mit einem hohen Anteil an Laubbäumen, die nicht zu dicht stehen und verschiedene Wuchshöhen aufweisen (Jestaedt, 2007, Giergiczny et al., 2015, Abildtrup et al., 2013b). Auch Waldgebiete, in denen sich verschiedene Bestandesstrukturen abwechseln, werden als attraktiver empfunden als einförmig von einzelnen Arten dominierte Bestände (Giergiczny et al., 2015b, Filyushkina et al., 2017). Die Präsenz von Feuchtgebieten, Flüssen oder Seen in Wäldern trägt ebenfalls zu deren Attraktivität bei (BAFU, 2022, Abildtrup et al., 2013b, Agimass et al., 2018, Termansen et al., 2004). Eine Wiederherstellung feuchter Waldgebiete kann also den Erholungswert eines Waldgebietes steigern, indem sie strukturelle Vielfalt hinzufügt, attraktive Landschaftselemente schafft und die Baumdichte reduziert. Die kühlende Wirkung auf das Mikroklima trägt ebenfalls zum Erholungswert bei (Kapitel 5.1.4) und spielt besonders in Zeiten steigender Temperaturen und häufigeren Hitzewellen eine wichtige Rolle für die Menschen (BAFU, 2022; Rathmann et al., 2020).

5.2 Mögliche Konflikte

Bemerkung: Die Texte zum Trinkwasser und zum Schutzwald sind nicht aus dem Leitfaden des Synthesezentrums Biodiversität, ebenso der letzte Satz zum Thema Wirtschaftlichkeit. Die im Leitfaden aufgeführten Absätze zu Mücken¹² und zur Information der Bevölkerung¹³ sind nicht aufgeführt. Bei den Zielkonflikten wurde ein Satz zu Auflichtungen, weil kaum relevant, weggelassen. Der Satz «In der Regel kann man aber davon ausgehen...» wurde ergänzt.

Wirtschaftlichkeit: Trotz vieler Vorteile feuchter und nasser Wälder gibt es auch Konfliktpotential bei ihrer Wiederherstellung. Ein häufiger Konflikt ergibt sich aus der reduzierten Wirtschaftlichkeit, weil feuchte Wälder weniger ertragreich sein können und der Einsatz schwerer Maschinen auf sehr nassen Böden erschwert ist. Interessenskonflikte entstehen also bei forstwirtschaftlich genutzten Wäldern mit den Waldbesitzerinnen und Waldbesitzern (Nieminen et al., 2018b, Sikström and Hökkä, 2016). Verträge zwischen Kanton und Waldeigentümern mit Entschädigung des Mehraufwands können hier einen Anreiz darstellen. Verträge zwischen Kanton und Waldeigentümern mit Entschädigung des Mehraufwands können hier einen Anreiz darstellen.

Trinkwasser: Die Wiedervernässung von Wäldern kann in Konflikt stehen mit Quellen oder Trinkwasserfassungen. Im Rahmen der Projekterarbeitung ist abzuklären, ob Quelllebensräume beeinträchtigt werden und auf die Wirkung auf Trinkwasserfassungen ist einzugehen (vgl. Kap. 7).

Schutzwaldfunktion: Es kann einen Zielkonflikt mit Schutzwäldern geben. Dies dürfte aber nur selten der Fall sein, weil das Potenzial für Feuchtwälder vor allem im flachen Gelände liegt, während Schutzwald vor allem an steilen Lagen ausgeschieden ist. Zudem hat der Kanton Aargau nur einen kleinen Anteil an Schutzwäldern.

Zielkonflikte mit neuen Lebensräumen und Arten: In einzelnen Fällen sind auf entwässerten Waldflächen ebenfalls wertvolle Lebensräume und Artengemeinschaften entstanden, die durch eine Vernässung verloren gehen würden (sogenannte Renaturierungs-Dilemmata, Gerra-Inohosa et al., 2023, Remm et al., 2019). Im Einzelfall muss eine Abwägung stattfinden, die

¹² Der Absatz fokussiert zu stark auf invasive Arten und geht zu wenig auf Mücken im Allgemeinen ein.

¹³ Die Aussagen sind zu allgemein.

den ökologischen Wert der derzeit vorliegenden Lebensräume mit dem möglichen ökologischen Wert der wiederhergestellten, feuchten oder nassen Habitats vergleicht. In der Regel kann man aber davon ausgehen, dass Entwässerungen zu einem ökologischen Qualitätsverlust geführt haben und die Vernässung diesen wiederherstellt.

Pionierflächen, wie sie oft durch eine Wiedervernässung entstehen, sind anfällig für die Besiedlung durch invasive Pflanzenarten. Entsprechende Flächen müssen daher überwacht werden und erfordern einen anfänglichen Aufwand zur Entfernung invasiver Arten. Dieser reduziert sich, wenn sich ein neuer stabiler Zustand einstellt.

Biber sind wertvolle Helfer bei der Wiedervernässung von Wäldern. Wo man sie gewähren lässt, kann es zum lokalen Absterben von Baumbeständen kommen. Dieser Prozess ist natürlich, aber er kann andere Interessen am Wald tangieren.

6 Modellierung des Feuchtwaldpotenzials

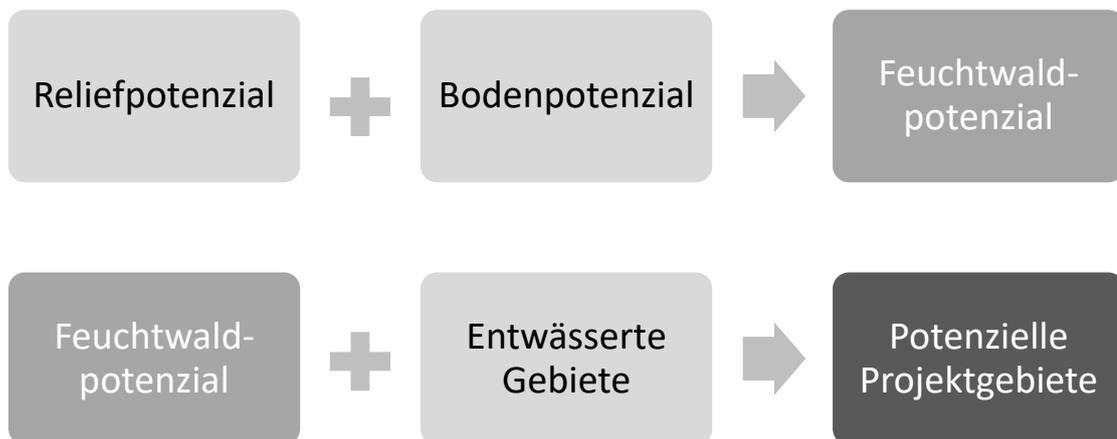
Für die Abschätzung des Vernässungspotenzials des Waldes im Kanton Aargau wurde mit Hilfe einer GIS-Modellierung eine Karte generiert, welche das Feuchtwaldpotenzial abbildet und potenzielle Projektgebiete hervorhebt. Die detaillierte Beschreibung dieser Analyse ist in einem separaten Bericht festgehalten (pluspunkt, 2024). Im Folgenden werden die wichtigsten Aspekte der Analyse zusammengefasst und die Anwendungsmöglichkeiten der Ergebnisse erläutert.

6.1 Methodisches Vorgehen

Zur Modellierung des Vernässungspotenzials wurden die Teilaspekte Reliefpotenzial und Bodenpotenzial analysiert und zu einer Potenzialkarte über die ganze Waldfläche aggregiert (Feuchtwaldpotenzial). Gleichzeitig wurden mit Hilfe von Lidardaten die sichtbaren Entwässerungsgräben in einem neuen GIS-Layer erfasst¹⁴.

Aus der Überlagerung der als entwässert kartierten Gebiete und des Feuchtwaldpotenzials wurde die Hinweiskarte für potenzielle Projektgebiete für die Wiedervernässung von Wäldern generiert.

Abbildung 13: Methodische Schritte und Produkte. Die Kombination aus Relief- und Bodenpotenzial erlaubt eine Aussage über die Vernässungstendenz eines Standorts (Feuchtwaldpotenzial). Innerhalb der entwässerten Flächen liegen potenzielle Projektgebiete.



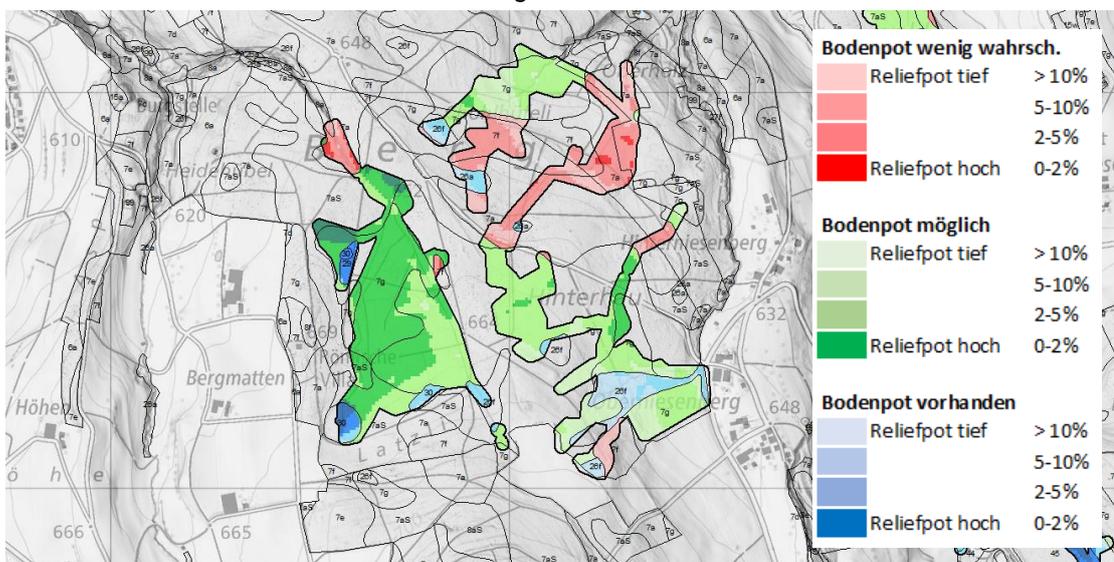
Die Bewertung des Bodenpotenzials erfolgte anhand einer gutachterlichen Beurteilung der vegetationskundlichen Kartierung der Aargauer Wälder (Stocker et al., 2002). Die Waldgesellschaften wurden entsprechend ihrer Vernässungstendenz in die drei Bodenpotenzial-Kategorien «vorhanden», «möglich» und «wenig wahrscheinlich» eingeteilt (siehe nachfolgende Abbildung). Das Reliefpotenzial wurde anhand der verallgemeinerten Hangneigung in vier Kategorien eingeteilt. Dabei wird allen Flächen, die unter 2% geneigt sind, ein hohes Reliefpotenzial attestiert. Im stärker geneigten Gelände nimmt dieses kontinuierlich ab. Auf Flächen mit einer Neigung von >10% sind die Vernässungsmöglichkeiten stark eingeschränkt.

¹⁴ Unterirdische, bzw. überdeckte Drainagen wurden mit dieser Methode nicht erfasst. Im Wald ist davon auszugehen, dass der Grossteil der Entwässerungsstrukturen offen geführt wird.

Abbildung 14: Ergebniskategorien (Bodenpotenzial vs. Reliefpotenzial vs. Entwässerte Gebiete). Das allgemeine Vernässungspotenzial nimmt oben links nach unten rechts zu. Orange umrandet sind diejenigen Kategorien, welche oberflächliche Entwässerungsstrukturen aufweisen und aufgrund von Boden- und Reliefpotenzial die besten Voraussetzungen für die Wiedervernässung bieten.

		BODENPOTENZIAL						
		Wenig wahrscheinlich		Möglich		Vorhanden		
berücksichtigte Standorte		1, 2, 6a 7a, 7aa, 7d, 7e, 7eS, 7f, 8a, 8aa, 8c, 8d, 8e, 8eS, 8f, 9a, 9w, 10a, 10w, 12a, 12e, 12w, 13a, 13e, 13g, 14a, 14w, 15a, 15w, 16a, 16w, 17, 18a, 18w, , 19, 22a, 22C, 22e, 22U, 24A, 25A, 29a, 29e, 31, 35, 38, 39, 41, 43, 48, 61, 62, 65, 66, 99		7aB, 7aS, 7b, 7c, 7g, 8aS, 8b, 8g, 9b, 9g, 11, 12aS, 12g, 18aS, 18g, 20, 28 + Flächen aus WW mit Verdacht auf organische Böden		26a, 26e, 26f, 26g, 26w, 27a ,27f, 27g ,27w, 29, 30, 44, 45, 46a, 46g		
RELIEFPOTENZIAL	>10%	1	WW1	WW1E	M1	M1E	V1	V1E
	5-10%	2	WW2	WW2E	M2	M2E	V2	V2E
	2-5%	3	WW3	WW3E	M3	M3E	V3	V3E
	0-2%	4	WW4	WW4E	M4	M4E	V4	V4E
		nicht E	E	nicht E	E	nicht E	E	
		ENTWÄSSERUNG						

Abbildung 15: Potenzielle Projektgebiete. Dieser Layer umfasst lediglich diejenigen Potenzialflächen, welche innerhalb der entwässerten Gebiete liegen.



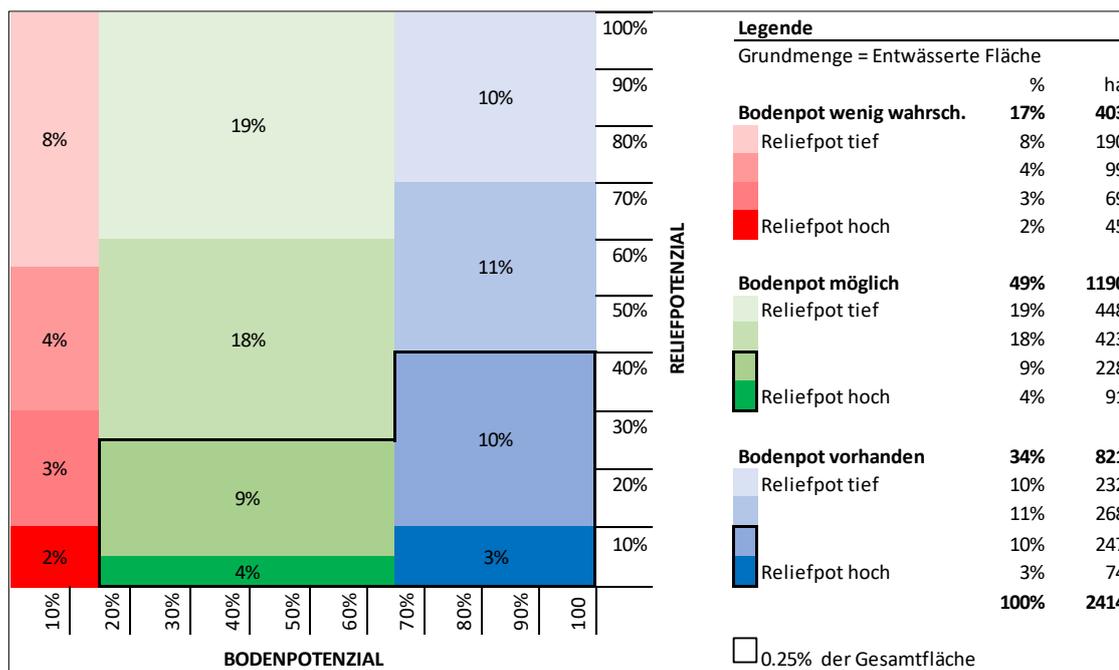
6.2 Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Von 49'097 ha Waldfläche im Kanton AG sind 2'414 ha von oberflächlichen Entwässerungsgräben durchzogen. Die Modellierung attestiert 34% (821 ha) dieser Gebiete (2414 ha) ein *vorhandenes Bodenpotenzial* (Waldgesellschaften 26a, 26e, 26f, 26g, 26w, 27a, 27f, 27g, 27w, 29, 30, 44, 45, 46a, 46g) und 49% (1190 ha) ein *mögliches Bodenpotenzial* (Waldgesellschaften 7aB, 7aS, 7b, 7c, 7g, 8aS, 8b, 8g, 9b, 9g, 11, 12aS, 12g, 18aS, 18g, 20, 28). Von diesen knapp 2000 ha weisen 640 ha eine Hangneigung von unter 5% auf (Abbildung 16).

