

2025
01

Synthesezentrum Biodiversität
Verbindet Forschung & Praxis



Biodiversität fördern durch die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder

Leitfaden zur Förderung der Biodiversität Synthesezentrum Biodiversität (2025)

Herausgeber

Synthesezentrum Biodiversität, Eawag

Projektleitung

Karen Bussmann-Charran, Synthesezentrum Biodiversität und Abteilung Aquatische Ökologie, Eawag
Christoph Vorburger, Synthesezentrum Biodiversität und Abteilung Aquatische Ökologie, Eawag

Projektsupport

Rea Pärli, Synthesezentrum Biodiversität und Forschungseinheit Biodiversität und Naturschutz, WSL

Arbeitsgruppe

Christof Angst, info fauna, Nationale Biberfachstelle, Irina Bregenzer, info fauna, Stefanie Burger, Abteilung Wald, Kanton Aargau, Christoph Dürr, Forstingenieur ETH, Frauenfeld, Martin Gossner, Gruppe Waldentomologie, Forschungseinheit Waldgesundheit und Biotische Interaktionen, WSL und Departement Umweltsystemwissenschaften ETH Zürich, Christian Ginzler, Gruppe Fernerkundung, Forschungseinheit Landschaftsdynamik, WSL, Andreas Grünig, Vorstand Pro Natura Aargau, Xaver Jutz, Firma pluspunkt, Daniel Küry, Life Science AG, Beratungsstelle Quell-Lebensräume Schweiz, Klaus Lanz, international water affairs, Evillard, Brigitte Rohner, Gruppe Ressourcenanalyse, Forschungseinheit Walddressourcen und Waldmanagement, WSL, Marianne Rutishauser, Pro Natura Aargau, Pascale Weber, Abteilung Wald, Kanton Zürich

Titelbilder

Vorderseite: Altarmrest mit Seggenhorsten im Auengebiet Giriz südwestlich von Koblenz AG. Foto: Jan Ryser, BAFU

1. Kapitel: Erlen-Bruchwald im Egelmoos bei Niederrohrdorf AG. Foto: Marianne Rutishauser

2. Kapitel: Waldrand mit sommerlichen Trockenschäden. Foto: Ueli Wasem, WSL

3. Kapitel: Ein Altarm im Gebiet „Weerd“ bei Kleindöttingen AG. Foto: Jan Ryser, BAFU

4. Kapitel: Verbotsschild zum Anlanden bei der Thurmündung. Foto: Saskja Rosset, Lunax, BAFU

5. Kapitel: Waldbesuch in Köniz mit Moreno Müller, Förster beim Staatsforstbetrieb Kanton BE. Foto: Caroline Krajcir, Lunax, BAFU

6. Kapitel: Wegweiser im Naturschutzgebiet Sissacherfluh Chienberg in Sissach BL. Foto: Severin Bigler, Lunax, BAFU

Rückseite: Erlenbruchwald (*Alnetum glutinosae elongatae*) mit austreibender langjähriger Segge (*Carex elongata*). Foto: Markus Bolliger, BAFU

Danksagung

Herzlichen Dank an alle, die zusätzlich zur Arbeitsgruppe Rückmeldung gegeben haben, Im speziellen danken wir Ariel Bergamini, Christoph Bühler, Rolf Holderegger und André Stapfer.

Zitiervorschlag

Bussmann-Charran, K.; Vorburger, C.; Pärli, R.; Angst, C.; Bregenzer, I.; Burger, S.; Dürr, C.; Ginzler, C.; Gossner, M.; Grünig, A.; Jutz, X.; Küry, D.; Lanz, K.; Rohner, B.; Rutishauser, M.; Weber, P. (2025): Biodiversität fördern durch die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder. Synthesezentrum Biodiversität. <http://doi.org/10.55408/eawag:34971>

Das Synthesezentrum Biodiversität - eine gemeinsame Initiative mit finanzieller Unterstützung des ETH-Rats - stärkt den Wissensaustausch zwischen Forschung und Praxis im Bereich Biodiversität und Naturschutz, indem es in Arbeitsgruppen praxisnahe Syntheseprodukte erarbeitet.

© 2025 Synthesezentrum Biodiversität, lizenziert unter CC BY 4.0.

Vorwort

Die Biodiversität ist die Grundlage unseres Lebens. Sie versorgt uns Menschen mit Nahrung, sauberer Luft und Trinkwasser, reguliert das Klima und erhält die Stabilität von Ökosystemen. Biodiversität ist schön und berührt uns. Doch menschliche Eingriffe, wie intensive Landnutzung und Klimawandel, bedrohen die Biodiversität. Um sie zu bewahren, brauchen wir nicht nur mehr Personal, finanzielle Mittel und politischen Willen, sondern auch mehr Zusammenarbeit. Wenn Wissenschaft und Praxis ihr Wissen teilen, entstehen innovative und breiter abgestützte Lösungen für die Herausforderungen unserer Zeit. Zu oft verbleiben Wissen und praktische Erfahrung voneinander getrennt in unterschiedlichen Institutionen, Organisationen oder Gruppen. Indem wir Brücken zwischen verschiedenen Akteur:innen bauen, können wir gemeinsam die aktuellen Herausforderungen angehen.

Feuchte und nasse Wälder beherbergen eine einzigartige Biodiversität und spielen eine wichtige Rolle für den Wasserrückhalt in der Landschaft. Für lange Zeit sind feuchte und nasse Wälder jedoch entwässert und mit standortfremden Arten für die Forstwirtschaft bepflanzt worden. Nun, da wir in zunehmendem Tempo die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserverfügbarkeit erfahren, sind Massnahmen zur Entwässerung der Landschaft nicht mehr zeitgemäss. Ursprünglich feuchte und nasse Wälder sollten daher wieder vernässt und möglichst in ihren ursprünglichen hydrologischen Zustand versetzt und renaturiert werden. Mit dieser Renaturierung bietet sich auch die Gelegenheit, die charakteristische Biodiversität feuchter Wälder zu fördern. So können wichtige Lebensräume für Arten wie Feuersalamander, Auerhuhn oder Torfmoose geschaffen werden. Mit geeigneten Massnahmen haben solche Arten eine Chance, auch in der Zukunft überlebensfähige Populationen zu bilden und unsere Landschaft zu bereichern.

Das **Synthesezentrum Biodiversität** ist eine gemeinsame Initiative der ETH Zürich, der Eawag und der WSL und widmet sich der verstärkten Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis. Der vorliegende Leitfaden **«Biodiversität fördern durch die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder»** ist das Ergebnis eines transdisziplinären und partizipativen Prozesses. Er basiert auf dem Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Expert:innen aus der Verwaltung und dem praktischen Naturschutz sowie Forschenden verschiedener Fachrichtungen. Im Rahmen einer Arbeitsgruppe wurden in mehreren Workshops die Inhalte des Berichts definiert, diskutiert und erarbeitet. Die Recherche und Synthese der gesammelten Ergebnisse erfolgte durch das Synthesezentrum und wurde im Austausch mit der Arbeitsgruppe auf Praxistauglichkeit überprüft. So entstand ein Produkt, das sowohl den wissenschaftlichen Stand zum Thema als auch langjährige Erfahrungen aus der Praxis berücksichtigt. Der Leitfaden bietet Unterstützung für Fachpersonen, die Projekte zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder planen und umsetzen.

Rolf Holderegger

Rolf Holderegger

Direktor der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
PI des Synthesezentrums Biodiversität

Zusammenfassung

Feuchte und nasse Wälder sind einzigartige Lebensräume, die besondere und schützenswerte Artengemeinschaften beherbergen. Die Schweiz weist insgesamt 21 Waldgesellschaften der Feucht-, Moor- und Auenwälder auf. In den letzten Jahrhunderten wurden die Feuchtwälder jedoch zu grossen Teilen durch Entwässerung zu Gunsten der Forst- und Landwirtschaft verändert oder gerodet. Im Rahmen der Biodiversitätsstrategie strebt die Schweiz eine Umkehr des Habitat- und Artenverlustes der feuchten und nassen Wälder durch deren Erhalt, Aufwertung und Wiederherstellung an. Im vorliegenden Dokument werden die wissenschaftlichen Grundlagen zur Wiederherstellung feuchter Wälder sowie Erkenntnisse aus der Praxis in Form eines Leitfadens zusammengefasst. Der Leitfaden beinhaltet die wichtigsten Argumente, die für eine Wiedervernässung von Wäldern sprechen, eine Synthese des Wissens über die charakteristischen Standorte, Waldgesellschaften und jeweiligen Arten der feuchten Wälder, sowie Details zu möglichen Massnahmen zu deren Wiederherstellung und Förderung. Fallbeispiele aus der Schweiz geben Einblicke in die praktische Umsetzung. Zusätzlich werden rechtliche, administrative und planerische Aspekte behandelt. Die folgenden Kurzzusammenfassungen geben einen Überblick über die wichtigsten Inhalte dieses Leitfadens.

Der Nutzen feuchter Wälder: Die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder bringt neben der Biodiversitätsförderung weitere Vorteile mit sich. So erhöht die Anhebung der Grundwasserspiegel auf ein natürliches Niveau in Zeiten des Klimawandels die Resilienz der Wälder und ihres Umlands gegen Trockenheit und Dürre. Sie trägt auch zum Wasserrückhalt in der Landschaft und zum Hochwasserschutz bei. Gleichzeitig weisen feuchte Wälder eine tiefere Bodentemperatur auf, wodurch ein kühleres Mikroklima entsteht. Dieses wirkt im Waldinneren positiv auf die dort lebenden Arten und kann in nahegelegenen Siedlungsgebieten für niedrigere Temperaturen in den heissen Sommermonaten sorgen. Längerfristig tragen Feuchtwälder durch eine erhöhte Speicherung von Treibhausgasen in Boden und Vegetation auch zur Milderung des Klimawandels bei. Feuchte Wälder erhöhen durch ihre Funktion als biologische Filter ausserdem die Qualität des Grund- und Oberflächenwassers. Zusätzlich werden feuchte und nasse Wälder auch als attraktive Naherholungsgebiete empfunden und spielen damit eine wichtige Rolle für das Wohlbefinden von Menschen. Trotz vieler Vorteile feuchter und nasser Wälder können sich bei der Wiederherstellung dieser Lebensräume auch Zielkonflikte (z.B. Wirtschaftlichkeit des Waldes, Mücken) ergeben, die Abwägungen und sorgfältige Planung erfordern.

Relevante Standorte: Zur Förderung feuchter und nasser Wälder als wertvolle Lebensräume ist es wichtig, Massnahmen zur Wiederherstellung des Wasserhaushalts, zur Regeneration der Waldgesellschaften und deren Pflege zu ergreifen. Dafür müssen zuerst geeignete Flächen ermittelt werden. Feuchte und nasse Wälder fanden sich vor allem in staunassen Mulden, entlang von Bachufern, in der Umgebung von Mooren, im ehemaligen Überschwemmungsbereich von Fluss- und Seeufern, sowie in Quellbereichen. Lokalnamen auf Karten geben oft wertvolle Hinweise auf solche Standorte. Bei der Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Wiederherstellung sind dabei die Ausgangslagen der jeweiligen Waldstandorte zu beachten.

Massnahmen: Wasserbauliche Massnahmen zur Wiederherstellung des Wasserhaushalts in ehemals feuchten und nassen Wäldern beinhalten das Aufheben von Entwässerungsstrukturen (Auffüllen oder Eindämmen von Gräben, Entfernung von Rohren/Sickerleitungen), die Renaturierung von Bächen und Flüssen oder die Entfernung von Quellfassungen und Eindolungen. Wo durch solche Massnahmen nicht von selbst Kleingewässer entstehen, können diese zusätzlich angelegt werden, um die Biodiversität weiter zu fördern. Waldbauliche Massnahmen beinhalten die Entfernung standortfremder und die Etablierung standorttypischer Baumarten oder die Entfernung von Neophyten. Pflegemassnahmen nach Wiederherstellung der Waldgesellschaften beinhalten die Funktionskontrolle der wasserbaulichen Massnahmen, die Verhinderung der Besiedlung durch unerwünschte Vegetation (Neophyten, Verbuschung von Moorflächen) oder Massnahmen zur Besucher:innenlenkung. Der Verlauf und Erfolg eines Projektes hängen dabei von der Ausgangslage des Projektgebietes, den ergriffenen Massnahmen, aber auch von äusseren Einflüssen wie dem Klimawandel ab. Unter guten Voraussetzungen lassen sich entwässerte Wälder innerhalb einiger Jahrzehnte wiederherstellen.

Biber: Werden Gewässer im Wald durch Biber besiedelt, entwickeln sich feuchte und nasse Waldstandorte von selbst, bis hin zum Verlust eines geschlossenen Baumbestands. Ihre Bautätigkeit hält Wasser zurück und verändert Ökosysteme hin zu Hotspots für die Biodiversität. Sie sind damit kostengünstige Helfer beim Erreichen der Ziele der Schweizer Biodiversitätsstrategie. Seit 2025 können Biberhabitate im Wald als Waldreservate im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich ausgeschrieben werden und sind dadurch beitragsberechtigt für Finanzhilfen des Bundes.

Erfolgskontrollen: Projekte zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder sollten durch eine Erfolgskontrolle begleitet werden, um deren Wirksamkeit zu prüfen. Projekte, die in den Zielvereinbarungen für die Biodiversitätsförderung zwischen Bund und Kantonen festgelegt werden, müssen dabei eine Wirkungsanalyse nach vorgeschriebener Methodik durchführen.

Ressourcen: Das vorliegende Dokument beinhaltet ebenfalls eine Übersicht der rechtlichen und administrativen Grundlagen und die Darstellung eines möglichen Projektablaufs aus kantonaler Sicht sowie aus der Sicht Projektumsetzung. Die abschliessende Ressourcensammlung ermöglicht die vertiefte Beschäftigung mit den behandelten Themen und gibt einen Überblick über die relevanten Institutionen und Anlaufstellen, vor allem in der Schweiz.

Inhalt

Vorwort	3
Zusammenfassung	4
1. Grundlagen der Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder in der Schweiz	7
2. Argumente für die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder	9
2.1. Resilienz gegenüber Trockenheit und Dürre	9
2.2. Rückhaltung von Wasser und Hochwasserschutz	10
2.3. Bodentemperatur und Mikroklima	10
2.4. Treibhausgas-Speicherung	11
2.5. Wasserqualität	11
2.6. Erholungswert	11
2.7. Mögliche Konflikte	12
3. Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder	13
3.1. Biodiversität der feuchten und nassen Wälder	14
3.2. Flächenermittlung	15
3.3. Zielartenbestimmung für Projekte zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder	18
3.4. Wiederherstellung verschiedener Feucht- und Nasswälder	18
3.5. Wiederherstellung von Moorwäldern	31
3.6. Wiederherstellung von Auenwäldern	42
3.7. Wiederherstellung von Quell-Lebensräumen	54
3.8. Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme	62
3.9. Vernässung von Wäldern durch Biber	69
3.10. Erfolgskontrollen	76
4. Rechtliche und administrative Grundlagen	79
5. Möglicher Projektablauf	82
5.1. Ablauf bei kantonalen Projekten	82
5.2. Ablauf bei nicht-kantonalen Projekten	83
5.3. Einbezug neu entstandener Ökosysteme auf drainierten Flächen	85
6. Liste institutioneller Ansprechpartner:innen	87
6.1. Relevante Behörden und Sektionen	87
6.2. Wissenschaftliche Institutionen	89
6.3. Weitere relevante Institutionen und Plattformen	91
Anhang A1	95
A1.1: Waldzielarten für Waldgesellschaften der Bruch- und Auenwälder	95
A1.2: Waldzielarten für Waldgesellschaften der wärmeliebenden Föhrenwälder	98
A1.3: Waldzielarten für Waldgesellschaften der Hochmoorwälder	99
A1.4: Waldzielarten für Waldgesellschaften der Gebirgsnadelwälder	100
A1.5: Waldzielarten für den Lebensraumtyp Gewässer	105
7. Literaturliste	106



1. Grundlagen der Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder in der Schweiz

In der Vollzugshilfe des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) zur Förderung der Biodiversität im Schweizer Wald, "Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen", werden 121 Waldgesellschaften unterschieden, von denen 21 durch feuchte oder nasse Böden gekennzeichnet sind. Acht Gesellschaften gehören dabei zu den Auenwäldern, drei zu den Hochmoorwäldern und zehn sind weitere Feuchtwälder [1]. Diese Waldgesellschaften sind gekennzeichnet durch charakteristische Arten und Lebensgemeinschaften, die teilweise nirgends sonst in der Schweiz zu finden sind. Viele Wälder wurden seit dem 17., vor allem aber im 19. und 20. Jahrhundert entwässert. Weiter wurden Torfböden abgebaut, Quellen eingedolt, Bäche verlegt und Flüsse begradigt, um das Land urbar zu machen. In den Wäldern sollte durch Entwässerung die Holzproduktion gesteigert und die Forstwirtschaft erleichtert werden. Diese Massnahmen führten zu einer drastischen Abnahme der besonderen Habitate und Artengemeinschaften der feuchten und nassen Wälder. So wird geschätzt, dass ca. 95% der ursprünglichen Fläche der Feuchtwälder verloren gegangen sind [1]. Die Biodiversitätsstrategie Schweiz [2] sieht eine Trendumkehr dieses Habitat- und Artenverlustes durch die gezielte Erhaltung, Aufwertung und Wiederherstellung wichtiger Lebensräume vor. Speziell der Massnahmenbereich 3.4 der Vollzugshilfe des BAFU "Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen" zielt darauf ab, feuchte Wälder zu erhalten und wiederherzustellen [1]. Mehrere Kantone und Gemeinden unternehmen bereits grosse Anstrengungen dafür. Um diese Bemühungen zu unterstützen, werden in diesem Leitfaden sowohl wissenschaftliche Informationen als auch Erfahrungswissen aus der Praxis rund um die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder zusammengestellt, mit einem Fokus auf Biodiversitätsförderung. Ziel ist es, eine umfassende Orientierung für die Umsetzung solcher Projekte zu geben.