Diese **640 ha** sind gemäss Modellierung aus regenerationsfachlicher Sicht die aussichtsreichsten Gebiete für die Realisierung von Wiedervernässungsprojekten.

Aufgrund der Unschärfe, die jeder Modellierung innewohnt, ist davon auszugehen, dass sich nicht alle Flächen innerhalb dieser Auswahl auch tatsächlich für die Regeneration eignen. Andererseits ist es möglich, dass Flächen aus anderen Kategorien gut für die Wiedervernässung geeignet sind.

Abbildung 16: Visualisierung der Verteilung der Kategorien (Bodenpotenzial vs. Reliefpotenzial) über die als *entwässert kartierten Gebiete* (= ganze farbige Fläche, 2414 ha). Die Zahlen sind auf 5% gerundet, ein Quadrat entspricht 0.25%. Schwarz umrandet sind diejenigen Kategorien, welche aufgrund von Boden- und Reliefpotenzial die besten Voraussetzungen für die Wiedervernässung bieten (640 ha, bzw. 26%).



6.3 Anwendung der Karte und der GIS-Daten

Die Karte zum Feuchtwaldpotenzial und den potenziellen Projektgebieten ist eine Hinweiskarte, welche die Akteure in einer frühen Projektphase dabei unterstützt Projektgebiete zu identifizieren oder bei sich bietenden Gelegenheiten eine Erstbeurteilung dazu vorzunehmen, wie aussichtsreich eine Wiedervernässung ist. Eine frühe Rücksprache mit dem Revierförster gibt Aufschluss darüber, wie gut die Ergebnisse der Modellierung mit den Beobachtungen vor Ort übereinstimmen.

Für die Konkretisierung des Projektperimeters und für die vertiefte Abschätzung des Vernässungspotenzials kann die Karte in einem weiteren Schritt mit zusätzlichen GIS-Daten überlagert werden. Besonders wertvoll sind in dieser Hinsicht hydrologische Karten, Bodenkarten, Grabenkartierungen, und Oberflächenabflussmodelle. Da die Hydrologie eines Gebiets immer grossflächig betrachtet werden soll, sollte jeweils das ganze Einzugsgebiet einer Projektfläche analysiert werden.

Kommt man aufgrund der bestehenden Grundlagen zum Schluss, dass die Planung vertieft werden soll, sind Feldabklärungen und Gespräche mit den betroffenen Akteuren unumgänglich. Das Vorgehen für die detaillierte Projektplanung wird im Kapitel 8 ausführlich erläutert.

7 Vorgehensvorschlag für Regenerationsprojekte (Projektstufen)

7.1 Einleitung

Die Potenzialanalyse kommt zum Schluss, dass von den ca. 2400 Hektaren oberflächlich entwässert Waldfläche, 640 Hektaren ein grosses bis sehr grosses Potenzial für Regenerationsmassnahmen aufweisen.

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Regenerationsprojekte angegangen werden sollen. Der Vorschlag zielt einerseits darauf ab, bei der Planung von Vernässungsmassnahmen die wesentlichen Parameter zu erfassen, ein möglichst schlankes und effizientes Vorgehen zu wählen und die Gebiete mit dem grössten Potenzial, bzw. mit den besten Erfolgsaussichten und dem besten Kosten-/Nutzen-Verhältnis auszuwählen und zu vernässen. Die vorhandenen Mittel sollen in jenen Objekten eingesetzt werden, in welchen sie am meisten Wirkung entfalten.

Als Gedankenstütze für die einzelnen Arbeitsschritte bei Vernässungsprojekten sowie als Grundlage für Leistungskataloge wurde eine Checkliste erarbeitet (Anhang 1).

Die Informationen in diesem Kapitel sind recht ausführlich. Das Vorgehen in den einzelnen Projekten soll der Grösse und Komplexität des jeweiligen Projekts angepasst sein. Es soll jeweils abgewogen werden, welche Arbeitsschritte tatsächlich erforderlich sind.

7.2 Grundsätze

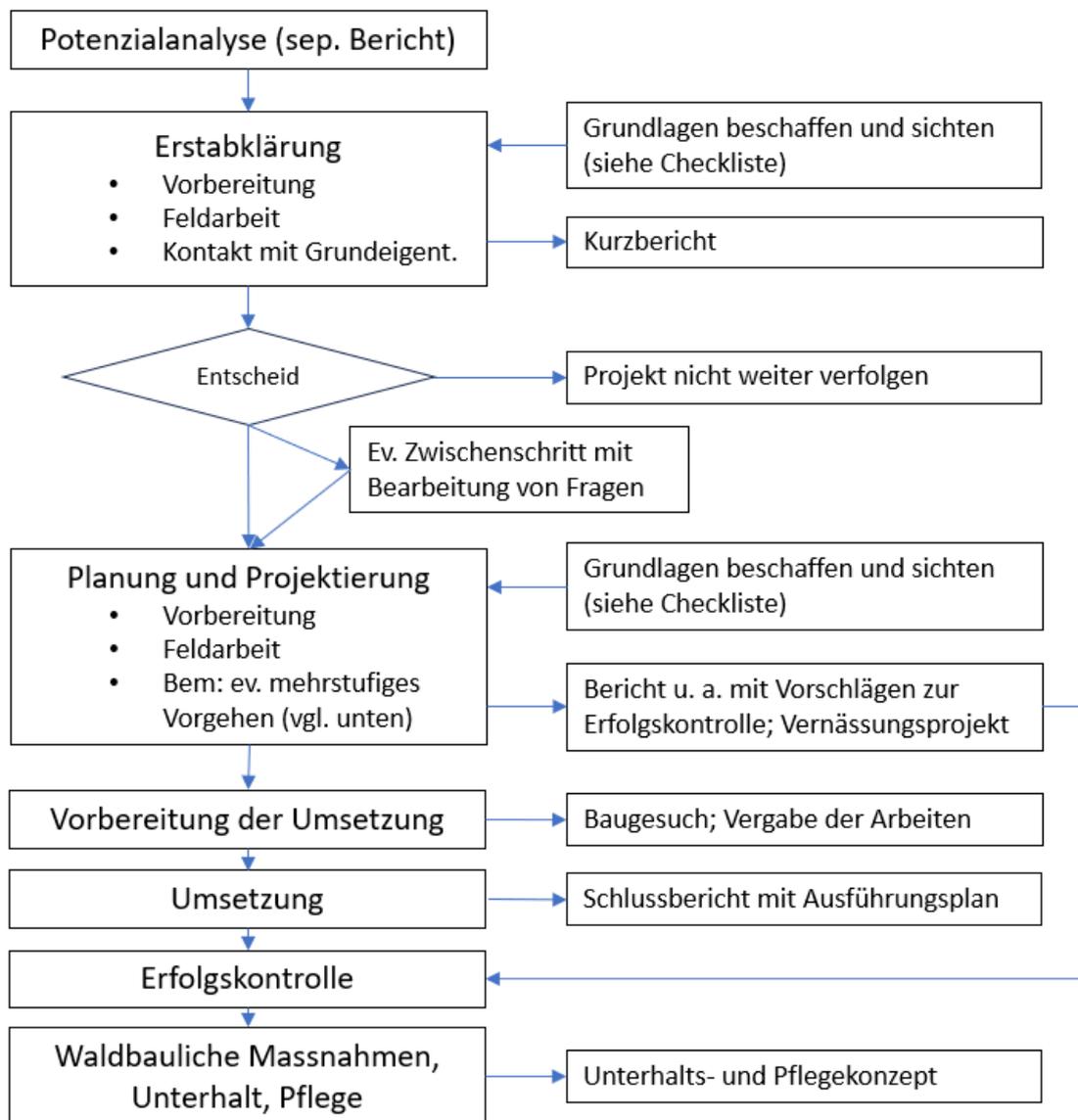
Bei der Auswahl der Objekte und der Planung von Vernässungsmassnahmen soll Folgendes beachtet werden:

- Flächen mit einem grossen Potenzial und wenig Zielkonflikten haben höchste Priorität.
- Je flächiger ein Gebiet vernässt werden kann, desto besser (beste Variante: Mit wenigen Massnahmen wird der Wasserspiegel grossflächig angehoben; schlechtester Fall: Massnahmen wirken nur sehr lokal). Der Wirkungsbereich von Massnahmen hängt im Wesentlichen von der Neigung des Geländes und von den Bodeneigenschaften ab.
- Je stetiger die Wasserspende aus dem Einzugsgebiet und je besser die Wasserqualität, desto eher werden die hydrologischen Ziele erreicht.

7.3 Ablauf / Von der Potenzialanalyse bis zur Umsetzung

Die nachfolgende Grafik zeigt die Meilensteine eines Vernässungsprojekts. Nachfolgend wird auf die einzelnen Schritte im Detail eingegangen.

Grafik 1: Arbeitsschritte eines Vernässungsprojekts.



Erläuterungen zum Ablaufschema:

Die Potenzialanalyse bietet zusammen mit weiteren GIS-Daten die Grundlage für die Auswahl von Zielobjekten. Diese Objekte sollen vor Ort mit wenig Aufwand **im Rahmen einer Erstbegehung beurteilt** werden mit dem Ziel, die Renaturierungsfähigkeit einstufen zu können.

Bei der **Planung und Projektierung** werden die Gebiete vertieft abgeklärt mit einem konkreten Renaturierungsprojekt als Produkt. Die **Vorbereitung der Umsetzung** umfasst formale Aspekte, gefolgt von den **Umsetzungsarbeiten**.

Mit der **Erfolgskontrolle** wird die Zielerreichung überprüft und die baulichen Massnahmen werden kontrolliert. Die Erfolgskontrolle soll in der Planungs- und Projektierungsphase skizziert und erste Aufnahmen vor der Umsetzung gemacht werden.

Ob es nach der Umsetzung Unterhalt und Pflegemassnahmen¹⁵ benötigt, hängt vor allem von der Zielsetzung ab (Nutzungsverzicht oder (weiterhin) Nutzung).

¹⁵ Forstwirtschaftliche Nutzung zählt zum Unterhalt

Mit den Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern soll frühzeitig Kontakt aufgenommen werden.

7.4 Erstabklärung

Die relevantesten Parameter bei einer Vernässung sind die Hydrologie und die Topografie. Entsprechend ist bei der Erstabklärung der Fokus darauf gerichtet. Da für die hydrologische Beurteilung der Boden wichtige Hinweise liefert, braucht es Kenntnisse des Bodenaufbaus. Wichtige Hinweise für die Hydrologie liefern auch die Wald- und die Grabenkartierung (vgl. Kap. 6).

Aufgrund der Erstabklärung kann der Entscheid gefällt werden, ob ein Objekt weiterbearbeitet wird. Im Kurzbericht soll u. a. auf Ausschlusskriterien/Konfliktpunkte eingegangen werden. Das können z. B. Nutzungskonflikte mit Trinkwasserfassungen oder die Beeinträchtigung der Erschliessung sein. Die Gebiete sollen dabei objektübergreifend vergleichbar und nachvollziehbar beurteilt werden (einheitliche Vorgehensweise).

Der Aufwand für die Erstabklärung soll gering gehalten werden: Er soll für kleinere Objekte ein bis zwei Tage nicht übersteigen, für grössere bis maximal vier Tage (allenfalls mit Ausnahmen bei sehr grossen und/oder komplexen Gebieten). Bei der Bündelung der Erstabklärung verringert sich der Aufwand (vgl. Empfehlungen am Ende dieses Kapitels).

Ablauf

Bei der **Vorbereitung** sollen (nur) relevante Grundlagen herangezogen werden, welche für den Entscheid zum weiteren Vorgehen massgeblich sind (siehe Anhang 1, Checkliste). Im Rahmen der Vorbereitung sollen die lokalen Kenntnisse abgefragt werden (beim Forstbetrieb, allenfalls auch bei den Grundeigentümerinnen und Grundeigentümern). Zur Vorbereitung gehört auch die Überprüfung des Perimeters (zu Beginn den Perimeter gross genug wählen, um Relevantes im Umfeld nicht zu übersehen; vgl. Abgrenzung des Einzugsgebiets in der Checkliste).

Die **Feldarbeiten** umfassen folgende Arbeiten:

- Einige **Bodenprofilbohrungen**, um die Bodeneigenschaften bezüglich Durchlässigkeit, Wasserstandsschwankungen und Wasserleitfähigkeit beurteilen zu können. Die Anzahl richtet sich dabei nach der Grösse des Gebiets, der Anzahl unterschiedlicher Waldgesellschaften und der Heterogenität des Bodens.
- Erstabklärung der **Hydrologie**: Kartierung von Gräben, Schächten, Drainagen, weiteren hydrologisch relevanten Strukturen; Wo liegen potenzielle Einstau- und Vernässungsmöglichkeiten?
- Gutachterliche Beurteilung der **Topografie** anhand des digitalen Terrainmodells.
- Gutachterliche Beurteilung der **Waldkartierung/Vegetation**: Ist die Waldkartierung nachvollziehbar oder gibt es Korrekturbedarf (ist im Rahmen der Erstabklärung nur ansatzweise möglich; auf offensichtliche Fehler soll im Bericht hingewiesen werden)? Hat es Vernässungszeiger? Zufallsfunde spezieller Arten erfassen (seltene Arten, Nässezeiger).
- Welche Möglichkeiten an Massnahmen gibt es?

Der **Kurzbericht** zeigt die Ausgangslage auf und zieht ein Fazit. Nach Möglichkeit sollen Ziel- und Massnahmenvorschläge formuliert werden. Bei der Ausgangslage soll auf die bei der Vorbereitung und den Feldarbeiten bearbeiteten Themen eingegangen werden. Im Fazit soll auf Folgendes eingegangen werden:

- Beurteilung der Vernässungsfähigkeit. Dabei ist insbesondere relevant, ob das Gebiet flächig oder punktuell vernässt werden kann und wie dabei das Kosten-Nutzen-Verhältnis beurteilt wird.

- Vorschlag Projektperimeter
- Abwägen von Chancen und Risiken
- Vorschlag, ob das Projekt weiterverfolgt werden soll oder nicht, inklusive Begründung. Gründe dafür können sein: ungenügendes Potenzial, schlechtes Kosten-Nutzen-Verhältnis, Konflikt mit anderen Interessen.
- Die Erstabklärung lässt kein eindeutiges Fazit zu. Ein Potenzial ist voraussichtlich vorhanden, vorgängig braucht es aber die Klärung von Fragen (diese im Bericht aufführen). Bemerkung: Ein solcher Zwischenschritt könnte vor allem für grössere Objekte nötig sein.
- Ausblick:
 - Gibt es Herausforderungen für die nachfolgenden Arbeitsschritte?
 - Hinweise für die Planung und Projektierung (auf was soll speziell geachtet werden? Braucht es Wasserstandsmessungen? ¹⁶)
 - Vorschlag für den Leistungskatalog für die nachfolgende Phase.