Neben den Vorteilen für die Biodiversität kann die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder auch eine Reihe von anderen positiven Effekten mit sich bringen. Speziell im Zusammenhang mit den Auswirkungen des Klimawandels kann eine Wiederherstellung feuchter Bedingungen dazu beitragen, Trockenstress, Überhitzung oder Überschwemmungen bei Starkregenereignissen abzuschwächen, sowie Treibhausgase zu speichern. Durch die hohe Attraktivität vieler feuchter Waldgesellschaften und der dazugehörigen Landschaftselemente lassen sich mit Projekten zur Feuchtwaldrenaturierung auch abwechslungsreiche Erholungsräume für die Bevölkerung schaffen. Andererseits bringt die Wiederherstellung von Feuchtflächen im Wald auch Konfliktpotenzial mit sich. In der Projektplanung spielen zum Beispiel geringere Erträge aus der Forstwirtschaft, eine schwierigere Bewirtschaftung, oder die mögliche Vermehrung von Stechmücken eine Rolle. Auch diese und weitere Aspekte der Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder werden in diesem Leitfaden besprochen. Die darauf basierende Argumentationshilfe kann herangezogen werden, um die Kommunikation mit Waldbesitzenden und Bevölkerung zu erleichtern.

Dieser Leitfaden wurde im Rahmen einer Arbeitsgruppe erstellt, die sich aus Forscher:innen aus den Bereichen Wald, Biodiversität, Gewässerökologie, Hydrologie und Fernerkundung, sowie Vertreter:innen der Kantone, von Naturschutzorganisationen und Umweltbüros zusammensetzte [3]. Entstanden sind eine Zusammenstellung von Grundlageninformationen aus wissenschaftlichen Quellen (unsystematischer Review, [3]), sowie eine Übersicht der bewährten praktischen Massnahmen zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder, welche einen möglichst hohen Nutzen für die Biodiversität aufweisen. Auch das Thema Erfolgskontrollen wird behandelt. Zusätzlich enthält der Leitfaden eine Ressourcensammlung, die eine vertiefte Beschäftigung mit dem Thema ermöglicht. Der Leitfaden richtet sich primär an Personen aus der Verwaltung und an Organisationen, die Projekte zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder planen und umsetzen.



2. Argumente für die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder

Dieser Leitfaden konzentriert sich auf Projekte zur Renaturierung ehemals feuchter Waldflächen mit dem Ziel der Biodiversitätsförderung. Der Einfachheit halber verwenden wir den Begriff Renaturierung auch für Massnahmen, welche im Wasserbau eher mit dem Begriff Revitalisierung bezeichnet würden. Neben der Funktion als Habitat für charakteristische Lebensgemeinschaften bieten feuchtere Waldböden weitere Vorteile, die als Argumente für die Durchführung solcher Projekte dienen können. Diese Argumente werden in diesem Kapitel erörtert, bevor sich der Leitfaden seinem Schwerpunkt, der Biodiversität, widmet.

2.1. Resilienz gegenüber Trockenheit und Dürre

Der Klimawandel führt zu zunehmender Trockenheit und längeren Dürreperioden [4]. Für die Erhaltung vieler Wälder müssen daher Strategien gefunden werden, damit sie Trockenperioden widerstehen können [5]. 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 [6]–[8]. Dadurch ist z.B. die Fichte deutlich anfälliger für die Auswirkungen des Klimawandels als andere Baumarten [9], [10]. Ein angehobener

Grundwasserspiegel kann diesen flach wurzelnden Bäumen helfen, Dürreperioden zu überstehen, da sich die generelle Bodenfeuchte erhöht [11]–[13]. Dabei kommt es auch auf die Art des Bodens an: Beispielsweise kann ein höherer Anteil an Kies oder Ton die Wasserverfügbarkeit im Boden vermindern [14]. Eine Bestimmung des Wiedervernässungspotenzials (s. Kapitel 3.1.) hilft zu beurteilen, wo die stärksten Effekte von Massnahmen zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder zu erwarten sind.

2.2. Rückhaltung von Wasser und Hochwasserschutz

Neben zunehmender Trockenheit führt der Klimawandel auch zu häufigeren extremen Regenereignissen [15]–[17]. 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, [18]). Wälder können allgemein Hochwasser reduzieren, weil ihre tiefen, gut durchwurzelten Böden das Wasser bei Starkregenereignissen aufnehmen [19]–[21]. Dadurch gelangt das Wasser langsamer und später in die Oberflächengewässer, als wenn es direkt abfliessen würde [22]. Waldböden mit hoher Infiltrationsfähigkeit nehmen dabei mehr Wasser auf als undurchlässige, verdichtete Böden [23]. Umgekehrt können Entwässerungen auf stark mit Wasser gesättigten Böden Hochwasser auch abschwächen, da der abgesenkte Grundwasserspiegel einen geringeren Eintrag in die Oberflächengewässer bedeuten kann [24], [25]. 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 [26]. Diese Funktion wird durch Entwässerung abgeschwächt, kann aber durch eine Moorrenaturierung wiederhergestellt werden [26]–[28]. 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 [23], [29], [30]. 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 [23], [30]–[32]. Zusätzlich sind Flüsse in naturnahen Auenwäldern geomorphologisch komplexer, was zur Flutrückhaltung beiträgt [31].

2.3. Bodentemperatur und Mikroklima

Wälder haben eine puffernde Wirkung auf das Mikroklima: Temperaturextreme sind im Wald weniger ausgeprägt als im Offenland [33]. Der Puffereffekt wird durch die Verdunstung von Wasser aus dem Boden und den Bäumen erzeugt und ist umso grösser, je feuchter der Waldboden ist [34]–[36]. 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 [37]. 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 struktureiche Waldränder angelegt werden, die das Waldinnere vor Verdunstung abschirmen [38], [39].

Das kühlere Mikroklima trägt auch zur Erholungsfunktion der Wälder für Menschen bei [40]. 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 [41]. Von kühleren Wäldern profitieren in den heissen Sommermonaten daher Biodiversität und Menschen.

2.4. Treibhausgas-Speicherung

Die Speicherung von Treibhausgasen findet vor allem in organischen Böden, insbesondere Böden mit hohem Torfanteil wie Moorböden statt [32], [42], [43]. 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 [44], [45]. Eine Wiederanhebung des Wasserspiegels führt bei entwässerten organischen Böden kurzfristig zum Ausstoss von Methan (ebenfalls ein Treibhausgas), aber langfristig entsteht eine Treibhausgas-Senke [46]–[48]. Dieser Effekt braucht Zeit, oft mehr als 10 Jahre, er stellt sich aber zuverlässig ein [47], [49], [50]. Andererseits gibt es auch Studien, die zeigen, dass das erhöhte Baumwachstum auf entwässerten Böden zu einer höheren Kohlenstoffbindung führt [51]–[53]. 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 [32].

Im Gegensatz zu Feuchtwäldern auf organischen Böden sind die Böden in Auenwäldern nicht unbedingt grössere Treibhausgas-Senken als die Böden anderer (nicht feuchter) Wälder [54], [55]. Auenwälder sind jedoch besonders artenreich [56]–[58]. Artenreiche und naturnahe Wälder fixieren mehr Kohlenstoff als artenarme Wälder [59], [60]. 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 [61]. 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.

2.5. Wasserqualität

Waldböden agieren als biologischer Filter, die die Qualität des Grundwassers verbessern. Entwässerungsgräben verursachen hingegen erhöhte Werte von gelöstem organischem Kohlenstoff, Nitrat und Phosphor, sowie eine stärkere Wassertrübung in Gewässern, in die sie abfliessen. So können sie zur Eutrophierung von Oberflächengewässern beitragen [62]–[66]. 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 [67], [68].

2.6. Erholungswert

Laut den Ergebnissen der dritten Schweizer Bevölkerungsumfrage “Waldmonitoring soziokulturell” aus dem Jahr 2020 (WaMos 3, [69]) 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 [41], [70], [71]. Auch Waldgebiete, in denen sich verschiedene Bestandesstrukturen abwechseln, werden als attraktiver empfunden als einförmig von einzelnen Arten dominierte Bestände [70], [72]. Die Präsenz von Feuchtgebieten, Flüssen oder Seen in Wäldern trägt ebenfalls zu deren Attraktivität bei [69], [71], [73], [74]. 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 2.3.) und spielt besonders in Zeiten steigender Temperaturen und häufigeren Hitzewellen eine wichtige Rolle für die Menschen [40], [69].

2.7. Mögliche Konflikte

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 Waldbesitzer:innen [63], [75]. Nutzungsvereinbarungen und/oder Kompensationszahlungen können hier Anreize schaffen.

Schutzwaldfunktion: Mögliches Konfliktpotenzial ergibt sich daraus, dass Wiedervernässung an Hängen (z.B. entlang von steilen Bachufern oder in Quellbereichen) ab einer gewissen Neigung dazu führen kann, dass diese weniger stabil und damit anfälliger für Abrutschungen werden. In der Schweiz dienen viele Wälder als Schutzwald [76], [77]. Die wichtige Funktion als Schutzwald kann also im Widerspruch zu einer ökologischen Aufwertung durch Wiedervernässung stehen. Andererseits können sich auch Synergien zwischen Schutzwaldfunktion und dem Einfluss des Waldes auf den Wasserhaushalt ergeben (z.B. beim Gerinneschutz), die genutzt werden sollten [78]. Bei Wiedervernässungsprojekten in Hanglagen (in- oder ausserhalb von Schutzwäldern) ist in jedem Fall ein enger Austausch zwischen den Verantwortlichen von Wald- und Wasserbau nötig.

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, [79], [80]). Wenn die Wiederherstellungen feuchter Wälder zu grösseren Auflichtungen führt, kann das auf Unverständnis seitens der Bevölkerung stossen. Im Einzelfall muss eine Abwägung stattfinden, die den ökologischen Wert der derzeit vorliegenden Lebensräume mit dem möglichen ökologischen Wert der wiederhergestellten, feuchten oder nassen Habitate vergleicht.

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 (siehe Kap. 3.9). 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.

Mücken: Feuchte und nasse Wälder können das Aufkommen von Stechmücken begünstigen, was von der lokalen Bevölkerung verständlicherweise wenig geschätzt wird. Dieser mögliche Konflikt könnte sich durch die zunehmende Verbreitung invasiver Mücken wie der Asiatischen Tigermücke oder der Buschmücke zuspitzen, da diese Krankheiten übertragen können. Tigermücken werden bisher ausschliesslich im Siedlungsgebiet gefunden, Buschmücken jedoch vermehren sich auch in Wäldern.

Um den oben genannten Konflikten zu begegnen, ist es zentral, dass die Bevölkerung Verständnis und Akzeptanz für die Wiederherstellung von feuchten oder nassen Wäldern entwickelt. Oft sind Begleitung und Sensibilisierung nötig, um Konflikte zu vermeiden. Erfolgreiche Fallbeispiele können dabei zur Akzeptanz ähnlicher Projekte beitragen. Mögliche Konflikte werden auch in den folgenden Kapiteln aufgegriffen; Fallbeispiele illustrieren dabei, wie mit Konflikten umgegangen wird.



3. Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder

Im Folgenden stellt dieser Leitfaden die Biodiversität feuchter und nasser Wälder sowie technische Grundlagen zur Wiedervernässung von Wäldern vor (Kapitel 3.2 Flächenermittlung für Wiederherstellung von Feuchtwäldern, Kapitel 3.3 Zielartenbestimmung für Projekte zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder), sowie die Lebensräume, die durch eine Wiedervernässung wiederhergestellt werden können.

Die 21 feuchten und nassen Waldgesellschaften der Schweiz lassen sich in drei grössere Kategorien unterteilen. Zehn davon sind verschiedene Feucht- und Nasswälder, die durch oberflächennah stehendes Grundwasser gekennzeichnet sind und werden im Kapitel 3.4 Wiederherstellung verschiedener Feucht- und Nasswälder besprochen. Die Hochmoorwälder (drei Waldgesellschaften) werden durch Regenwasser gespeist und im Kapitel 3.5 Wiederherstellung von Moorwäldern besprochen. In diesem Kapitel werden auch Aspekte der Wiederherstellung von Flachmooren und deren assoziierten Wälder beschrieben. Die acht Waldgesellschaften, die nur in Auenwäldern mit ursprünglich natürlicher Fließdynamik vorkommen, werden im Kapitel 3.6 Wiederherstellung von Auenwäldern besprochen. Quellen sind Lebensräume mit eigenen, besonderen Gemeinschaften mit überdurchschnittlich vielen seltenen und gefährdeten Arten. Die Besonderheiten bei der Wiederherstellung von Quell-Lebensräumen werden besprochen in Kapitel 3.7 Wiederherstellung von Quell-Lebensräumen. Behandelt werden jeweils mögliche Massnahmen zur Wiederherstellung dieser Lebensräume und zur Förderung ihrer besonderen Zielarten, der mögliche Projektverlauf, sowie mögliche Nutzungs- und Pflegeformen. Separate Kapitel widmen sich dem Anlegen von Kleingewässern und andere Lebensraumstrukturen als ergänzender Massnahme zur Biodiversitätsförderung (Kapitel 3.8), der Rolle des Bibers bei der

Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder (Kapitel 3.9 Der Biber in der Schweiz), sowie der Wichtigkeit und Methodik von Erfolgskontrollen (Kapitel 3.10).

3.1. Biodiversität der feuchten und nassen Wälder

Zum Erhalt der gesamten Biodiversität in Wäldern ist es essenziell, besondere Lebensräume zu schützen und ihnen Raum zu geben. Zu den besonderen Lebensräumen und Standorten gehören die feuchten und nassen Wälder [1]. Durch die oftmals extremen und einzigartigen Bedingungen dieser Lebensräume beherbergen sie speziell angepasste Arten. Ihr Schutz und Erhalt tragen also überproportional zum Erhalt der Biodiversität bei [81]. Feuchte und nasse Waldgesellschaften sind welt-, europa-, und schweizweit wegen massiver Flächenverluste durch Trockenlegung, Einschränkung der Gewässerdynamik, sinkende Grundwasserpegel und den Klimawandel bedroht. Zunehmend ist sich die Gesellschaft jedoch der Bedeutung dieser Lebensräume bewusst. Dem wird durch die Verankerung der Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder als Massnahme der nationalen Biodiversitätsstrategie Rechnung getragen [1], [2].

Die Biodiversität feuchter und nasser Wälder profitiert besonders von den vielfältigen Mikrohabitat-Komplexen mit terrestrischen und aquatischen Lebensräumen [32], [82]. Die beiden Komponenten sind eng verzahnt, so dass auch von blau-grüner Biodiversität gesprochen wird, die als Einheit wahrgenommen und geschützt werden sollte [83]. Das Leben am Wasser führt zu faszinierenden Anpassungen der dort lebenden Arten. So gibt es unter den Baumarten der feuchten und nassen Wälder zahlreiche Anpassungen der Wurzelsysteme, die das Wachstum und Überleben ermöglichen (z.B. Atemwurzeln der Schwarzerle, Brettwurzeln der Flatterulme, Adventiwurzeln der Bergföhre). Charakteristische Arten wie Sonnentau, Feuersalamander, Gelbbauchunke oder Waldschnepfe, aber auch weniger auffällige Arten wie Torfmoose, Wasserspitzmaus oder Kleiner Ulmenprachtkäfer gehören zur erhaltenswerten Schweizer Natur.

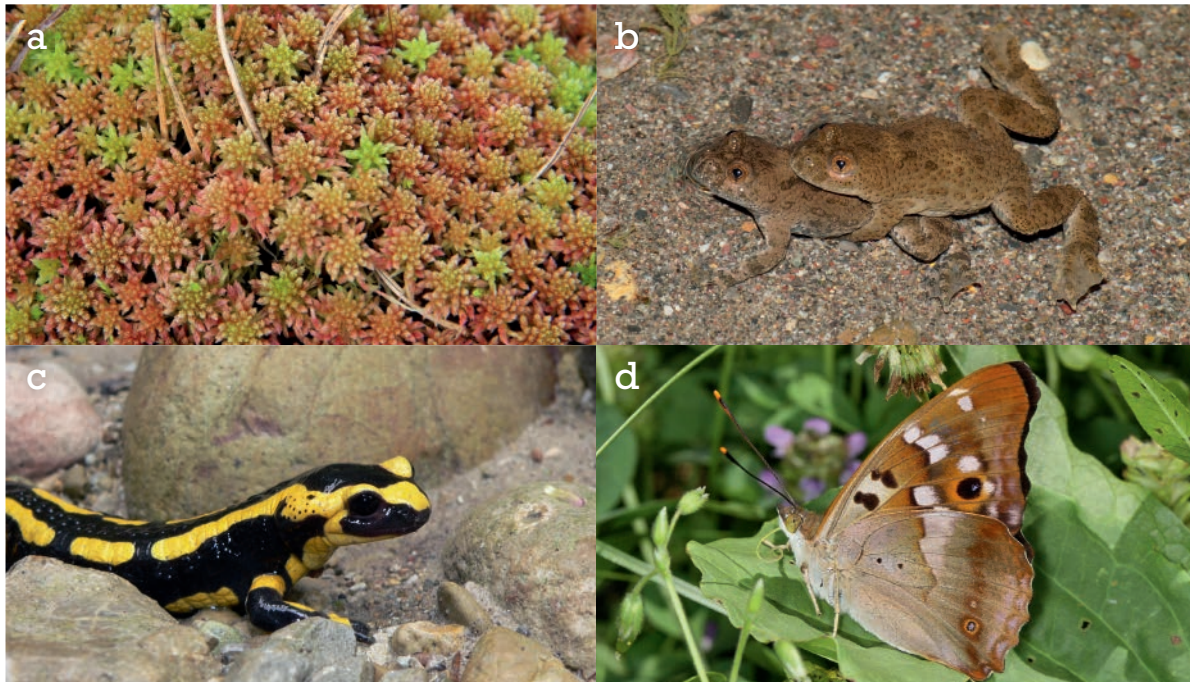


Abbildung 1

Charakteristische Arten feuchter und nasser Wälder, die von einer Wiedervernässung profitieren können. (a) Torfmoos (*Sphagnum* sp.) Foto: Christoph Vorburger, Eawag, (b) Gelbbauchunke (*Bombina variegata*) Foto: Thomas Reich, WSL, (c) Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) Foto: Thomas Reich, WSL, (d) Kleiner Schillerfalter (*Apatura ilia*) Foto: Beat Wermelinger, WSL

Die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder führt zu mehr Lebensräumen für feuchtigkeitsliebende Arten, was ihnen bessere Chancen zur Ausbreitung bietet. Nicht immer reicht es aus, nur die Ursachen der Entwässerung zu beheben, um Lebensräume wiederherzustellen. Manchmal sind weitere Eingriffe und/oder Pflegemassnahmen nötig.