Detailbemerkungen

Vorbereitung (diese Auswertungen werden am effizientesten über alle oder mindestens einen Teil der Objekte gemacht und als Grundlage für die Erstabklärung zur Verfügung gestellt):

- Auswertung zur Topografie: prozentuale Anteile und Verteilung unterschiedlicher Terrainneigungen, Ermittlung und Darstellung von Senken
- Auswertung zur Waldkartierung: prozentuale Anteile und Darstellung der Waldgesellschaften
- Auswertung zur Grabenkartierung: prozentualer Anteil der Bereiche mit Gräben
- Befragung bei Lokalkennerinnen und Lokalkennern, mögliche Fragen:
 - Wie oft steht Wasser?
 - Gab es im Gebiet in der Vergangenheit bauliche Massnahmen? Hat es Schächte, Drainageleitungen, etc.?
 - Allgemeine Einschätzung der Vernässbarkeit?
 - Ev. Weiteres

7.5 Planung und Projektierung

Im Rahmen der Planung und Projektierung erfolgen vertiefte Abklärungen mit einem ausgearbeiteten Vernässungsprojekt als Produkt. Der Aufwand kann sehr stark variieren, von wenigen Tagen für kleinere, einfachere Projekte bis zu wenigen Wochen bei grossen und komplexen Projekten.

Ablauf

Die Arbeiten dieser Phase knüpfen an die im Rahmen der Erstabklärung gemachten Arbeiten an. Bei der **Vorbereitung** sollen alle zur Verfügung stehenden Grundlagen herangezogen und Gebietskennerinnen und Gebietskenner befragt werden (siehe Anhang 1, Checkliste). Anschliessend erfolgt eine Aufteilung in **einfache** und **komplexe Projekte**. Entscheidend dafür ist, ob Planung und Projektierung als separate Projektschritte erfolgen oder ob sie in einem Arbeitsschritt abgehandelt werden können.

¹⁶ Falls Wasserstandsmessungen als Grundlage für Planung und Projektierung gemacht werden, dann soll während mindestens einem Jahr gemessen werden, idealerweise mit Autopegeln, die stündlich aufzeichnen.

Bei komplexen Projekten erfolgt die weitere Bearbeitung in drei Schritten: **Leistungskatalog, Planung, Projektierung.**

Unter Umständen müssen im Rahmen der Planung Wasserstandsmessungen gemacht werden. Das soll frühzeitig in Angriff genommen zu werden, weil i. d. R. Daten über ein Jahr zur Verfügung stehen sollen.

Box 1: Komplexität von Projekten

Einfaches oder komplexes Projekt?

Komplexe Projekte: topografisch heterogen mit flachen und geneigten Flächen, vielen Gräben, nasse und trockenere Bereiche, Vielfalt an Waldgesellschaften, unklare hydrologische Eigenschaften, mehrere Optionen als Massnahmen.

Einfache Projekte: topografisch und biologisch (Waldgesellschaften) ziemlich homogen, hydrologische Eigenschaften klar erkennbar, wenige Optionen an Massnahmen.

Bemerkungen:

- Eine klare Trennung zwischen einfachen und komplexen Projekten ist nicht immer möglich.
- Komplex sollten ausschliesslich grosse Projekte sein, denn sonst haben sie ein schlechtes Kosten-Nutzen-Verhältnis, was vermieden werden soll.

Beispiel für ein einfaches Projekt ist das Gebiet «Landricht» in der Nähe von Bremgarten:

- Kleines Gebiet
- Wenige Gräben
- Senke mit nur einem Entwässerungsgraben

Beispiel für ein komplexes Objekt ist das im Juni 2023 besichtigte Gebiet Hard bei Sisseln:

- Sehr gross
- Topografisch relativ flach
- Viele Gräben
- (Wahrscheinliche) Theorie: In den «Schlucklöchern» wird Wasser in den Grundwasserleiter abgeführt.
- Herausforderungen, die das Objekt komplex machen:
 - Eigenschaften des Bodens?
 - Entstehung und ursprünglicher Zustand des Gebiets?
 - Wie aufwändig ist es, die Schlucklöcher funktionslos zu machen?
 - Auf was muss geachtet werden, wenn das gelingt?
 - Geht der bestehende Baumbestand durch starke Vernässung ab?
 - Sickert das aufgestaute Wasser langsam durch den Boden oder fliesst es oberflächlich ab?
 - Muss die Vernässung steuerbar sein?

Abbildung 17, Ausschnitt aus der Potenzialkarte (Legende siehe nachfolgende Abbildung): Das Gebiet bei „Landgricht“ in der Nähe von Bremgarten ist eine etwa halbe Hektare grosse Senke, welche über nur einen Graben entwässert wird.

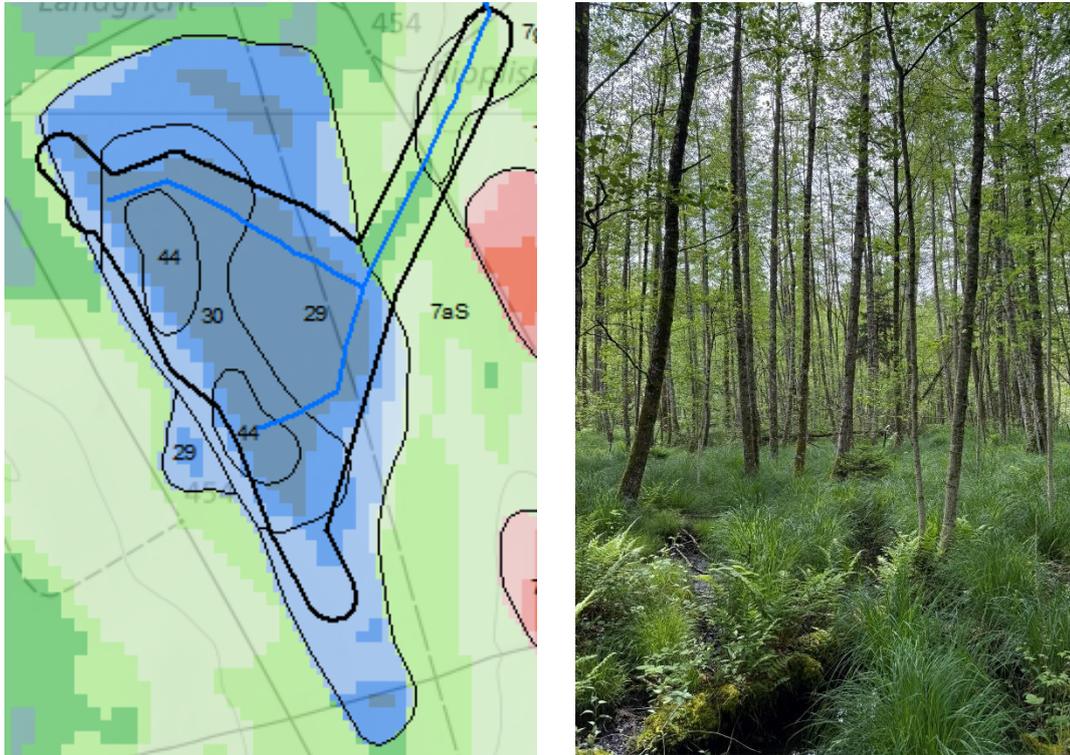


Abbildung 18, Ausschnitt aus der Potenzialkarte: Das Gebiet „Hard“ bei Sisseln ist ca. 300 ha gross, ziemlich flach, teilweise entwässert und mit grossen Vorkommen der staufeuchten Waldgesellschaften 7aB und 7aS. Das Vernässungspotenzial ist dementsprechend gross.

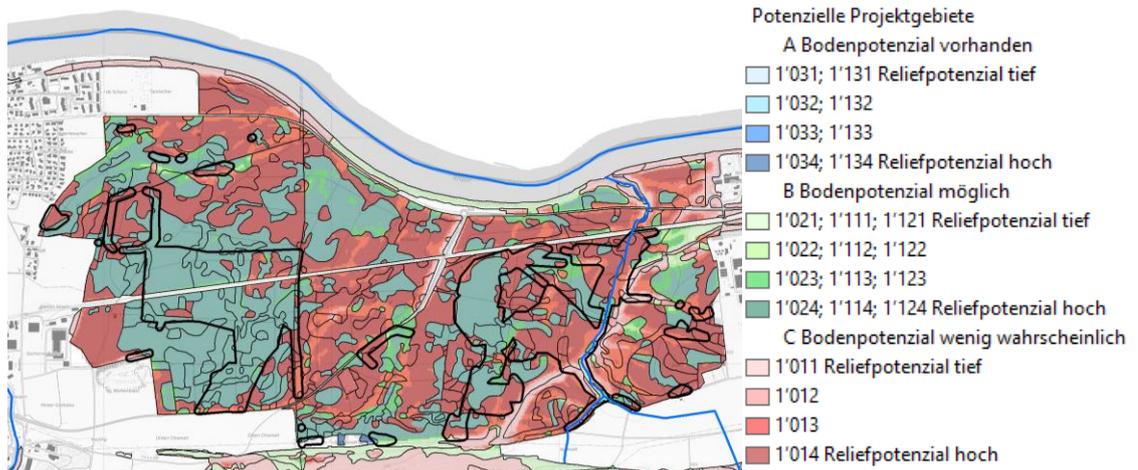


Abbildung 19: Von Seegras (Zittergras-Segge, *Carex brizoides*) dominierter Unterwuchs und Gräben in der „Hard“ bei Sisseln



Detailbemerkungen

Vorbereitung:

- Checkliste für die Zusammenstellung der zur Verfügung stehenden Grundlagen siehe Anhang 1.
- Befragung bei Lokalkennerinnen und Lokalkennern.

Leistungskatalog erarbeiten:

- Auf der Basis der Informationen aus der Erstabklärung und der Vorbereitung wird ein Leistungskatalog mit den erforderlichen Feldabklärungen im Rahmen der Planung und Projektierung erstellt. Die Infrage kommenden Abklärungen siehe Checkliste im Anhang 1.

Planung:

- Der Planungsbericht macht Aussagen zur Ausgangslage und zu den Zielen. Er soll Massnahmenvorschläge enthalten und die Erfolgskontrolle skizzieren.
- Die Ausgangslage wird im Detail dargestellt. Das Kapitel kann gegliedert werden in Waldbau, Vegetation, Flora und Fauna, Wasserhaushalt, Stoffhaushalt¹⁷, Nutzung, Erschliessung¹⁸, (anthropogene Einflüsse). (Wenn möglich sollen der natürliche Zustand und der Naturnähegrad bestimmt sowie die Entwicklungsgeschichte aufgezeigt werden)¹⁹.
- Aufgrund der Ausgangslage sollen Defizite / Gefährdungen aufgezeigt und ein Leitbild²⁰ abgeleitet werden.
- Ziele sollen aufgeteilt werden in abiotische, biologische und waldbauliche Aspekte. **Die zukünftige waldbauliche Ausrichtung ist dabei wichtig** (-> Thema Nutzungsverzicht).
- Zu den Massnahmenvorschlägen sollen Aussagen gemacht werden, wie sie zur Zielerreichung beitragen. Bei Bedarf sind Varianten aufzuzeigen und die Vor- und Nachteile gegenüberzustellen. Bei den waldbaulichen Massnahmen ist aufzuzeigen, wie sie umgesetzt werden können.

¹⁷ Insbesondere Nährstoffe; spielt im Wald i.d.R. eine untergeordnete Rolle.

¹⁸ Darauf eingehen, ob durch Vernässungsmassnahmen die Benutzung von Waldstrassen erschwert wird.

¹⁹ Das spielt vor allem bei Wäldern mit Torfböden eine Rolle.

²⁰ Ein Leitbild soll, abgestimmt auf die Ausgangslage, die künftige Gebietsentwicklung aufzeigen. Ausführlichere Informationen zu Leitbildern hat es in (Wagner et al., 2005), wobei zu beachten ist, dass dieser Leitfaden für grosse und komplexe Moorregenerationen erarbeitet worden und entsprechend sehr ausführlich ist.

Projektierung:

- Bei der Projektierung werden die Lage von Massnahmen und die für die Bauwerksdimensionierung erforderlichen Grundlagen erhoben. Die Projektierung umfasst als Resultat einen Plan sowie eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Massnahmen (Baumasse, Massnahmentypen, Materialien). Der Materialbedarf wird zusammengestellt und eine Kostenschätzung gemacht. Im Weiteren soll ein Zeitplan für die weiteren Meilensteine vorgeschlagen werden.

7.6 Vorbereitung der Umsetzung

Die Vorbereitung der Umsetzung umfasst die Einreichung des (Bau-)Gesuchs, das Einholen von Offerten für die Umsetzung und die Vergabe der Arbeiten²¹.

7.7 Umsetzung

Die Umsetzung umfasst:

- das Abstecken der Massnahmen,
- die Ausführung der Massnahmen,
- die Baubegleitung / Begleitung von Forstarbeiten,
- die Bauabnahme,
- einen Schlussbericht mit u. a. einem Ausführungsplan.

Bei einzelnen Projekten wird es notwendig sein, vor den baulichen Massnahmen aus folgenden Gründen einen Holzschlag durchzuführen:

- Naturnahe Bestockung fördern: Anteil an standortfremden Baumarten reduzieren, standorttypische Baumarten fördern
- Sicherheit: Durch die Vernässungen absterbende Bäume entfernen, wenn sie in der Nähe von Wegen zu einem Sicherheitsrisiko werden würden.
- Zugänglichkeit für die Bauarbeiten und für spätere Unterhalts- und Pflegearbeiten gewährleisten.
- Schutz der baulichen Massnahmen: Durch die Vernässungen absterbende Bäume in der Nähe von baulichen Massnahmen entfernen, falls sie die Massnahmen (bei Windwurf) beschädigen könnten.

7.8 Erfolgskontrolle

Die Erfolgskontrolle soll auf die Ziele ausgerichtet sein. Diese sollen deshalb SMART²² sein. Da bei der Wiedervernässung der Wasserstand im Zentrum des Interesses steht, soll die Wirkungskontrolle vor allem da ansetzen. Ob weitere Ziele überprüft werden sollen, ist projektbezogen zu entscheiden.

Ein wichtiger Aspekt im Rahmen der Umsetzungskontrolle ist die regelmässige Überprüfung der Massnahmen auf ihre Funktionstüchtigkeit.

²¹ Ausschreibung und Vergabe der Arbeiten entsprechend den kantonalen Bestimmungen.

²² **S**pezifisch, **M**essbar, **A**traktiv, **R**ealistisch, **T**erminiert

7.9 Unterhalt, Pflege, waldbauliche Eingriffe

Je nach Zielsetzung und Gebiet sind zukünftige Unterhalts- und/oder Pflegemaßnahmen erforderlich. Dazu soll bei Bedarf ein Unterhalts- und Pflegekonzept erarbeitet werden.

Stichworte dazu (unvollständige Auflistung):

- Waldbauliche Nutzung,
- Unterhalt der Massnahmen,
- Regulierung von Neobiota (vgl. dazu u. a. die Angaben in Stocker et al., 2002),
- Bemerkung: Wo viel Handarbeit erforderlich ist, bei Bedarf Creanatura einbeziehen.

8 Typen von Aufwertungsmassnahmen

8.1 Einleitung

Die Aufwertungsmassnahmen werden unterschieden in «**bauliche**» und «**waldbauliche**» Massnahmen.

Bei der Wiedervernässung von Wäldern geht es hauptsächlich darum, den Wasserhaushalt so gut wie möglich wieder herzustellen (vgl. Kap. 4.3). Demzufolge liegt der Fokus von Massnahmen denn auch bei der Verbesserung der hydrologischen Situation (**bauliche Massnahmen**). Es ist wichtig, bei der Betrachtung des Wasserhaushalts das gesamte Einzugsgebiet zu berücksichtigen (vgl. Kap. 7.4).

Waldbauliche Massnahmen können ebenso substantiell zur Aufwertung von Feuchtwaldstandorten beitragen.

In diesem Kapitel liegt der Fokus auf den baulichen Massnahmen. Auf die waldbaulichen Massnahmen wird nicht weiter eingegangen.

Die seltenen Waldgesellschaften auf Torfböden (30, 44 und 45) machen nur 349 Hektaren oder 0.71% der Waldfläche des Kantons Aargau aus. Da sie aber ökologisch wichtig sind und 349 ha an der Zielsetzung der zu vernässenden Wälder ein hoher Anteil ist (640 ha, vgl. Kap. 1), werden Massnahmen auf Torfböden in diesem Bericht auch abgehandelt.

8.2 Bauliche Massnahmen

8.2.1 Grundsätze / Allgemeine Hinweise

Der Bodentyp bestimmt die geeigneten baulichen Massnahmen und Materialien, denn Torfböden und mineralische Böden unterscheiden sich in ihren Eigenschaften grundlegend.

Bauliche Massnahmen sollen langfristig wirksam sein, weshalb sie solid gebaut und genug gross und lang sein sollen. Sie sollen gut vor Erosion, Verrottung und Windwurf geschützt sein. Wenn immer möglich soll für die Bauarbeiten erforderliches Material vor Ort entnommen statt zugeführt werden (z. B. Lehm, Torf, Erdmaterial).

8.2.2 Übersicht über die Massnahmen

Die Massnahmen sind in der Reihenfolge der Häufigkeit, wie sie vermutlich zur Anwendung kommen werden.

Grabenverfüllung: Bei Grabenverfüllungen, bzw. Teilverfüllungen werden Gräben ab einem Gefälle ab 1-2% idealerweise komplett oder auf längeren Abschnitten verfüllt (im Unterschied zum punktuellen Einstau von Gräben). Der Wasserstand soll dabei flächig angehoben werden. Bei der Umsetzung kann es wegen hoher Kosten und/oder mangels geeignetem Material manchmal schwierig sein, Gräben komplett zu verfüllen. In solchen Fällen muss abgeklärt werden, welche Grabenabschnitte die höchste Priorität haben.

Einstau von Gräben: In flachem Gelände (< 1-2% Gefälle) genügt es, Gräben nur punktuell zu verschliessen.

Dämme anlegen: Dämme überragen die Umgebung mit dem Ziel, Wasser zurückzuhalten. Ein bekanntes Beispiel dafür ist das Langholz bei Rothrist.

Wasserregulierung: Bei entwässerten Senken genügen meist eine oder wenige Massnahmen zur Wiedervernässung. Um den Wasserstand der Entwicklung des Gebiets anpassen zu können, lohnen sich in der Regel regulierbare Massnahmen.

Überrieselungs-/Versickerungsgräben anlegen: Mit Überrieselungs- oder Versickerungsgräben wird Wasser in hangparallel angelegte Gräben eingeleitet, von wo es die darunterliegenden Bereiche flächig speist.

Drainagerohre entfernen: Unterirdische Entwässerungssystem/-leitungen entfernen. Es ist nicht bekannt, wie gross die davon betroffene Fläche im Aargauer Wald ist.

Anhebung des Grundwasserspiegels: (Grossräumige) Anhebung des Grundwassers.

8.2.3 Grabenverfüllung

Die Grabenverfüllung ist die effektivste Methode, um den Wasserspiegel wiederherzustellen (Convention on Wetlands., 2021a), bedingt aber viel Material. Für die Verfüllung kommen verschiedene Materialien in Frage (siehe nachfolgende Tabelle). Reichhaltige Erfahrungen sind damit bei der Regeneration von Torfmooren gesammelt worden, wo meist Torf, teilweise Sägemehl oder eine Kombination dieser beiden Materialien verwendet worden ist. Auf mineralischen Böden kommen weitere/andere Materialien in Frage (siehe Tabelle 1).

Abbildung 20: Gräben ab einer Neigung von 1-2% sollen vollständig, flachere teilweise verfüllt werden. Bei Gräben mit geringem Gefälle genügt es, diese punktuell einzustauen. Hinter dem Einstau entstehen kleine Stillgewässer, welche von gewässerbewohnenden Pflanzen und Tieren besiedelt werden.

MASSNAHMEN BEI EINER NEIGUNG VON...

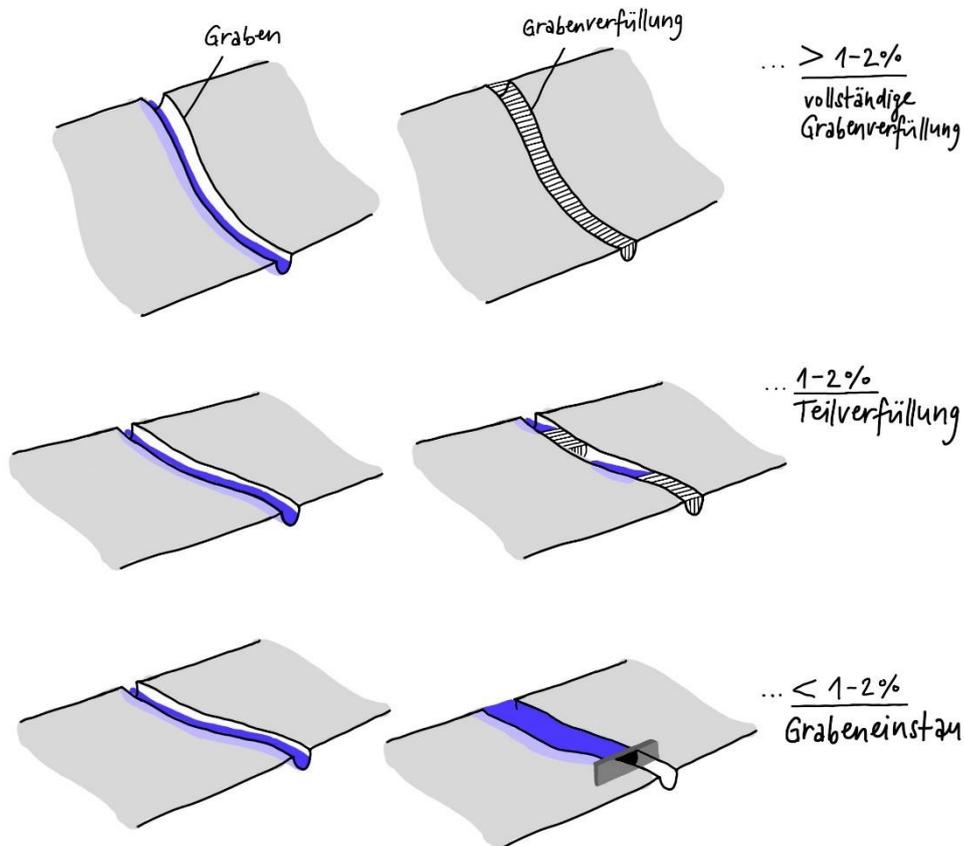


Tabelle 1: Materialien für Grabenverfüllungen. Idealerweise ist das Verfüllmaterial ähnlich oder gleich wie der natürlich gewachsene Boden. Völlig standortfremde Materialien sollen nicht verwendet werden (z. B. mineralisches Material in Torfböden und umgekehrt).

Materialtyp	Geeignet für mineralischen Boden	Geeignet für Torfböden	Bemerkung
Torf	Nein	ja	
Sägemehl	Vermutlich Ja	ja	Uns ist nicht bekannt, dass Sägemehl auf mineralischen Böden angewendet worden ist.
Torf mit Sägemehl kombiniert	nein	ja	
Gemisch aus Sägemehl und Häcksel	unbekannt	ja	Wird im Kanton Neuenburg in Torfmooren angewendet.
Lehm	ja	nein	
Pressschlamm	ja	nein	Die Eigenschaften von Pressschlamm unterscheiden sich, je nach Herkunftsort, stark. Der Pressschlamm muss einen hohen Anteil an Ton enthalten, damit er geeignet ist. Ansonsten ist er zu durchlässig. Prüfen lässt sich dies durch das Ausrollen: Der Pressschlamm muss bis auf die halbe Bleistiftstärke, ohne zu brechen, ausgerollt werden können.
Stroh-, Heu- oder Streuballen	vermutlich ja	ja	Wird teilweise in den USA angewendet. Pilotprojekt in einem Quellmoor im Kanton Zürich seit Herbst 2024.

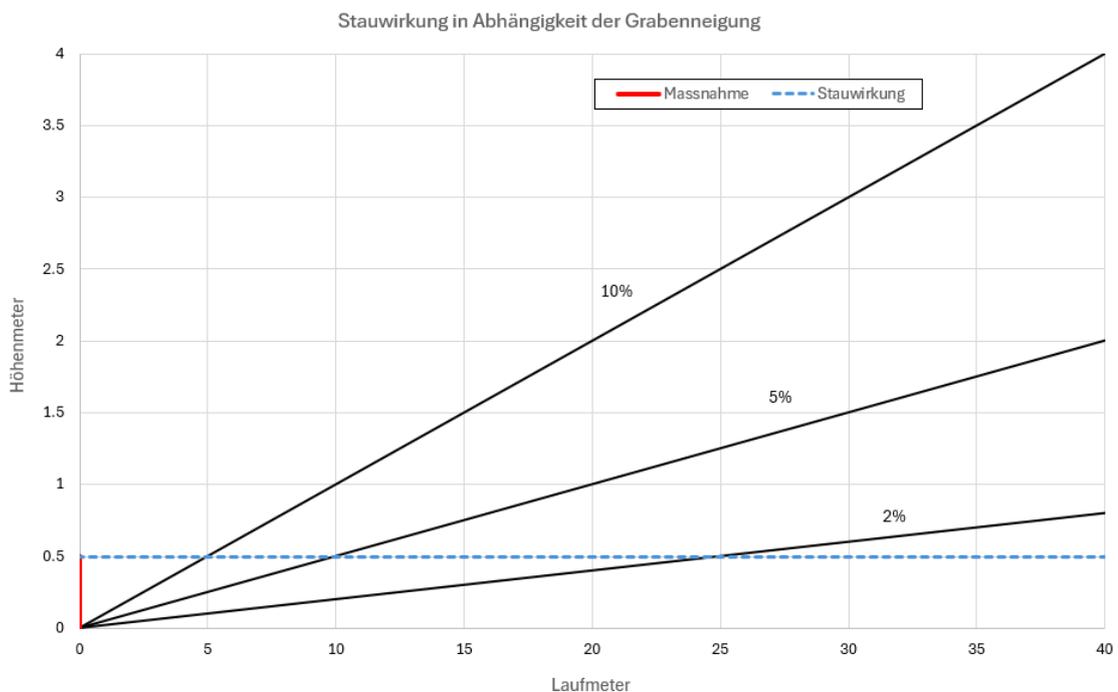
Die Anforderungen an das Material und zu beachtende Punkte:

- Nährstoffarm und höchstens mässig durchlässig (maximal so durchlässig wie der umgebende Boden)
- Torf: verdichten, bei der Torfberechnung den Schwund miteinberechnen (Sägemehl schwindet nicht)
- In regelmässigen (abhängig vom Längsgefälle) Abständen undurchlässige Dämme einbauen, damit das Anheben des Wasserstands garantiert ist.

Gräben sollen ab zwei Prozent Neigung vollständig verfüllt werden (Empfehlung in (Convention on Wetlands., 2021b), damit Wiedervernässungsmassnahmen flächig wirken. Der Aufwand, insbesondere der Materialbedarf, sind entsprechend hoch. Diese Empfehlung gilt zwar für Torfböden, hat aber auch für mineralische Böden ihre Berechtigung (vgl. nachfolgende Abbildung). Bei einer Neigung von 1 bis 2 Prozent kann auf eine Vollverfüllung verzichtet werden. Unter Umständen lohnt sich aber ein abschnittweises Verfüllen der Gräben auf jeweils mehreren Metern (Graben Teilverfüllung). Bei einer Neigung kleiner als 1 Prozent genügen punktuelle Einstaus. Auf Vollverfüllung soll aus ökonomischen (Kosten) und ökologischen Gründen verzichtet werden (hinter dem Einstau entstehen ökologisch wertvolle Kleingewässer; die notwendigen Materialtransporte können aufwändig sein und Landschaften verursachen).

Grabenverfüllungen lassen sich mit Einstaummassnahmen kombinieren, um punktuell einen vollständigen Wasserrückhalt sicherzustellen. In mineralischen Böden insbesondere mit Holzplatten, im Torf vor allem mit Spundwänden²³.

Abbildung 21: Wirkung von punktuellm Grabeneinstau bei unterschiedlicher Grabenneigung. Bei 5 Prozent geneigten Gräben wirkt ein Einstau von 50 cm Höhe 10 Meter weit, während er bei 2 Prozent Hangneigung 25 m weit wirkt. Das Profil ist stark überhöht.

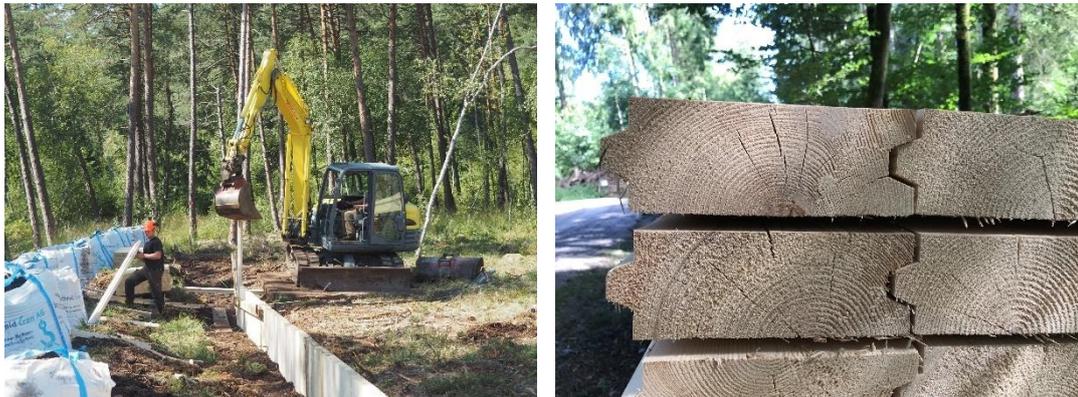


In seltenen Fällen genügt eine Anhebung der Grabensohle statt einer Verfüllung. Das kann z. B. dann der Fall sein, wenn der Wasserstand aufgrund des Vorkommens seltener Lebensräume oder Arten eine bestimmte Kote nicht übersteigen soll.

Verfüllungen mit Torf sind ungeeignet in sehr nassen (Untergrund ist dann meist zu weich) oder zu trockenen Gebieten (Mineralisation des Torfes), bei zu starker Neigung (Erosionsgefahr) und bei sehr breiten Gräben wegen des grossen Materialbedarfs. Wenn der Torf vor Ort entnommen wird, muss darauf geachtet werden, dass keine hydrologischen Schwächezonen geschaffen werden. Das Verfüllen von Gräben ist in Grosvernier and Staubli (2009) ausführlich beschrieben (Kap. 3.3.2 und 3.3.3).

²³ Torf ist weich und Spundbretter können gut verbaut werden. Der mineralische Boden ist hart und bietet viel Widerstand, weshalb Spunden fast unmöglich. Holzplatten werden verbaut, indem ein Schlitz geöffnet, die Holzplatte hineingestellt und anschliessend der Schlitz wieder geschlossen wird.

Abbildung 22: Spunden von Holzbrettern in einem Waldmoor im Kanton Zürich (links). Spundwandbretter mit Nut und Feder (rechts)



8.2.4 Einstau von Gräben

Beim Einstau von Gräben wird unterschieden zwischen a) Grabenanstau (nicht bis zur Bodenoberfläche), b) Grabeneinstau (bis zur Bodenoberfläche) und c) Grabenüberstau mit seitlichem Wegfliessen des Wassers über die Grabenschultern.