3.2. Flächenermittlung

Wiedervernässung flächiger Lebensräume

War ein Lebensraum ursprünglich feucht oder nass und wurde er durch Entwässerungsmassnahmen künstlich ausgetrocknet, besteht immer die Möglichkeit, diese Massnahme rückgängig zu machen. Die Bestimmung geeigneter Flächen steht am Anfang jedes Projekts zur Wiederherstellung ursprünglich feuchter oder nasser Lebensräume im Wald. Der Kanton Aargau hat in einer Potenzialstudie zur Wiedervernässung von Wäldern Kriterien für die Bestimmung geeigneter Gebiete (Quell-Lebensräume ausgenommen) erarbeitet [84]. Diese Kriterien sind:

- **Reliefpotenzial:**

Das Reliefpotenzial ist durch die Hangneigung eines Gebietes bestimmt und gibt an, wie stark sich Wasser ansammeln kann. Flache Gebiete sind besser geeignet als Hanglagen, da dort das Wasser schneller abfließt. Zusätzlich lassen sich aus der Hangneigung Schlüsse über das maximale Gefälle von Gräben ziehen, was die Flächenwirkung von Staumassnahmen beeinflusst. Vier verschiedene Hangneigungsklassen werden für die Potenzialmodellierung definiert. Klasse 1 (> 10% Steigung) schliesst Wiedervernässungsprojekte praktisch aus, während die Klassen 2-4 (5-10%, 2-5%, 0-2% Steigung) zunehmend günstige Bedingungen für die Flächenwirkung von Staumassnahmen und damit der Umsetzung flächiger Wiedervernässungsprojekte darstellen. Die Hangneigungsklassen spielen vor allem für Gebiete, die durch Entwässerungsgräben drainiert werden, eine Rolle.

- **Bodenpotenzial:**

Das Bodenpotenzial ist ein Mass für die Wasserrückhaltung eines Gebietes und gibt Auskunft über die Durchlässigkeit bzw. Speicherkapazität des Bodens für Wasser. Bestenfalls existiert in einem Gebiet eine Bodenkartierung, um die Bodenfeuchte und Durchlässigkeit daraus abzulesen. Wenn dies nicht der Fall ist, lassen sich diese Werte auch aus vegetationskundlichen Kartierungen der Waldgesellschaften ableiten, ergänzt durch Einschätzungen von Expert:innen. Viele feuchte und nasse Waldgesellschaften wachsen auf wenig durchlässigen Böden wie Gley und Pseudogley. Zusätzlich geben das Vorkommen organischer Böden sowie einschlägige Lokalnamen auf Karten gute Hinweise auf historische Vernässung. Diese wurde von Agroscope unter Hinzuziehen alter Kartendaten und Bodendaten schweizweit rekonstruiert [85]. Die Kombination von Bodenfeuchte und Durchlässigkeit ergibt das Bodenpotenzial, das basierend auf einer Punkteskala in drei Kategorien unterteilt werden kann (Bodenpotenzial wenig wahrscheinlich, möglich, vorhanden) und eine Einschätzung erlaubt, ob Massnahmen zur Aufhebung der Entwässerung erfolgversprechend sind [84].

Um das Feuchtwaldpotenzial darzustellen, werden Reliefpotenzial und Bodenpotenzial über ein Areal aggregiert [84]. Dabei gilt, dass das höchste Potenzial dort existiert, wo sowohl Reliefpotenzial als auch Bodenpotenzial hoch sind. Um vielversprechende Projektgebiete für Wiedervernässung im Wald zu identifizieren, muss das Feuchtwaldpotenzial schliesslich noch mit Informationen zu künstlich entwässerten Gebieten abgeglichen werden (Kapitel Kartierung von Entwässerungsstrukturen). Um allfällige Konflikte zu erkennen oder Synergien zu nutzen, kann die entstandene Karte mit Karten von vorhandenen Feuchtwaldgebieten, vegetationskundlichen Waldkartierungen, Schutzwäldern, dem Biber-Auenmodell, Grundwasserschutz zonen, Informationen zu Kern- und Vernetzungsgebieten der ökologischen Infrastruktur [86], Altlasten, archäologischen Fundstellen, oder anderen relevanten Landschaftsaspekten verglichen werden.

Kartierung von Entwässerungsstrukturen

Zur Planung einer Wiedervernässung ist es essenziell zu wissen, wo und in welchem Ausmass eine Entwässerung in einem Areal stattfindet oder stattgefunden hat. Zusammen mit dem Feuchtwaldpotenzial ergeben sich aus der Information über die künstliche Entwässerung die möglichen Gebiete für Wiedervernässungsprojekte. Die Lage von Drainagerohren und -gräben ist allerdings nicht in jedem Fall bekannt. Eine Kartierung der Drainagen ist also unerlässlich in Gebieten, die für eine Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder infrage kommen.

Im Rahmen der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS) werden für alle Biotope von nationaler Bedeutung Luftbildinterpretationen (Stereo-Luftbilder von swisstopo) durchgeführt. Im Jahr 2024 startete die dritte Erhebung. Hierbei werden auch Informationen zu Entwässerungsgräben in Flach- und Hochmooren erhoben, sowie zu Fahrspuren im Wald. Zusätzlich generiert swisstopo auch hochaufgelöste LiDAR Daten über die Schweiz, mit denen das Mikorelief des Geländes auch in von Wald bedeckten Gebieten erkennbar ist. Basierend darauf werden aktuell im Landesforstinventar Schweiz LFI von Wissenschaftlern der WSL landesweit Daten zu Entwässerungsgräben in Wäldern extrahiert. Dafür werden Fernerkundungsmethoden, hoch aufgelöste Geländemodelle und Deep Learning Methoden verwendet [87], [88]. Das Projekt ist einsehbar unter www.wsl.ch/ > Projekte > "Ditch mapping for Switzerland by using semantic segmentation".

Mit dieser Methode können oberflächliche Entwässerungsstrukturen effizient und genau lokalisiert werden. Eine Kartierung von Drainagerohren muss allerdings nach wie vor durch Felduntersuchungen erfolgen. Diese dienen auch der Zustandsuntersuchung der Entwässerungsstrukturen.

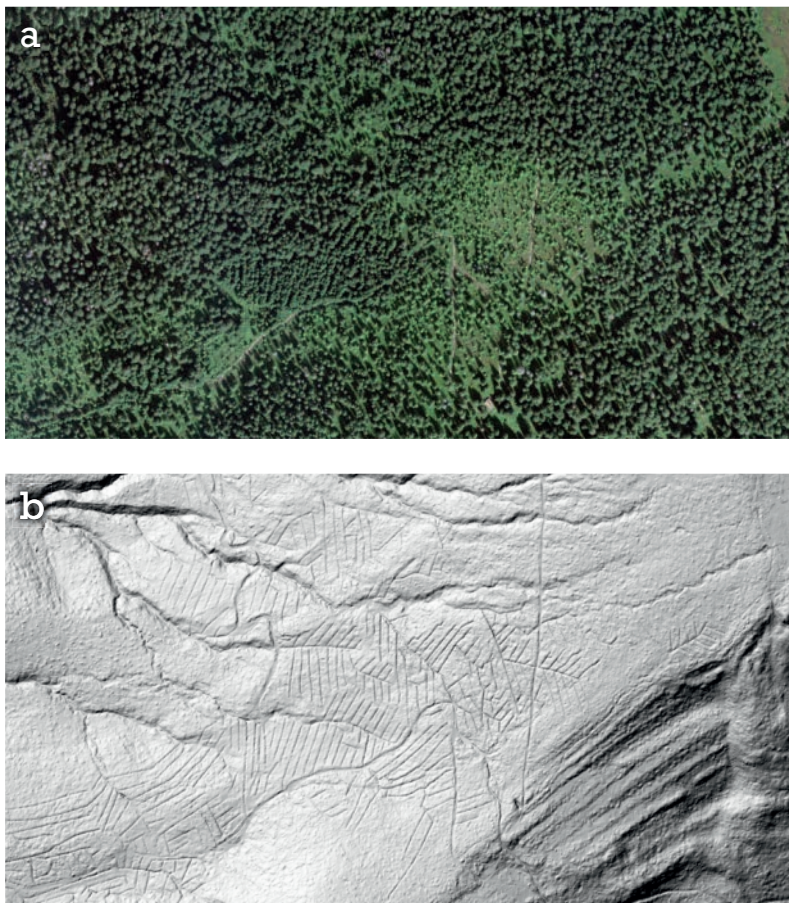


Abbildung 2

(a) Luftbildaufnahme eines entwässerten Waldes (Seeliwald, Obwalden). Foto: Swisstopo Luftbildaufnahme 2'654'650.00, 1'195'000.00. (b) Zugehörige LiDAR-Aufnahme des gleichen Waldes. Entwässerungsgräben sind deutlich erkennbar. Foto und Arbeiten: Yuanyuan Gui, Zuyuan Wang, Christian Ginzler, WSL im Rahmen des LFI.