Für den (punktuellen) Einstau von Gräben kommen verschiedene Techniken und Materialien in Frage, abhängig von der Situation vor Ort und der Funktion des Bauwerks.

Tabelle 2: Materialien für den Einstau von Gräben mit Dämmen

Material	Vor- und Nachteile (V, bzw. N)	Bemerkung
Lehm	V: Dichtet sehr gut; N: muss vor Austrocknung geschützt sein, weil sonst Risse entstehen	Idealerweise kann Lehm vor Ort entnommen werden. Lehm wird voraussichtlich am häufigsten als Baumaterial verwendet werden.
Pressschlamm	Vgl. Bemerkung in Kap. oben	
Erdmaterial	V: billig N: Dichtigkeit ev. ungenügend	Vor Ort entnommenes Material; Nur dann verwenden, wenn das Material genügend abdichtet (hoher Tonanteil ist Voraussetzung; vgl. Angaben zur Qualität von Pressschlamm im Kap. oben); In Kombination mit anderen Materialien, z. B. Holzplatte.
Torf		Reine Torfdämme werden nicht empfohlen, weil erosionsanfällig
Rundholz		Wird nicht empfohlen (vgl. Grosvernier et al. (2009), Seite 54)

Tabelle 3: Materialien für den Einstau von Gräben mit Spundwänden

Material	Vor- und Nachteile (V, bzw. N)	Bemerkung
Holz	V: Sehr gut geeignet im Torf; kann regulierbar gestaltet werden N: in mineralischen Böden nicht geeignet; Einbau ist aufwändig; witterungsanfällig (das Holz verrottet mit der Zeit, wo nicht ständig im Wasser oder sofern nicht gut geschützt)	In Torfmooren sehr häufig eingesetzte Massnahme; Als Holz eignen sich schlecht verrottbare Sorten wie Weisstanne, Eiche, Lärche, Douglasie.
Hartvinyl	V: Geeignet im Torf und im lehmigen Boden; kann regulierbar gestaltet werden	Es ist uns nicht bekannt, wie gut sich Hartvinylplatten in sandigen und schluffigen Böden verarbeiten lassen.

Material	Vor- und Nachteile (V, bzw. N)	Bemerkung
	N: Nicht geeignet in kiesig, steinigem Boden Aufwändig; bei zu grossem Widerstand brechen die Bohlen beim Rammen	
Eisenlarsen	V: Geeignet im mineralischen Boden, können weit in den Untergrund eingebracht werden N: sehr aufwändig; bedingt grosse Maschinen und gute Zufahrten	Eisenlarsen-Spundwände sind unseres Wissens in Wiedervernässungsprojekten noch kaum je eingesetzt worden; Dichtigkeit?

Tabelle 4: Typen und Materialien für den Einstau von Gräben mit Wehren

Material	Vor- und Nachteile (V, bzw. N)	Bemerkung
Holz/Holzplatte	V: Billig; einfach einzubauen N: witterungsanfällig (vgl. Holzspundwände)	
Kanthölzer	V: Gegeneinander vernagelte oder verschraubte Kanthölzer sind sehr stabil	
Stahlplatte	N: Teuer; bei grösseren Platten ist der Einbau aufwändig; V: sehr langlebig; können regulierbar gestaltet werden	

Massnahmentypen lassen sich kombinieren, z. B. ein mit einer Holzplatte verstärkter Lehmdamm oder ein auf eine Holzspundwand aufgeschraubtes Metallwehr.

Einstaumassnahmen an Gräben sollen solid und dicht gebaut, genügend gross dimensioniert²⁴ und sehr gut gegen Erosion (vgl. separates Kapitel) geschützt sein, da sich überschüssiges Wasser bei der Massnahme sammelt.

Abbildung 23: Einbau eines Lehmdamms in einen Graben



²⁴ Grabenschultern sind oft eingefallen, was bedingt, dass Massnahmen seitlich über die Grabenränder hinaus ins gewachsene Gelände hinein und unter Umständen leicht überhöht erfolgen sollen.

Abbildung 24: Grabenschultern sind oft eingefallen, was bedingt, dass Massnahmen seitlich über die Grabenränder hinaus ins gewachsene Gelände hinein und unter Umständen leicht überhöht erfolgen sollen. Die Abbildung zeigt ein Querprofil eines Grabens in einem Quellmoor mit Grabenschultern, die 4.5 m auseinanderliegen bei einer Grabentiefe von 70 cm.

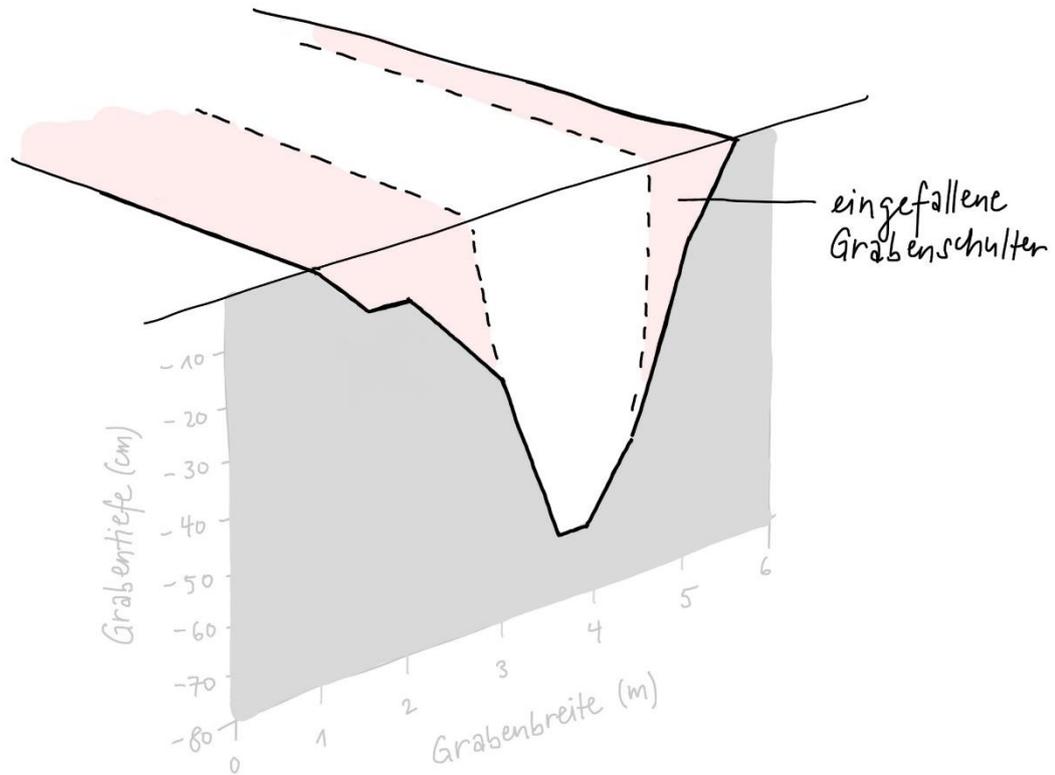


Abbildung 25: Ein alle ca. 10 m mit Holzspundwänden eingestauter Graben mit mehr als 2 Prozent Gefälle. Eine Vollverfüllung war nicht möglich wegen zu geringer Torfmächtigkeit zur Entnahme von Torf vor Ort, bzw. unverhältnismässigem Aufwand zum Zuführen von Torf.



8.2.5 Dämme anlegen

Dämme müssen solid gebaut sein, das überschüssige Wasser muss gezielt und vor Erosion gesichert abgeführt werden. Für den Bau von Dämmen kommen Holzspundwände, Kunststoffwände, Lehm-, Pressschlamm- oder Erddämme sowie Kombinationen davon in Frage. Sie sollen mit geeignetem Material überdeckt werden. Wenn Torf für Überdeckung verwendet wird, dann muss diese 30 cm hoch sein, denn dieser sackt stark ein (20 bis 25 cm). Von reinen Torfdämmen ist, auch wenn in der Literatur öfters erwähnt, abzuraten, weil diese nicht dicht und erosionsanfällig sind. Bei Bedarf können Dämme mit einer regulierbaren Überlaufkonstruktion ergänzt werden.

Abbildung 26: Bei den Waldvernässungsmassnahmen im Langholz bei Rothrist sind Dämme angelegt worden.



8.2.6 Wasserregulierung durch den Einbau von Schächten, Holzkästen, Wehren, Spundwänden oder Mönchen

Viele Feuchtgebiete sind hinter Moränenwällen entstanden. Zahlreiche wurden entwässert, indem die natürlichen Abflusshindernisse durchstochen wurden. In solchen Fällen kann mit einer Reguliervorrichtung der Wasserstand sukzessive, der Entwicklung des Gebiets angepasst, angehoben werden. Beispiele von Reguliervorrichtungen sind Schächte, Holzkästen, Wehre oder Mönche. Auch Bauwerke aus Beton kommen in Frage.

Diese Art von Einstaubauwerken eignet sich vor allem für Senken. Zur Vermeidung unerwünscht hoher Wasserstände soll überschüssiges (Hoch-)Wasser kontrolliert abgeführt werden.

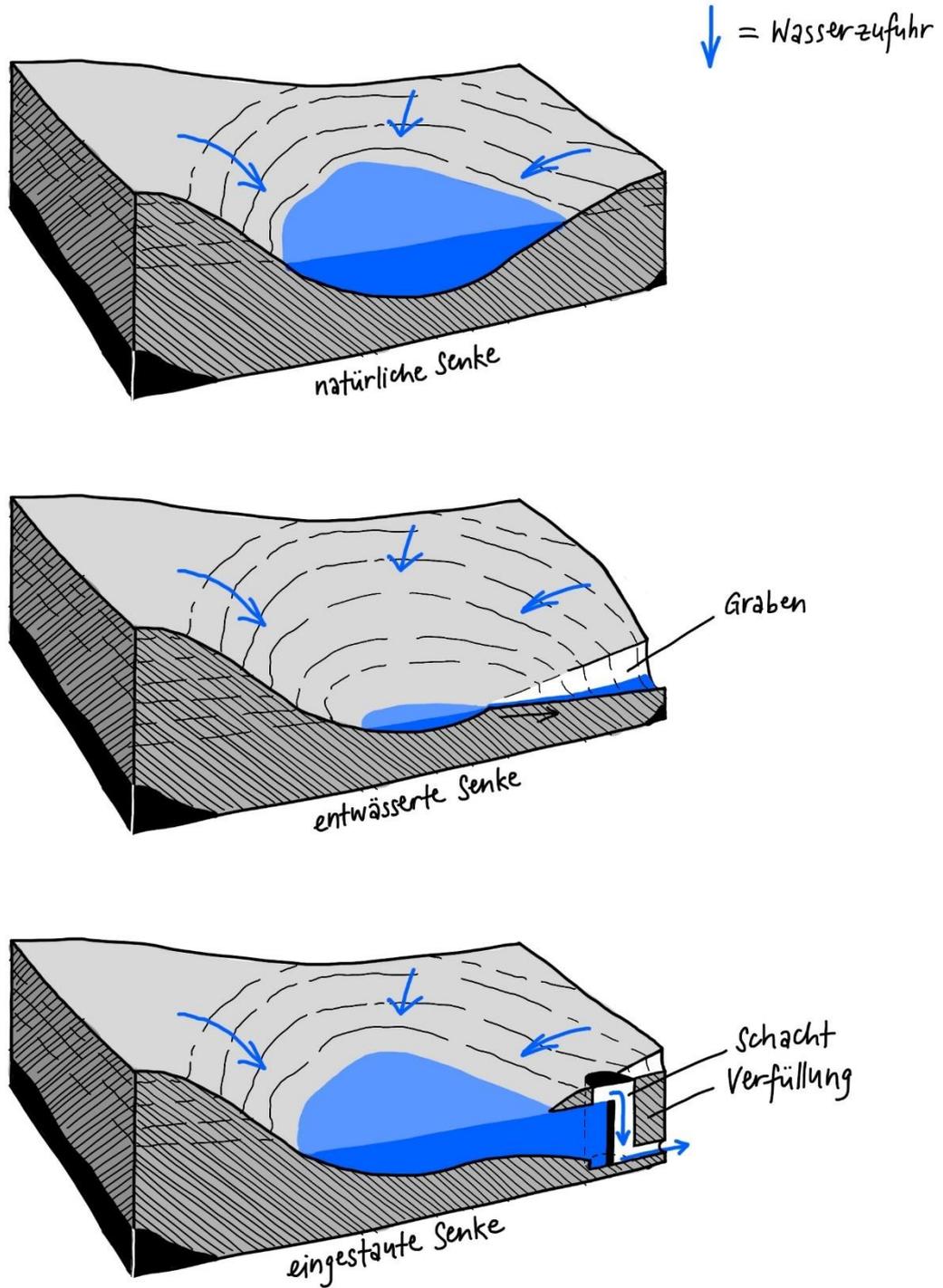
Die Publikation Grosvernier and Staubli (2009) enthält ausführliche Informationen zu Holzkästen (Kap. 3.3.5) und zu Schächten (Kap. 3.3.6).

Abbildung 27: Einbau eines vorgefertigten Mönchs. Links oben: Seit langem bestehendes Rohr durch die Moräne, links unten: Der Grundablass und die Reguliermöglichkeit durch Holzbretter, die eingesetzt werden können, sind erkennbar. In diesem Projektgebiet kann über den Mönch der Wasserstand von mehr als 10 Hektaren Moorfläche reguliert werden.



Abbildung 28: Bei einem Feuchtwald in Senken kann im Entwässerungsgraben z. B. ein Schacht eingebaut werden, um die Senke regulierbar einzustauen.

WASSERREGULIERUNG

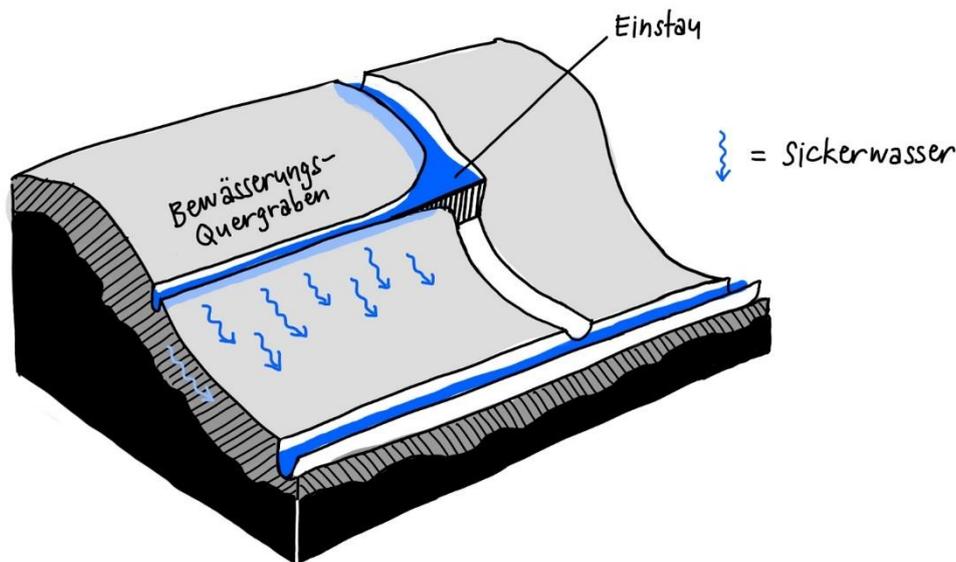


8.2.7 Überrieselungs-/Versickerungsgräben anlegen

Überrieselungs- oder /Versickerungsgräben kommen in Gebieten in Frage, wo es natürlicherweise eine Überrieselung oder Durchströmung gibt. Im Kanton Aargau dürfte dies am ehesten in Quellmooren der Fall sein. Solche Massnahmen bedingen ein ausreichendes Wasserangebot.

Abbildung 29: Bei Hangquellmooren kann eine flächige Vernässung durch die Anlage eines hangparallelen Grabens erreicht werden.

ÜBERRIESELUNG / VERSICKERUNG



8.2.8 Drainagerohre entfernen

Entwässerungssysteme mit Drainagerohren sollen bei Waldvernässungsprojekten vollständig inkl. allfälliger Sickerpackungen entfernt werden. Mit den durch das Entfernen entstehenden Gräben ist gleich vorzugehen wie in den vorangehenden Kapiteln beschrieben.

8.2.9 Anhebung des Grundwasserspiegels

Dieses Thema wird im Rahmen des vorliegenden Berichts nicht behandelt. Mögliche Massnahmen müssen im Rahmen eines Projektes abgeklärt werden.

8.3 Weitere Massnahmen

8.3.1 Massnahmen im Einzugsgebiet

Die Versorgung eines Feuchtgebiets mit qualitativ gutem Wasser in ausreichenden Mengen ist ein wesentliches Ziel von Vernässungsmassnahmen. Wenn z. B. die Wasserzufuhr stark beeinträchtigt ist, nützen Massnahmen im Gebiet unter Umständen wenig.

Ob Massnahmen im Einzugsgebiet getroffen werden sollen, muss projektbezogen im Rahmen der Planung/Projektierung abgeklärt werden (vgl. Abgrenzung des Einzugsgebiets).

Falls nährstoffreiches Wasser aus gedüngtem Landwirtschaftsland in einen Feuchtwald zufliesst, soll die extensive Nutzung der Landwirtschaftsfläche angestrebt werden.

8.3.2 Biber (fördern)

Der Biber war in der Schweiz um 1800 ausgerottet. Zwischen 1956 und 1977 erfolgte die Wiederansiedlung von 141 Tieren. Mittlerweile hat es in der Schweiz ca. 5000 Biber, davon ca. 560 im Kanton Aargau²⁵. Der Biber benötigt langsam fliessende oder stehende Gewässer mit mindestens 50 cm Wassertiefe und geringen Wasserschwankungen. Die Besiedlung erfolgt in Fließrichtung entlang kleiner Gewässer.

Es gibt ein Biber-Auenmodell (Dennis et al., 2023), welches aufzeigt, in welchen Gewässern der Bau von Biberdämmen zu erwarten ist und welche Auswirkungen dies auf die umliegende Landschaft und die Natur hat²⁶.

Die aktuelle Verbreitung des Bibers und das Biber-Auenmodell sollen bei der Prioritätensetzung für die Wiedervernässung von Wäldern mitberücksichtigt werden. Gebiete, in denen der Biber in den nächsten Jahren möglicherweise selbst aktiv wird, sollen eine geringere Priorität haben als solche, bei denen eine Besiedlung unwahrscheinlich ist.

8.3.3 Wichtige Aspekte bei der Planung und Umsetzung

So simpel es auch klingen mag: Wasser arbeitet ständig. Die Bauwerke müssen entsprechend gegen Erosion gesichert sein. Als Massnahmen kommen in Frage (keine abschliessende Aufzählung):

- Genügend breit und tief eingebaute Massnahmen
- Gezieltes Ableiten von (überschüssigem) Wasser
- Seitlich und nach unten (Auskolkungsgefahr) gut gesicherte Überläufe: Die Seiten und die Sohle z. B. mit Holz gut sichern.
- Zudecken nackter Torfflächen mit Fasermatten

Die ideale Zeit für den Bau ist zwischen August und Oktober. Dann sind die Böden i. d. R. am trockensten und Tiere sind noch mobil, um ausweichen zu können. Während Frostperioden hingegen sind Lehm (und Torf) schwierig bearbeitbar und Tiere in der Winterstarre können Schaden nehmen. Die Arbeiten sind mit adäquaten Maschinen auszuführen. Diese sollen einen geringen Bodendruck (Bagger mit breiten Raupen, Verwenden von Baggermatratzen) und eine geeignete Grösse aufweisen. Dadurch können Anzahl Fahrten minimiert und Arbeiten möglichst effizient ausgeführt werden. Die ideale Baggergrösse kann, je nach Arbeiten und Situation, vom Kleinbagger (1-1.5 t) bis hin zu sehr grossen Geräten (20-25 t) variieren.

Es soll nur bei guten Witterungsbedingungen gearbeitet werden, d. h., dass der Boden relativ trocken ist und dass während des Baus höchstens geringe Niederschlagsmengen fallen.

Die Baubereiche sind mit leistungsfähigen Pumpen wasserfrei zu halten, bzw. es soll eine Wasserumleitung eingerichtet werden. Die Pumpen sollen in engmaschige Gefässe (z.B. Körbe) gestellt werden, damit sie nicht verstopfen.

8.4 Kosten

Bei den Kosten ist, wie bei den Massnahmen, zu unterscheiden zwischen waldbaulichen und baulichen Massnahmen. Im Weiteren sollten die Unterhaltskosten mitberücksichtigt werden.

8.4.1 Kosten baulicher Massnahmen

Im Kanton Aargau bestehen erst wenige Erfahrungen mit Vernässungsprojekten in Wäldern. Für zwei Projekte konnten die Kosten pro Hektare berechnet werden. Sie liegen bei beiden Projekten bei ca. CHF 40'000 pro Hektare²⁷.

Im Rahmen des Projekts «Klimaschutz durch Hochmoorschutz - CO₂-Kompensation durch Hochmoorrenaturierung in der Schweiz» der WSL (Gubler, 2020) sind für 30 abgeschlossene

²⁵ <https://www.pronatura-ag.ch/de/nationale-biberkartierung-2022>

²⁶ [Webseite BAFU](#)

²⁷ Berechnung für die Projekte Langholz bei Rothrist und das Waldmoos bei Aristau.

Hochmoor-Renaturierungsprojekte aus sieben Kantonen die Kosten von CHF 78'000 pro regenerierter Hektare ermittelt worden, wobei der Preis je nach Objekt und je nach durchgeführter Massnahme, Topografie des Geländes, Lage des Hochmoors zwischen CHF 22'000 und CHF 480'000 CHF pro Hektar schwankte.

Hochmoorrenaturierungen auf Torfböden sind komplexer und aufwändiger als Waldvernässungen, welche, wie im Kanton Aargau, grossmehrheitlich auf mineralischen Böden stattfinden werden (vgl. 8.1). Insofern könnten Baukosten von durchschnittlich CHF 30'000 bis 50'000 pro Hektare realistisch sein.

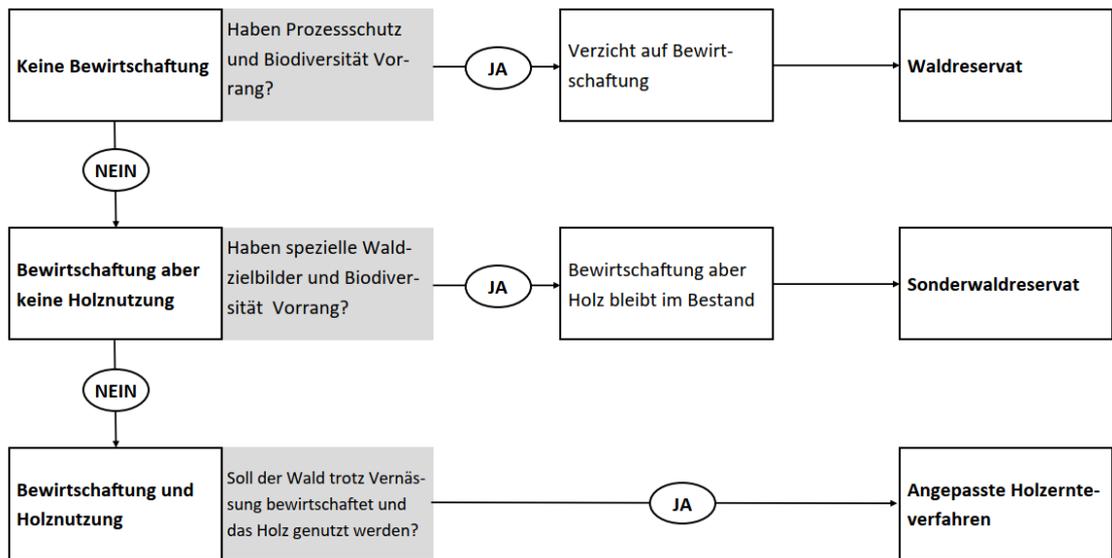
8.4.2 Unterhaltskosten

Unterhaltskosten können erst im konkreten Fall, nach Vorliegen eines Pflege- und Unterhaltskonzepts beziffert werden.

9 Bewirtschaftungsformen und Holzernteverfahren

Bei der Wiedervernässung von Wäldern stellt sich bereits im Planungsprozess die Frage, ob der Wald oder zumindest eine Teilfläche davon nach Umsetzung der Massnahmen noch bewirtschaftet werden soll (vgl. Kap. 7). In wiedervernässen Waldbeständen kann zwischen drei grundlegenden Bewirtschaftungsformen unterschieden werden (Grafik 2).

Grafik 2: Entscheidungshilfe zur Waldbewirtschaftung und Holznutzung nach Vernässungsmassnahmen.



Ganzjährig nasse Bedingungen können die Bewirtschaftung stark einschränken oder ganz verhindern. In solchen Fällen besteht die Möglichkeit, ein Wald- oder Sonderwaldreservat auszuscheiden.

Grundsätzlich können nasse Wälder weiter bewirtschaftet werden. Primär wird das in Bereichen der Fall sein, wo die Vernässung des Waldbodens weniger stark, oder die Erschliessung mit Waldstrassen besonders gut ist. Das Verdichtungsrisiko nimmt aber auch dort zu und das Zeitfenster für die Eingriffe verringert sich.

Wenn eine zukünftige waldbauliche Nutzung vorgesehen ist, ist zu klären, wie das angesichts nasserer Bedingungen noch möglich ist, insbesondere unter dem Aspekt des Bodenschutzes. Als Entscheidungshilfen sei auf die Merkblätter zum naturnahen Waldbau (Kanton Aargau Abteilung Wald, 2022) und Empfehlungen zum Bodenschutz (Abteilung Wald et al., 2011) verwiesen.

Mehrkosten bei der Holzernte (längere Zuzugsdistanzen) müssen abgeschätzt und anschliessend abgegolten werden.

10 Literatur

- Abildtrup, J., Garcia, S., Olsen, S.B., Stenger, A., 2013. Spatial preference heterogeneity in forest recreation. *Ecol Econ* 92, 67–77. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.01.001>
- Abteilung Wald, K.A., Aargauischer Försterverband, Forstunternehmer Schweiz, R.A., Aargauischer Waldwirtschaftsverband, 2011. Empfehlungen für den Bodenschutz im Wald.
- Agimass, F., Lundhede, T., Panduro, T.E., Jacobsen, J.B., 2018. The choice of forest site for recreation: A revealed preference analysis using spatial data. *Ecosyst. Serv.* 31, 445–454. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.016>
- Ahmad, S., Liu, H., Günther, A., Couwenberg, J., Lennartz, B., 2020. Long-term rewetting of degraded peatlands restores hydrological buffer function. *Sci Total Env.* 749, 141571. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141571>
- Amelung, W., 2018. Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde, 17., überarbeitete und ergänzte Auflage. ed, Lehrbuch. Springer Spektrum, Berlin.
- Apsīte, E., Nikodemus, O., Brūmelis, G., Lagzdīņš, A., Elferts, D., Rendenieks, Z., Klints, L., 2017. Impact of climate variability, drainage and land-cover changes on hemiboreal streamflow. *Hydrol Sci J* 62, 2558–2570. <https://doi.org/10.1080/02626667.2017.1393821>
- Arend, M., Link, R.M., Patthey, R., Hoch, G., Schuldt, B., Kahmen, A., 2021. Rapid hydraulic collapse as cause of drought-induced mortality in conifers. *Proc Natl Acad Sci U S A* 118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2025251118>
- BAFU, 2022. Der Wald aus Sicht der Schweizer Bevölkerung - Ergebnisse der dritten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos 3).
- Beaulne, J., Garneau, M., Magnan, G., Boucher, É., 2021. Peat deposits store more carbon than trees in forested peatlands of the boreal biome. *Sci. Rep.* 11, 2657. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82004-x>
- Bhattacharjee, K., Behera, B., 2018. Does forest cover help prevent flood damage? Empirical evidence from India. *Glob Env. Change* 53, 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.09.004>
- Brinkmann, N., Eugster, W., Buchmann, N., Kahmen, A., 2019. Species-specific differences in water uptake depth of mature temperate trees vary with water availability in the soil. *Plant Biol* 21, 71–81. <https://doi.org/10.1111/plb.12907>
- Brogna, D., Vincke, C., Brostaux, Y., Soyeurt, H., Dufrière, M., Dendoncker, N., 2017. How does forest cover impact water flows and ecosystem services? Insights from “real-life” catchments in Wallonia (Belgium). *Ecol. Indic.* 72, 675–685. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.011>
- Bundesrat, 2023. Kohlenstoffsequestrierung in Böden, Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 19.3639 Bourgeois vom 18. Juni 2019.
- Černohous, V., Švihla, V., Šach, F., Kacalek, D., 2014. Influence of Drainage System Maintenance on Storm Runoff from a Reforested, Waterlogged Mountain Catchment. *Soil Water Res.* 9, 90–96. <https://doi.org/10.17221/54/2013-SWR>
- Chen, X., Hu, Q., 2004. Groundwater influences on soil moisture and surface evaporation. *J Hydrol* 297, 285–300. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.04.019>
- Convention on Wetlands., 2021a. Practical peatland restoration, Briefing Note No. 11. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands.
- Convention on Wetlands., 2021b. Global guidelines for peatland rewetting and restoration, Ramsar Technical Report No. 11. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands.
- Cooper, M.M.D., Patil, S.D., Nisbet, T.R., Thomas, H., Smith, A.R., McDonald, M.A., 2021. Role of forested land for natural flood management in the UK: A review. *WIREs Water* 8, e1541. <https://doi.org/10.1002/wat2.1541>