Flächen für Flussauen- und Quellenrenaturierung

Die oben beschriebenen Methoden zur Flächenbestimmung beziehen sich nicht auf die Renaturierung von Wäldern auf durchlässigen Auenböden oder von Quellen mit ihren assoziierten Wäldern. Durchlässige Auenböden finden sich im ursprünglichen Überschwemmungsbereich der Flüsse. Sie wurden selten durch Entwässerungsgräben drainiert, sondern durch die Begradigung und Verbauung der Gewässer vom Wasser abgeschnitten. Typische Beeinträchtigungen natürlicher Quellen sind Fassungen und Ableitungen (auch im Zusammenhang mit Wegebau), Eindolung der Quellbäche, Zuschüttung oder Ableitung in künstliche Gerinne (z. B. Betonschalen). Quell-Austritte in Gebieten mit hohem Gefälle haben den Charakter von Fließquellen (Rheokrenen) und sind oft kleinflächig. In flachem Gelände tritt das Wasser flächig aus und kann teilweise ausgedehnte Sickerquellen (Helokrenen) ausbilden. Die Lage von Quellen im Wald kann durch (historisches) Kartenmaterial, Luftbilder oder Befragungen lokaler Fachpersonen/Ortskundiger, und die Fläche für eine mögliche Renaturierung durch Geländebegehungen identifiziert werden. Für den Schutz und die Renaturierung von Quellen ist zu beachten, dass sich die relevante Fläche aus einer Kernzone (definiert durch Radius des Wasseraustritts) und einer Umgebungszone mit einem Übergang von feuchten zu trockeneren Bedingungen zusammensetzt. Das systematische, schweizweite Erfassen und Kartieren der Quell-Lebensräume ist eine wichtige Grundlage für deren Erhaltung und Aufwertung. Dafür existiert eine Arbeitsgrundlage für die Praxis [89]. Die Inventarisierung ist in mehreren Kantonen im Gange und wird vom Bund koordiniert und unterstützt. Für den Kanton Bern steht das Quelleninventar bereits zur Verfügung. Das Vorgehen zur Flächenbestimmung für Quellrenaturierungen wurde von der Beratungsstelle Quell-Lebensräume entwickelt, die Anleitung [90] und Erhebungsbögen stehen auf der Webseite www.quell-lebensraeume.ch zur Verfügung.

Sicherung von Flächen

Wiederhergestellte feuchte und nasse Waldgesellschaften sollten langfristig eigentümerverschrieben gesichert werden. Das kann durch Bezeichnung des Gebiets und das Festhalten der Ziele und Massnahmen in einem Waldentwicklungsplan geschehen. Im Idealfall kann ein Gebiet sogar als Natur- oder Sonderwaldreservat ausgedehnt werden (Infobox 1), abhängig davon, ob zukünftig waldbauliche Eingriffe oder spezielle Nutzungsformen vorgesehen sind, oder ob auf eine Nutzung verzichtet wird. Die entsprechenden Nutzungsverträge müssen zwischen den Grundeigentümern und Kantonen bzw. Gemeinden abgeschlossen werden.

Infobox 1: Definition Waldreservate aus dem Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2025–2028 [91]:

Waldreservate: Waldfläche, auf der die ökologische und biologische Vielfalt absoluten Vorrang hat. Grundsätzlich sind Waldreservate deshalb auf Dauer angelegt und mittelfristig (in der Regel auf mindestens 50 Jahre) behörden- und eigentümerverschrieben geschützt (Vertrag, RRB, Eintrag ins Grundbuch, usw.). In Waldreservaten wird die natürliche Entwicklung des Waldes bewusst wieder zugelassen («Naturwaldreservat») oder es werden mit gezielten Eingriffen bestimmte Lebensräume aufgewertet und damit prioritäre Arten gefördert («Sonderwaldreservat»).

In einem Naturwaldreservat (Synonym: Totalreservat) wird die natürliche Entwicklung des Waldes bewusst zugelassen (Prozessschutz). Jede Form der forstlichen Nutzung und die meisten übrigen Eingriffe sind ausgeschlossen. Naturwaldreservate erweitern den Lebensraum vor allem der alt- und totholzabhängigen Organismen; damit fördern sie nicht nur die Biodiversität, sie bereichern auch ästhetisch die Waldlandschaft («Waldwildnis») und ermöglichen den Menschen ein intensives Naturerlebnis. Ausserdem sind sie Referenzwälder für die ökologische und waldbauliche Forschung.

In Sonderwaldreservaten (Synonyme: Spezialreservat, Reservat mit besonderen Eingriffen, Teilreservat) wird gezielt eingegriffen, zum Beispiel um die Lebensräume prioritärer Tiere und Pflanzen aufzuwerten oder ökologisch besonders wertvolle Baumarten einzubringen, zum Beispiel die Eiche. Sonderwaldreservate können auch dem Schutz traditioneller Bewirtschaftungsformen dienen, zum Beispiel dem Mittelwald.

3.3. Zielartenbestimmung für Projekte zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder

Das wichtigste allgemeine Ziel eines Projekts zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder ist ein standortgerechter Lebensraum mit seiner charakteristischen Artengemeinschaft. Spezifischere Ziele können den Erhalt und die Förderung bestimmter Zielarten beinhalten, z.B. seltene, gefährdete oder National Prioritäre Arten [92], [93]. Sie können zusätzlich spezifische Fördermassnahmen benötigen, deren Erfolg sich am effektiven Vorkommen der Arten bemisst. Waldzielarten kommen vorwiegend im Wald vor, halten sich regelmässig im Wald auf oder sind in mindestens einem Entwicklungsstadium vom Wald abhängig [95]. Eine Liste mit 307 National Prioritären Waldzielarten findet sich im Anhang 2-2 der Vollzugshilfe Biodiversität im Wald [1]. Die Zielarten der wiederherzustellenden feuchten und nassen Wälder müssen jedoch individuell für jedes Projekt vor Ort definiert werden, abhängig von der biogeographischen Region, der Höhenstufe und den Lebensraumansprüchen der Arten. Erwartbar ist, dass zur Bestimmung der National Prioritären Zielarten für feuchte und nasse Wälder eine Anleitung (möglicherweise inklusive Online-Tool) analog zum Aktionsplan lichter Wald [94] entwickelt wird. Das Online-Tool für den lichten Wald steht registrierten Nutzenden des Virtuellen Datenzentrums (VDC) zur Verfügung und generiert für eine beliebige Waldfläche eine Liste der tatsächlich nachgewiesenen und potenziell vorkommenden Zielarten für den lichten Wald.

Im Anhang A1 (Waldzielartenliste für feuchte und nasse Waldgesellschaften) findet sich eine Liste der Waldzielarten, die in den Lebensraumtypen Bruch- und Auenwälder (Tabelle A1.1), Wärmeliebende Föhrenwälder (Tabelle A1.2), Hochmoorwälder (Tabelle A1.3), Gebirgsnadelwälder (Tabelle A1.4), sowie Gewässer (Tabelle A1.5.) nach Delarze et al. 2015 [95] vorkommen. Dies sind die Lebensraumtypen, denen die Waldgesellschaften feuchter und nasser Standorte der Schweiz zugeordnet werden (Tabelle 1, 3, 5). Informationen zu den Lebensraumansprüchen der möglichen Zielarten feuchter und nasser Wälder finden sich z.B. bei InfoSpecies, welches auch für Beratungen durch Artenspezialisten zur Verfügung steht.