- Creevy, A.L., Payne, R.J., Andersen, R., Rowson, J.G., 2020. Annual gaseous carbon budgets of forest-to-bog restoration sites are strongly determined by vegetation composition. *Sci Total Env.* 705, 135863. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135863>
- Davidson, S.J., Dazé, E., Byun, E., Hiler, D., Kangur, M., Talbot, J., Finkelstein, S.A., Strack, M., 2022. The unrecognized importance of carbon stocks and fluxes from swamps in Canada and the USA. *Environ. Res. Lett.* 17, 053003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac63d5>
- Davis, K.T., Dobrowski, S.Z., Holden, Z.A., Higuera, P.E., Abatzoglou, J.T., 2019. Microclimatic buffering in forests of the future: the role of local water balance. *Ecography* 42, 1–11. <https://doi.org/10.1111/ecog.03836>
- De Frenne, P., Zellweger, F., Rodríguez-Sánchez, F., Scheffers, B.R., Hylander, K., Luoto, M., Vellend, M., Verheyen, K., Lenoir, J., 2019. Global buffering of temperatures under forest canopies. *Nat. Ecol. Evol.* 3, 744–749. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0842-1>
- Delarze, R., Eggenberg, S., Steiger, P., Bergamini, A., Fivaz, F., Gonseth, Y., Guntern, J., Hofer, G., Sager, L., Stucki, P., 2016. Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Bern.
- Dennis, M., Larsen, A., Larsen, J., Rey, E., Wotruba, L., Angst, C., 2023. Ein umfassendes Biber-Auenmodell für die Schweiz. *Modèle global de plaines alluviales créées par le castor pour la Suisse. Un modello completo delle pianure alluvionali create dal castoro per la Svizzera.* <https://doi.org/10.55419/wsl:32044>
- Douda, J., Čejková, A., Douda, K., Kochánková, J., 2009. Development of alder carr after the abandonment of wet grasslands during the last 70 years. *Ann Sci* 66, 712–712. <https://doi.org/10.1051/forest/2009065>
- Dubra, S., Samariks, V., Līcīte, I., Butlers, A., Purviņa, D., Lupiķis, A., Jansons, Ā., 2023. Effects of Drainage on Carbon Stock in Hemiboreal Forests: Insights from a 54-Year Study. *Sustain Sci Pr. Policy* 15, 16622. <https://doi.org/10.3390/su152416622>
- Erős, T., Kuehne, L., Dolezsai, A., Sommerwerk, N., Wolter, C., 2019. A systematic review of assessment and conservation management in large floodplain rivers – Actions postponed. *Ecol. Indic.* 98, 453–461. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.026>
- Escobar, D., Belyazid, S., Manzoni, S., 2022. Back to the Future: Restoring Northern Drained Forested Peatlands for Climate Change Mitigation. *Front Env. Sci Eng China* 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.834371>
- Filyushkina, A., Agimass, F., Lundhede, T., Strange, N., Jacobsen, J.B., 2017. Preferences for variation in forest characteristics: Does diversity between stands matter? *Ecol Econ* 140, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.010>
- Fischer, E.M., Knutti, R., 2015. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. *Nat. Clim. Change* 5, 560–564. <https://doi.org/10.1038/nclimate2617>
- Fowler, H.J., Ali, H., 2022. Chapter 11 - Analysis of extreme rainfall events under the climatic change, in: Morbidelli, R. (Ed.), *Rainfall*. Elsevier, pp. 307–326. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822544-8.00017-2>
- Frei, E.R., Gossner, M.M., Vitasse, Y., Queloz, V., Dubach, V., Gessler, A., Ginzler, C., Hagedorn, F., Meusburger, K., Moor, M., Samblás Vives, E., Rigling, A., Uitentuis, I., von Arx, G., Wohlgemuth, T., 2022. European beech dieback after premature leaf senescence during the 2018 drought in northern Switzerland. *Plant Biol* 24, 1132–1145. <https://doi.org/10.1111/plb.13467>
- Gauthey, A., Bachofen, C., Chin, A., Cochard, H., Gisler, J., Mas, E., Meusburger, K., Peters, R.L., Schaub, M., Tunas, A., Zweifel, R., Grossiord, C., 2024. Twenty years of irrigation acclimation is driven by denser canopies and not by plasticity in twig- and needle-level hydraulics in a *Pinus sylvestris* forest. *J Exp Bot* 75, 3141–3152. <https://doi.org/10.1093/jxb/erae066>

- Gerra-Inohosa, L., Lībiete, Z., Matisone, I., 2023. Vegetation response to forest ditch reconstruction: Promoting a potential habitat for insect-pollinated plant species? *Stud China* 79, 135–150. <https://doi.org/10.2478/fsmu-2023-0017>
- Giergiczny, M., Czajkowski, M., Żylicz, T., Angelstam, P., 2015. Choice experiment assessment of public preferences for forest structural attributes. *Ecol. Econ.* 119, 8–23. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.07.032>
- Grant, G.E., Tague, C.L., Allen, C.D., 2013. Watering the forest for the trees: an emerging priority for managing water in forest landscapes. *Front Ecol Env.* 11, 314–321. <https://doi.org/10.1890/120209>
- Greiser, C., Hederová, L., Vico, G., Wild, J., Macek, M., Kopecký, M., 2024. Higher soil moisture increases microclimate temperature buffering in temperate broadleaf forests. *Agric Meteorol* 345, 109828. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109828>
- Grosvernier, Ph., Staubli, P., 2009. Regeneration von Hochmooren. Grundlagen und technische Massnahmen, Umwelt-Vollzug Nr. 0918. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Gubler, L., 2020. Klimaschutz durch Hochmoorschutz, CO₂-Kompensation durch Hochmoorrenaturierung in der Schweiz (No. 2. Auflage).
- Havrdová, A., Douda, J., Doudová, J., 2023. Threats, biodiversity drivers and restoration in temperate floodplain forests related to spatial scales. *Sci Total Env.* 854, 158743. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158743>
- Holopainen, S., Lehtikoinen, A., 2022. Role of forest ditching and agriculture on water quality: Connecting the long-term physico-chemical subsurface state of lakes with landscape and habitat structure information. *Sci Total Env.* 806, 151477. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151477>
- Imesch, N., Stadler, B., Bolliger, M., Schneider, O., Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2015. Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen: Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald, Umwelt-Vollzug Biodiversität / Wald. BAFU, Bern.
- Jestaedt, M., 2007. Experiences in the management of urban recreational forests in Germany, in: *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests*. Springer New York, New York, NY, pp. 301–311. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71425-7_19
- Jiang, J., Zhao, L., Zeng, Y., Zhai, Z., 2016. Experimental study of the effect of shallow groundwater table on soil thermal properties. *Front Earth Sci* 10, 29–37. <https://doi.org/10.1007/s11707-015-0502-y>
- Kahmen, A., Basler, D., Hoch, G., Link, R.M., Schuldt, B., Zahnd, C., Arend, M., 2022. Root water uptake depth determines the hydraulic vulnerability of temperate European tree species during the extreme 2018 drought. *Plant Biol* 24, 1224–1239. <https://doi.org/10.1111/plb.13476>
- Kanton Aargau Abteilung Wald, 2022. Umsetzung des naturnahen Waldbaus im Kanton Aargau, Haltung des kantonalen Forstdienstes.
- Kareksela, S., Haapalehto, T., Juutinen, R., Matilainen, R., Tahvanainen, T., Kotiaho, J.S., 2015. Fighting carbon loss of degraded peatlands by jump-starting ecosystem functioning with ecological restoration. *Sci Total Env.* 537, 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.094>
- Keeton, W.S., Copeland, E.M., Sullivan, S.M.P., Watzin, M.C., 2017. Riparian forest structure and stream geomorphic condition: implications for flood resilience. *Can. J. For. Res.* 47, 476–487. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0327>
- Köhn, D., Welpelo, C., Günther, A., Jurasinski, G., 2021. Drainage Ditches Contribute Considerably to the CH₄ Budget of a Drained and a Rewetted Temperate Fen. *Wetlands* 41, 71. <https://doi.org/10.1007/s13157-021-01465-y>
- Krüger, J.P., Alewell, C., Minkinen, K., Szidat, S., Leifeld, J., 2016. Calculating carbon changes in peat soils drained for forestry with four different profile-based methods. *Ecol Manage* 381, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.006>

- Kuhn, U., Meier, C., Nievergelt, B., Pfaendler, U., 1992. Naturschutz-Gesamtkonzept: für den Kanton Zürich: Entwurf im Auftrag des Regierungsrates. Kanton Zürich, Amt für Raumplanung, Zürich.
- Lee, H., Romero, J., 2023. Climate change 2023: Synthesis Report.
- Liang, J., Crowther, T.W., Picard, N., Wiser, S., Zhou, M., Alberti, G., Schulze, E.-D., McGuire, A.D., Bozzato, F., Pretzsch, H., de-Miguel, S., Paquette, A., Hérault, B., Scherer-Lorenzen, M., Barrett, C.B., Glick, H.B., Hengeveld, G.M., Nabuurs, G.-J., Pfautsch, S., Viana, H., Vibrans, A.C., Ammer, C., Schall, P., Verbyla, D., Tchebakova, N., Fischer, M., Watson, J.V., Chen, H.Y.H., Lei, X., Schelhaas, M.-J., Lu, H., Gianelle, D., Parfenova, E.I., Salas, C., Lee, E., Lee, B., Kim, H.S., Bruelheide, H., Coomes, D.A., Piotta, D., Sunderland, T., Schmid, B., Gourlet-Fleury, S., Sonké, B., Tavani, R., Zhu, J., Brandl, S., Vayreda, J., Kitahara, F., Searle, E.B., Neldner, V.J., Ngugi, M.R., Baraloto, C., Frizzera, L., Bałazy, R., Oleksyn, J., Zawila-Niedzwiecki, T., Bouriaud, O., Bussotti, F., Finér, L., Jaroszewicz, B., Jucker, T., Valladares, F., Jagodzinski, A.M., Peri, P.L., Gonmadje, C., Marthy, W., O'Brien, T., Martin, E.H., Marshall, A.R., Rovero, F., Bitariho, R., Niklaus, P.A., Alvarez-Loayza, P., Chamuya, N., Valencia, R., Mortier, F., Wortel, V., Engone-Obiang, N.L., Ferreira, L.V., Odeke, D.E., Vasquez, R.M., Lewis, S.L., Reich, P.B., 2016. Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests. *Science* 354, aaf8957. <https://doi.org/10.1126/science.aaf8957>
- Liu, N., Wang, Q., Zhou, R., Zhang, R., Tian, D., Gaffney, P.P.J., Chen, W., Gan, D., Zhang, Z., Niu, S., Ma, L., Wang, J., 2024. Elevating water table reduces net ecosystem carbon losses from global drained wetlands. *Glob. Change Biol.* 30, e17495. <https://doi.org/10.1111/gcb.17495>
- Lowrance, R., Todd, R., Fail, Joseph, Jr, Hendrickson, Ole, Jr, Leonard, R., Asmussen, L., 1984. Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds. *Bioscience* 34, 374–377. <https://doi.org/10.2307/1309729>
- Malik, M.S., Shukla, J.P., Mishra, S., 2021. Effect of Groundwater Level on Soil Moisture, Soil Temperature and Surface Temperature. *J. Indian Soc. Remote Sens.* 49, 2143–2161. <https://doi.org/10.1007/s12524-021-01379-6>
- Marshall, M.R., Ballard, C.E., Frogbrook, Z.L., Solloway, I., McIntyre, N., Reynolds, B., Wheeler, H.S., 2014. The impact of rural land management changes on soil hydraulic properties and runoff processes: results from experimental plots in upland UK. *Hydrol. Process.* 28, 2617–2629. <https://doi.org/10.1002/hyp.9826>
- Martínez-de la Torre, A., Miguez-Macho, G., 2019. Groundwater influence on soil moisture memory and land-atmosphere fluxes in the Iberian Peninsula. *Hydrol Earth Syst Sci* 23, 4909–4932. <https://doi.org/10.5194/hess-23-4909-2019>
- Mazziotta, A., Heilmann-Clausen, J., Bruun, H.H., Fritz, Ö., Aude, E., Tøttrup, A.P., 2016. Restoring hydrology and old-growth structures in a former production forest: Modelling the long-term effects on biodiversity. *Ecol Manage* 381, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.028>
- Meeussen, C., Govaert, S., Vanneste, T., Bollmann, K., Brunet, J., Calders, K., Cousins, S.A.O., De Pauw, K., Diekmann, M., Gasperini, C., Hedwall, P.-O., Hylander, K., Iacopetti, G., Lenoir, J., Lindmo, S., Orczewska, A., Ponette, Q., Plue, J., Sanczuk, P., Selvi, F., Spicher, F., Verbeeck, H., Zellweger, F., Verheyen, K., Vangansbeke, P., De Frenne, P., 2021. Microclimatic edge-to-interior gradients of European deciduous forests. *Agric Meteorol* 311, 108699. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108699>
- Menberu, M.W., Haghghi, A.T., Ronkanen, A., Marttila, H., Kløve, B., 2018. Effects of Drainage and Subsequent Restoration on Peatland Hydrological Processes at Catchment Scale. *Water Resour Res* 54, 4479–4497. <https://doi.org/10.1029/2017WR022362>
- Meusburger, K., Trotsiuk, V., Schmidt-Walter, P., Baltensweiler, A., Brun, P., Bernhard, F., Gharun, M., Habel, R., Hagedorn, F., Köchli, R., Psomas, A., Puhlmann, H.,

- Thimonier, A., Waldner, P., Zimmermann, S., Walthert, L., 2022. Soil-plant interactions modulated water availability of Swiss forests during the 2015 and 2018 droughts. *Glob Chang Biol* 28, 5928–5944. <https://doi.org/10.1111/gcb.16332>
- Milner, A.M., Baird, A.J., Davidson, S.J., Lines, E.R., Abrahams, D., Ahiable, C.A.E., Barsoum, N., Bryant, M., Dear, E., Diack, I., Duley, E., Noach, A., Roland, T.P., Smedley, D., 2024. The forgotten forests: Incorporating temperate peat-forming wet woodlands as nature-based solutions into policy and practice. *Ecol. Solut. Evid.* 5, e12346. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12346>
- Nieminen, M., Palviainen, M., Sarkkola, S., Laurén, A., Marttila, H., Finér, L., 2018a. A synthesis of the impacts of ditch network maintenance on the quantity and quality of runoff from drained boreal peatland forests. *Ambio* 47, 523–534. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0966-y>
- Nieminen, M., Piirainen, S., Sikström, U., Löfgren, S., Marttila, H., Sarkkola, S., Laurén, A., Finér, L., 2018b. Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options. *Ambio* 47, 535–545. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1047-6>
- Nieminen, M., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T.M., Sarkkola, S., 2017. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Sci Total Env.* 609, 974–981. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.210>
- Ojanen, P., Minkkinen, K., Penttilä, T., 2013. The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *Ecol Manage* 289, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.008>
- Peacock, M., Granath, G., Wallin, M.B., Högbom, L., Futter, M.N., 2021. Significant emissions from forest drainage ditches—an unaccounted term in anthropogenic greenhouse gas inventories? *J Geophys Res Biogeosci* 126. <https://doi.org/10.1029/2021jg006478>
- pluspunkt, 2024. Wiedervernässung Wälder Kanton Aargau - Potenzialanalyse Wiedervernässung Wälder.
- Rathmann, J., Beck, C., Flutura, S., Seiderer, A., Aslan, I., André, E., 2020. Towards quantifying forest recreation: Exploring outdoor thermal physiology and human well-being along exemplary pathways in a central European urban forest (Augsburg, SE-Germany). *Urban Urban Green.* 49, 126622. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126622>
- Reise, J., Urrutia, C., Böttcher, H., Hennenberg, K., 2020. Literaturstudie zum Thema Wasserhaushalt und Forstwirtschaft (Studie für den Naturschutzbund Deutschland (NABU)). Institut für angewandte Ökologie, Berlin.
- Remm, L., Lõhmus, A., Leibak, E., Kohv, M., Salm, J.-O., Lõhmus, P., Rosenthal, R., Runnel, K., Vellak, K., Rannap, R., 2019. Restoration dilemmas between future ecosystem and current species values: The concept and a practical approach in Estonian mires. *J Env. Manage* 250, 109439. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109439>
- Riis, T., Kelly-Quinn, M., Aguiar, F.C., Manolaki, P., Bruno, D., Bejarano, M.D., Clerici, N., Fernandes, M.R., Franco, J.C., Pettit, N., Portela, A.P., Tammeorg, O., Tammeorg, P., Rodríguez-González, P.M., Dufour, S., 2020. Global Overview of Ecosystem Services Provided by Riparian Vegetation. *BioScience* 70, 501–514. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041>
- Riutta, T., Slade, E.M., Beber, D.P., Taylor, M.E., Malhi, Y., Riordan, P., Macdonald, D.W., Morecroft, M.D., 2012. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. *Soil Biol Biochem* 49, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.02.028>
- Schindlbacher, A., Heinzle, J., Gollobich, G., Wanek, W., Michel, K., Kitzler, B., 2022. Soil greenhouse gas fluxes in floodplain forests of the Danube National Park: effects of