3.4. Wiederherstellung verschiedener Feucht- und Nasswälder

Definition feuchte und nasse Wälder und Waldgesellschaften

Feuchtwälder sind überwiegend durch oberflächennah anstehendes, mehr oder weniger bewegtes Grundwasser gekennzeichnet. Grundwasser entsteht durch Versickerung von Niederschlagswasser oder Infiltration von Fluss- oder Seewasser und bildet unterirdische Wasservorkommen. In der Schweiz sind zehn feuchte Waldgesellschaften ausserhalb der Hochmoore und Auen beschrieben [1], die durch Grund-, Hang- oder Quellwasser geprägt sind und nicht durch Überschwemmungen von Fliessgewässern. Dazu kommen in den montanen Lagen auch einige Waldgesellschaften der Tannen-Fichtenwälder. Die feuchten und nassen Waldgesellschaften lassen sich nach Art der Wasserzufuhr unterteilen:

- *Stauasse Mulden*: Wasserzufuhr durch Stauwasser (Grundwasser, das durch Versickerung und Anstauung von Niederschlag in Böden mit geringer Durchlässigkeit entsteht), oder Hangwasser (Stauwasser entlang von Hängen, das durch Sättigung einen Wasserspiegel bildet und das im Vergleich zu Grundwasser langsam abfließt)
→ Waldgesellschaften 30, 44, 46, 46*, 49, 60 (Tabelle 1)
- *Bach- und Flussufer*: Wasserzufuhr durch fliessendes Wasser (Fliessgewässer)
→ Waldgesellschaften 26, 27, 27*, 27**/27O (Tabelle 1)
- *Quellbereiche*: Wasserzufuhr durch Quellwasser (an Oberfläche austretendes Grundwasser).
→ Waldgesellschaften 26, 27, 27**/27O, 49 (Tabelle 1)

Die besondere Artenvielfalt der Wälder staunasser Mulden ist geprägt von der Vielfalt ihrer Mikrohabitate. Diese unterstützt spezialisierte und seltene Pflanzen- und Flechtengesellschaften [32], [96], [97], die wiederum Lebensraum für assoziierte Tierarten bilden [98]. Selbst kleinflächige Waldgesellschaften tragen damit stark zur Biodiversität bei. In den feuchten Waldgesellschaften der Höhenlagen kommen artenreiche Kraut- und Moosschichten auf. Sie stellen einen besonders wertvollen Lebensraum für Arten wie Auerhuhn, Waldschnepfe sowie Amphibien dar. Auch Wälder entlang von Bachufern tragen durch ihre Verzahnung mit dem aquatischen Lebensraum zur Biodiversität bei und haben eine wichtige Vernetzungsfunktion für feuchteliebende und wasserbewohnende Arten. In vielen vom Grundwasser beeinflussten Waldgesellschaften kommen Quellen vor, die ihre eigenen, besonderen Artengemeinschaften beherbergen.



Abbildung 3

Im Südosten des Auengebiets „Oberglatt“ besteht ein Erlenbruchwald mit Schwarzerlen und Seggenbulten. Es ist auch Teil des Amphibienlaichgebiets „Glattaltaufergebiet Schlosswinkel-Peterli-Solachten“. Foto: Jan Ryser, BAFU.

Tabelle 1

Waldgesellschaften feuchter und nasser Standorte der Schweiz (exklusive Hochmoorwälder und Auenwälder) nach der Vollzugshilfe Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen [1]. Nummerierung der Waldgesellschaften nach Ellenberg & Klötzli (1972) [99] bzw. Roter Liste der Lebensräume Schweiz [100] sowie Nummerierung des entsprechenden Verbands nach Delarze et al. (2015) [95]. Es ist zu beachten, dass einige Waldgesellschaften, welche im System von Ellenberg & Klötzli [99] nicht zu den Auenwäldern gezählt werden, im System Delarze [95] als solche bezeichnet werden. Beschreibungen basieren auf Anhang 2A und den Standortblättern von NaiS [101], der Liste Prioritärer Arten und Lebensräume der Schweiz [92], sowie, wo vorhanden, von kantonalen Beschreibungen der Waldstandorte. Rote Liste Lebensräume der Schweiz: CR = critically endangered/vom Aussterben bedroht, EN = endangered/stark gefährdet, VU = vulnerable/verletzlich, NT = near threatened/potenziell gefährdet, LC = least concern/nicht gefährdet. Besondere Verantwortung Schweiz für den internationalen Bestand: 0 = keine, 1 = gering, 2 = mittel, 3 = hoch, 4 = sehr hoch.

Waldgesellschaft - Verband (wissenschaftlich): System Ellenberg & Klötzli (1972) - System Delarze (2015)	Waldgesellschaft - Verband (deutsch): System Ellenberg & Klötzli (1972) - System Delarze (2015)	Standort	Merkmale Naturwald	Relevante Arten für Naturschutz	Status	Besondere Verantwortung CH
26 Aceri-Fraxinetum (Link Tree-App) - 6.1.4 Fraxinion	Ahorn-Eschenwald - Hartholz-Auenwald	Vorkommen: Kollin, submontan, montan. Tal- und Hangfusslagen. Boden: Vernässung mittel bis stark. Durchlässigkeit stark bis leicht gehemmt. Humus: Mull (feucht). Nassböden (Gley und Pseudogley), im Oberboden oft Übergänge zu Braunerde/Parendzina. Unterboden vernässt, Oberboden teilweise durchlüftet. Nährstoffreich. Neutral.	Hochstämmiger Eschenmischwald, mit viel Bergahorn, Bergulme, Spitzahorn. Zu nass für Buche. Üppige Krautschicht mit Moosen und Farnen, mit Hochstauden.	Seidelbast, Gewöhnliche Akelei, Aronstab, Maiglöckchen, Schwalbenwurz. Wertvoll für Schnecken und Amphibien.	LC	0
27 Carici remotae - Fraxinetum (Link Tree-App) - 6.1.4 Fraxinion	Seggen-Bacheschenwald - Hartholz- Auenwald	Vorkommen: Submontan, montan. Entlang Bächen oder an quelligen Hangstellen. Boden: Vernässung stark bis mittel. Durchlässigkeit leicht bis stark gehemmt. Humus: Mull (feucht), manchmal anmoorartig. Nassböden (Gleye), nass bis Oberfläche. Oft Kalktuffbildung Sauer - neutral.	Kleinflächige, eher offene Eschenbestände mit Schwarzerle und Bergahorn. Zu nass für Buche, keine Nadelhölzer. Üppige Krautschicht mit Winkel-Segge, Riesen-Schachtelhalm und Sumpf-Dotterblume.	Orchideen, Seidelbast, Gewöhnliche Akelei, Aronstab, Pfaffenhütchen, Magere Segge, Maiglöckchen, Schwalbenwurz, Geissbart. Wertvoll für Tagfalter, Amphibien.	EN	1

<p>27* Adenostylo-Alnetum incanae - 6.1.3 Alnion incanae</p>	<p>Hochstauden-Weisserlen- Ahornwald - Grauerlen-Auenwald</p>	<p>Vorkommen: Hochmontan, subalpin. Hänge und Tallagen, oft entlang wenig tief eingeschnittener Bäche auf tonhaltigen, basenreichen Unterlagen (Tonschiefer, Mergel oder Flysch), mit tiefgründigen Bodenrutschungen.</p> <p>Boden: Vernässung mittel bis stark, Entwässerung schwierig. Durchlässigkeit stark gehemmt. Humus Mull (feucht). Nassböden beeinflusst durch Stau-, Hang- oder Grundwasser. Stellenweise Regosol, Parendzina, Rendzina, Braunerde (alle vernässt). Meistens basen- und kalkreich.</p>	<p>Offene Bestände von Weisserle und Bergahorn, dazu Vogelbeere. Wo weniger vernässt auch einzelne Fichten und Tannen. Einzelbäume, Kleinkollektive und Rottenansätze. Keine Strauchschicht. Sehr üppige, artenreiche Hochstaudenflur.</p>	<p>Orchideen</p>	<p>EN</p>	<p>1</p>
<p>27**/27O Osmundo-Fraxinetum/ Osmundo-Alnetum - 6.1.4 Fraxinion</p>	<p>Königsfarn-Schwarzerlen-Eschenquellwald - Hartholz- Auenwald</p>	<p>Vorkommen: Kollin. An quelligen Stellen und entlang kleiner Bachläufe in wintermilden Lagen. Einfluss von fließendem Wasser. Häufig am Hang auf Moräne und Silikat.</p> <p>Boden: Vernässung stark bis mittel. Wasser bis zur Oberfläche. Durchlässigkeit leicht bis stark gehemmt. Hang- und Grundwasserspiegel oberflächennah. Humus Mull (feucht), manchmal anmoorartig. Braunerde, Regosol, oft Übergänge zu Nassböden. Oben versauert.</p>	<p>Wüchsige Bestände dominiert von Schwarzerle und Esche, dazu Kastanie, Bergahorn, Eibe, Stechpalme. Mit Efeu und Brombeerestrüpp. Üppige Krautschicht mit Feuchtezeigern. Stellenweise mit Königsfarn, Milzkraut, Rispensegge.</p>		<p>CR</p>	<p>0</p>