- flooding and soil microclimate. *Biogeochemistry* 159, 193–213.
<https://doi.org/10.1007/s10533-022-00921-z>
- Schindler, S., O'Neill, F.H., Biró, M., Damm, C., Gasso, V., Kanka, R., van der Sluis, T., Krug, A., Lauwaars, S.G., Sebesvari, Z., Pusch, M., Baranovsky, B., Ehlert, T., Neukirchen, B., Martin, J.R., Euller, K., Mauerhofer, V., Wrbka, T., 2016. Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries. *Biodivers. Conserv.* 25, 1349–1382.
<https://doi.org/10.1007/s10531-016-1129-3>
- Scholz, M., 2007. Ecological effects of water retention in the River Rhine valley: a review assisting future retention basin classification. *Int. J. Environ. Stud.* 64, 171–187.
<https://doi.org/10.1080/00207230601125200>
- Schueler, G., 2006. Identification of Flood-Generating Forest Areas and Forestry Measured for Water Retention. *For. Snow Landsc. Res.* 80.
- Shah, N.W., Baillie, B.R., Bishop, K., Ferraz, S., Högbom, L., Nettles, J., 2022. The effects of forest management on water quality. *Ecol Manage* 522, 120397.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120397>
- Shupe, H.A., Hartmann, T., Scholz, M., Jensen, K., Ludewig, K., 2021. Carbon Stocks of Hardwood Floodplain Forests along the Middle Elbe: The Influence of Forest Age, Structure, Species, and Hydrological Conditions. *Water* 13.
<https://doi.org/10.3390/w13050670>
- Sikström, U., Hökkä, H., 2016. Interactions between soil water conditions and forest stands in boreal forests with implications for ditch network maintenance. *Silva Fenn* 50.
<https://doi.org/10.14214/sf.1416>
- Soulsby, C., Dick, J., Scheliga, B., Tetzlaff, D., 2017. Taming the flood-How far can we go with trees? *Hydrol Process* 31, 3122–3126. <https://doi.org/10.1002/hyp.11226>
- Stickley, S.F., Fraterrigo, J.M., 2021. Understorey vegetation contributes to microclimatic buffering of near-surface temperatures in temperate deciduous forests. *Landsc Ecol* 36, 1197–1213. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01195-w>
- Stocker, R., Burger, T., Elsener, O., Liechti, T., Portmann-Orlowski, K., Zantop, S., 2002. Die Waldstandorte des Kantons Aargau. Finanzdepartement des Kantons Aargau, Abteilung Wald.
- Strassburg, B.B.N., Kelly, A., Balmford, A., Davies, R.G., Gibbs, H.K., Lovett, A., Miles, L., Orme, C.D.L., Price, J., Turner, R.K., Rodrigues, A.S.L., 2010. Global congruence of carbon storage and biodiversity in terrestrial ecosystems. *Conserv. Lett.* 3, 98–105.
<https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00092.x>
- Synthesezentrum Biodiversität, 2025. Biodiversität fördern durch die iederherstellung feuchter und nasser Wälder (Entwurf).
- Termansen, M., McClean, C.J., Skov-Petersen, H., 2004. Recreational Site Choice Modelling Using High-Resolution Spatial Data. *Env. Plan A* 36, 1085–1099.
<https://doi.org/10.1068/a36164>
- Wagner, Alfred., Wagner, Ingrid., Hrsg.: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2005. Leitfaden der Niedermoorrenaturierung in Bayern. Augsburg.
- Walton, C.R., Zak, D., Audet, J., Petersen, R.J., Lange, J., Oehmke, C., Wichtmann, W., Kreyling, J., Grygoruk, M., Jabłońska, E., Kotowski, W., Wiśniewska, M.M., Ziegler, R., Hoffmann, C.C., 2020. Wetland buffer zones for nitrogen and phosphorus retention: Impacts of soil type, hydrology and vegetation. *Sci Total Env.* 727, 138709.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138709>
- Word, C.S., McLaughlin, D.L., Strahm, B.D., Stewart, R.D., Varner, J.M., Wurster, F.C., Amestoy, T.J., Link, N.T., 2022. Peatland drainage alters soil structure and water retention properties: Implications for ecosystem function and management. *Hydrol Process* 36, e14533. <https://doi.org/10.1002/hyp.14533>

- Zhang, X., Wan, H., Zwiers, F.W., Hegerl, G.C., Min, S.-K., 2013. Attributing intensification of precipitation extremes to human influence. *Geophys. Res. Lett.* 40, 5252–5257. <https://doi.org/10.1002/grl.51010>
- Zou, J., Ziegler, A.D., Chen, D., McNicol, G., Ciais, P., Jiang, X., Zheng, C., Wu, Jie, Wu, Jin, Lin, Z., He, X., Brown, L.E., Holden, J., Zhang, Z., Ramchunder, S.J., Chen, A., Zeng, Z., 2022. Rewetting global wetlands effectively reduces major greenhouse gas emissions. *Nat. Geosci.* 15, 627–632. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00989-0>

11 Anhang

- Anhang 1 Checkliste: Wiedervernässung von Wäldern
- Anhang 2 Zielartenliste für Feuchtwälder des Kantons Zürich

Checkliste: Wiedervernässung von Wäldern

	Potenzialkarte	Recherche/GIS	Gespräch	Feldarbeit	Produkt	Entscheidung	Erläuterung
Potenzialanalyse (siehe Potenzialkarte)	<input type="checkbox"/>						
Perimeter	<input type="checkbox"/>						Erste grobe Abgrenzung
Terrain	<input type="checkbox"/>						Hangneigungsklassen
Vernässungspotenzial	<input type="checkbox"/>						Bodenpotenzial
Erstabklärung	<input type="checkbox"/>						
Grundlagen GIS	<input type="checkbox"/>						
DTM	<input type="checkbox"/>						Reliefschattierung, Höhen
Einzugsgebiet abgrenzen	<input type="checkbox"/>						Anhand DTM
Betroffene Waldgesellschaften	<input type="checkbox"/>						Standortkartierung
Organische Böden	<input type="checkbox"/>						GIS-Daten von Chloé Wüst
Oberflächenabflusskarte	<input type="checkbox"/>						Daten vom Bund
Quellen (Kartierung), Grundwasser, Wasserfassungen	<input type="checkbox"/>						Daten von AGIS
Bachkataster	<input type="checkbox"/>						Daten von AGIS
Luftbilder	<input type="checkbox"/>						
Historische Karten	<input type="checkbox"/>						
Biber-Auenmodell	<input type="checkbox"/>						
Weitere	<input type="checkbox"/>						
Biologische Kenntnisse			<input type="checkbox"/>				
Bekanntes Vorkommen von (seltenen) Arten			<input type="checkbox"/>				
Gespräche				<input type="checkbox"/>			
Förster				<input type="checkbox"/>			
Eigentümer				<input type="checkbox"/>			Einbezug mit Förster klären
Gebietskenner				<input type="checkbox"/>			
Ämter				<input type="checkbox"/>			
Feldpläne zusammenstellen					<input type="checkbox"/>		
Für Feldarbeiten relevante Darstellungen					<input type="checkbox"/>		
Feldabklärungen						<input type="checkbox"/>	
Erfassung hydrologisch relevanter Strukturen						<input type="checkbox"/>	Schächte, Durchlässe, Rohre, ...
Grabenkartierung						<input type="checkbox"/>	Dimension, Zustand, Neigung, ...
Topografie gutachterlich beurteilen						<input type="checkbox"/>	Neigung, Staustrukturen, ...
Vegetation gutachterlich beurteilen						<input type="checkbox"/>	Potenzial, Zustand
Bestockung						<input type="checkbox"/>	
Grobe Kartierung von Feuchtezeigern						<input type="checkbox"/>	
Problemarten				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Bodenprofilbohrungen punktuell						<input type="checkbox"/>	hydrologische Eigenschaften
Bericht						<input type="checkbox"/>	Grundlage für Planung und Projekt.
Zusammenfassung Ausgangslage						<input type="checkbox"/>	
Zusammenfassung Erkenntnisse aus Abklärungen						<input type="checkbox"/>	
Urteil zum Potenzial für Vernässung						<input type="checkbox"/>	
Hinweis auf Projektperimeter (Teilflächen mit Priorisierung)						<input type="checkbox"/>	
Mögliche Ziele, Massnahmen						<input type="checkbox"/>	
Herausforderungen in nächsten Projektphasen						<input type="checkbox"/>	
Vorschlag für Pflichtenheft für Planung und Projektierung						<input type="checkbox"/>	
Ausschlusskriterien, Konfliktpunkte (z. B. Erschliessung, Trinkwasser)						<input type="checkbox"/>	
Kostenschätzung (grob)						<input type="checkbox"/>	
Empfehlung für Weiterverfolgung des Projekts						<input type="checkbox"/>	

Inhaltlicher Entscheid

Kosten/Nutzen Verhältnis ungenügend	<input type="checkbox"/>	Projekt abbrechen
Kosten/Nutzen Verhältnis genügend	<input checked="" type="checkbox"/>	Projekt weiterverfolgen

Rechtliche Machbarkeit klären

Zustimmung der Akteure/Bewilligungen fehlen	<input type="checkbox"/>	Projekt aktuell nicht umsetzbar
Zustimmung der Akteure/Bewilligungen sind vorhanden/in Aussicht gestellt	<input checked="" type="checkbox"/>	Projekt umsetzbar

Planung und Projektierung**Triage**

Einfaches Projekt	<input checked="" type="checkbox"/>	Planung&Projektierung gemeinsam
Komplexes Projekt	<input checked="" type="checkbox"/>	Planung&Projektierung separat

Pflichtenheft

Pflichtenheft erarbeiten	<input type="checkbox"/>	nicht nötig
	<input checked="" type="checkbox"/>	nötig (v.a. komplexe Projekte)

Entscheid Wasserstandsmessungen

Wasserstandsmessungen	<input type="checkbox"/>	nicht nötig
	<input checked="" type="checkbox"/>	nötig --> frühzeitig planen und starten

Planung**Erhebungen/Abklärungen**

Einbezug der Erkenntnisse aus den Erstabklärungen	<input type="checkbox"/>	
Ergänzende Erhebungen		
Erfassung hydrologisch relevanter Strukturen (detailliert)	<input type="checkbox"/>	
Gräben	<input type="checkbox"/>	
Schächte	<input type="checkbox"/>	
Durchlässe	<input type="checkbox"/>	
Anstauststrukturen	<input type="checkbox"/>	
Potenzielle Massnahmenstandorte	<input type="checkbox"/>	
Grabenkartierung (detailliert)	<input type="checkbox"/>	
Wasserchemische Messungen	<input type="checkbox"/>	
Nährstoffe	<input type="checkbox"/>	
Leitfähigkeit	<input type="checkbox"/>	
Topografie	<input type="checkbox"/>	
Relevante Höhen aus DTM eruieren	<input type="checkbox"/>	
Relevante Höhen terrestrisch einmessen	<input type="checkbox"/>	
Bodenprofilbohrungen	<input type="checkbox"/>	
Biologische Abklärungen	<input type="checkbox"/>	
Bestockung	<input type="checkbox"/>	
Feuchtezeiger (Baum- und Krautschicht)	<input type="checkbox"/>	
Problemarten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arten (Daten und Erhebungen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Auswertungen und Integration der Felddaten Pläne/Grafiken/Tabellen

Planungsbericht Grundlage für Projektierung

Ausgangslage	<input type="checkbox"/>	
Waldbau	<input type="checkbox"/>	
Vegetation	<input type="checkbox"/>	
Arten: Flora und Fauna	<input type="checkbox"/>	
Wasserhaushalt	<input type="checkbox"/>	
Stoffhaushalt	<input type="checkbox"/>	
Nutzung (anthropogene Einflüsse)	<input type="checkbox"/>	
Defizite/Gefährungen	<input type="checkbox"/>	
Leitbild	<input type="checkbox"/>	bei komplexen Projekten
Ziele	<input type="checkbox"/>	
abiotische	<input type="checkbox"/>	
biologische	<input type="checkbox"/>	
waldbauliche	<input type="checkbox"/>	
Massnahmen (qualitativ)	<input type="checkbox"/>	Varianten möglich
Typen	<input type="checkbox"/>	
Grobe Lage	<input type="checkbox"/>	
Erwartete Wirkung	<input type="checkbox"/>	
Erfolgskontrolle (Vorschlag)	<input type="checkbox"/>	
Überlegungen zu Pflege und Unterhalt	<input type="checkbox"/>	

Projektierung	<input type="checkbox"/>	
Erhebungen/Abklärungen	<input type="checkbox"/>	
Einbezug der Erkenntnisse aus dem Planungsbericht	<input type="checkbox"/>	
Ergänzende Erhebungen	<input type="checkbox"/>	
Projektierung der Massnahmen	<input type="checkbox"/>	
Standorte definieren	<input type="checkbox"/>	
Massnahmentypen definieren	<input type="checkbox"/>	
Höhen definieren	<input type="checkbox"/>	
Materialisierung bestimmen	<input type="checkbox"/>	
Kubaturen/Materialbedarf definieren	<input type="checkbox"/>	
Projektierungsbericht/Baubeschrieb	<input type="checkbox"/>	Grundlage für Baugesuch/Offerten
Enthält folgende Angaben	<input type="checkbox"/>	
Massnahmenbeschriebe	<input type="checkbox"/>	
Materialisierung/Kubaturen/Vermassung/Höhen	<input type="checkbox"/>	
Schnitte/Profile/Skizzen	<input type="checkbox"/>	
Plan mit Lage der Massnahmen	<input type="checkbox"/>	
Höhenreferenzen (Lage, Typ, Höhe)	<input type="checkbox"/>	
Angaben zu Zufahrten/Baustelleninstallation	<input type="checkbox"/>	
Ausführungszeitpunkt	<input type="checkbox"/>	
Kostenschätzung	<input type="checkbox"/>	Anhaltspunkt für Offerten
...		
Vorbereitung der Umsetzung	<input type="checkbox"/>	
Baubewilligung	<input type="checkbox"/>	
Ausarbeitung Baugesuch	<input type="checkbox"/>	
Einreichen Baugesuch	<input type="checkbox"/>	
Baubewilligung	<input type="checkbox"/>	falls nötig nachbessern
Offerten/Ausschreibung	<input type="checkbox"/>	
Ausschreibung/Einladungsverfahren	<input type="checkbox"/>	
Begehung mit Offertstellern/Fragen beantworten	<input type="checkbox"/>	
Offerten	<input type="checkbox"/>	
Auftrag vergeben	<input type="checkbox"/>	
Umsetzung	<input type="checkbox"/>	
Abstecken der Massnahmen	<input type="checkbox"/>	
Ausführung der Massnahmen	<input type="checkbox"/>	
Baubegleitung	<input type="checkbox"/>	
Bauabnahme	<input type="checkbox"/>	
Ausführungsbericht	<input type="checkbox"/>	
Plan und Koordinaten mit Massnahmenstandorten	<input type="checkbox"/>	
Effektive Dimensionierung der Massnahmen	<input type="checkbox"/>	
Effektive Höhen der Massnahmen	<input type="checkbox"/>	
Erfolgskontrolle	<input type="checkbox"/>	
Visuelle Überprüfung der Stabilität/Wirkung der Massnahmen	<input type="checkbox"/>	
Detaillierte Erfolgskontrolle	<input type="checkbox"/>	
Definition von Zielen (SMART)	<input type="checkbox"/>	
Hydrologische Messungen	<input type="checkbox"/>	
Wasserstand	<input type="checkbox"/>	
Wasserchemie	<input type="checkbox"/>	
Biologische Erhebungen	<input type="checkbox"/>	
Bericht Erfolgskontrolle		
Pflege und Unterhalt	<input type="checkbox"/>	
Regelmässige/Periodische Unterhaltsmassnahmen	<input type="checkbox"/>	
Regelmässige/Periodische Pflegemassnahmen	<input type="checkbox"/>	