<p>44 Carici elongatae-Alnetum glutinosae (Link Tree-App) - 6.1.1 Alnion glutinosae</p>	<p>Schwarzerlen- Bruchwald - Erlen-Bruchwald</p>	<p>Vorkommen: Submontan, kollin. In flachen, staunassen Mulden. Boden: Nass, oft überschwemmt. Humus Anmoor mit Bruchwaldtorf. Gley. Basenreich.</p>	<p>Schwarzerlen-Sumpfwald mit einzelnen Eschen und Pionierbaumarten. Erlen teils mit Stelzwurzeln. Strauchschicht mit Faulbaum. Krautschicht lückig. Seggen-Bulten mit dazwischen anstehendem Wasser.</p>	<p>Sumpffarn, Blut-Weiderich, Gemeiner Gilbweiderich. Amphibien: Bergmolch, Fadenmolch, Erdkröte, Grasfrosch.</p>	<p>EN</p>	<p>0</p>
<p>46 Bazzanio-Abieti-Piceetum (Link Tree-App) - 6.6.1 Abieti-Piceion</p>	<p>Peitschenmoos- Tannen- Fichtenwald - Tannen- Fichtenwald</p>	<p>Vorkommen: Hoch- und obermontan. Meistens auf Plateaus und mässig geneigten Lagen. Auch steilere Hanglagen in höheren, niederschlagsreichen Lagen mit dichterem Untergrund. Boden: Vernässung mittel. Durchlässigkeit leicht bis stark gehemmt. Humus: Rohhumus und Moder. Nassgebleichte Nassböden beeinflusst durch Stauwasser (teils Hang- oder Grundwasser): Pseudogley, vernässte Braunerde oder Parabraunerde. Stark sauer.</p>	<p>Dominiert von Tanne und Fichte, obermontan mit Buche, mit Vogelbeere und Pionierbaumarten. Üppige Heidelbeerdecke und Moosdecke, Farne, teils mit Brombeere.</p>	<p>Viele Moose (selten Torfmoose), Schattenblume, Rippenfarn. Im ungestörten Zustand Lebensraum für Dreizehenspecht, Sperlingskauz, Alpenmeise. Wichtig für Auerhuhn.</p>	<p>LC</p>	<p>0</p>
<p>46* Vaccinio myrtillo-Abieti-Piceetum</p>	<p>Montaner Plateau-Tannen- Fichtenwald</p>	<p>Vorkommen: Hoch- und obermontan. Auf Plateaus und leicht bis mässig geneigten Lagen. Boden: Vernässung mittel bis stark. Durchlässigkeit stark gehemmt. Humus: Rohhumus, Moder (teils feuchte Ausprägungen), Torf. Nassgebleichte Nassböden beeinflusst durch Stauwasser (teils Hang- oder Grundwasser), vernässte Braunerde oder Parabraunerde. Sehr sauer.</p>	<p>Sehr ähnlich 46. Dominiert von Tanne und Fichte, mit Vogelbeere und Pionierbaumarten. Offener Bestände. Üppige Heidelbeerdecke. Dichte Mooschicht mit Torfmoosen.</p>	<p>Torfmoose. Im ungestörten Zustand Lebensraum für Dreizehenspecht, Sperlingskauz, Alpenmeise. Wichtig für Auerhuhn.</p>	<p>LC</p>	<p>2</p>

<p>49 Equiseto-Abieti-Piceetum - 6.6.1 Abieti-Piceion</p>	<p>Schachtelhalm- Tannen- Fichtenwald - Tannen- Fichtenwald</p>	<p>Vorkommen: Hoch- und obermontan. Auf sanft geneigten Hanglagen mit Mulden und Kuppen, in Quellbereichen oder an leicht fließendem Wasser.</p> <p>Boden: In Mulden: Vernässung stark. Durchlässigkeit stark gehemmt. Humus: Mull (feuchte Ausprägung), Anmoor, Moder, Rohhumus. Nassböden beeinflusst durch Hang-, Grund- oder Stauwasser. Auf Kuppen: Vernässung mittel. Durchlässigkeit leicht gehemmt (Kuppen). Vernässte Braunerde.</p>	<p>Dominiert von Tanne und Fichte, mit Vogelbeere und Pionierbaumarten. Lückige Bestände. Wenn basenreich auch Bergahorn, Weiss-erle, Esche. In Mulden kaum Nadelbäume. Wenig entwickelte Strauchschicht, gut entwickelte Krautschicht in Mulden mit Waldschachtelhalm, Sumpfdotterblume, Heidelbeere, Moosarten.</p>	<p>Grosse Vielfalt an Pflanzen und Moosen. Orchideen möglich. Lebensraum für Auerhuhn, Waldschnepe. Wertvoll für Amphibien.</p>	<p>LC</p>	<p>1</p>
<p>60 Adenostylo- Piceetum - 6.6.1 Abieti-Piceion</p>	<p>Subalpiner Alpendost- Fichtenwald - Tannen- Fichtenwald</p>	<p>Vorkommen: Subalpin. Mässig geneigte, schattige Hang - bis Muldenlagen. Siltig-tonig verwitterndes Ausgangsgestein. Meist feuchtes Lokalklima.</p> <p>Boden: Leichte Vernässung. Durchlässigkeit normal bis leicht gehemmt. Humus: Mull bis Moder (teils feuchte Ausprägung), auf Kuppen auch Rohhumus. Braunerde, Rendzina, Regosol, Ranker, alle teils vernässt.</p>	<p>Dominiert von Fichte, mit Vogelbeere, Grünerlen. Wenn basisch einzelne Bergahorne. Rottenstruktur. Kaum vorhandene Strauchschicht. Sehr üppige Hochstaudenflur mit Grauem Alpendost, Alpenmilchlattich. Erhöhte Kleinstandorte mit Heidelbeere.</p>	<p>Artenreiche Hochstaudenflur.</p>	<p>LC</p>	<p>3</p>
<p>46* Vaccinio myrtilli-Abieti-Piceetum</p>	<p>Montaner Plateau-Tannen- Fichtenwald</p>	<p>Vorkommen: Hoch- und obermontan. Auf Plateaus und leicht bis mässig geneigten Lagen.</p> <p>Boden: Vernässung mittel bis stark. Durchlässigkeit stark gehemmt. Humus: Rohhumus, Moder (teils feuchte Ausprägungen), Torf. Nassgebleichte Nassböden beeinflusst durch Stauwasser (teils Hang- oder Grundwasser), vernässte Braunerde oder Parabraunerde. Sehr sauer.</p>	<p>Sehr ähnlich 46. Dominiert von Tanne und Fichte, mit Vogelbeere und Pionierbaumarten. Offenere Bestände. Üppige Heidelbeerdecke. Dichte Mooschicht mit Torfmoosen.</p>	<p>Torfmoose. Im ungestörten Zustand Lebensraum für Dreizehenspecht, Sperlingskauz, Alpenmeise. Wichtig für Auerhuhn.</p>	<p>LC</p>	<p>2</p>

Mögliche Ausgangslagen

Abwägungen zum möglichen Aufwand und Nutzen einer Feuchtwald-Renaturierung sollten die Ausgangslage des Waldes und seiner Wasserzufuhr evaluieren und bei der Massnahmenplanung in Betracht ziehen:

- *Lebensraum wenig beeinträchtigt und naturnah* (leichte Veränderung der hydrologischen Verhältnisse wie Wasserverfügbarkeit und Nährstoffgehalt): Erhaltung hat Priorität. Optimierungsmassnahmen im Einzugsgebiet z. B. durch Ausweitung von Pufferzonen können mögliche schleichende Verschlechterungen des Zustands verhindern.
- *Lebensraum durch Entwässerung beeinträchtigt* (Drainagen durch Gräben oder Rohre, Wasserentnahmestellen): Ursachen der Beeinträchtigung sollten entfernt werden, um ursprünglichen Wasserstand wiederherzustellen und Renaturierungsprozesse zu ermöglichen. Viele Entwässerungen müssten in den kommenden Jahren erneuert werden. Dabei bietet es sich an, deren Nutzen zu überdenken und eine Entfernung zum Zweck der Wiederherstellung der ursprünglichen hydrologischen Bedingungen in Betracht zu ziehen.
- *Lebensraum durch Waldumbau beeinträchtigt* (Entwässerung und Veränderung des Naturwaldes durch nicht standorttypische Nadelhölzer): Neben der Wiederherstellung des ursprünglichen Wasserstand sollten diese Wälder auch von nicht standorttypischen Baumarten befreit werden, und eine Verjüngung mit standortgerechten Baumarten (möglichst natürlich) sollte gefördert werden. Die Lebensraumfunktion für Zielarten muss allenfalls mit speziellen Aufwertungsmassnahmen sichergestellt werden.

Mögliche Massnahmen für die Wiederherstellung und Pflege

Eine Auflistung möglicher Massnahmen zur Renaturierung und Pflege von Feuchtwäldern inklusive Einschätzung des Zeitaufwands und der Kosten findet sich in Tabelle 2.

Wasserbauliche Massnahmen: Für die Wiederherstellung der Feuchtwälder auf staunassen Standorten ist es entscheidend, die Entwässerungsstrukturen im Gebiet bis zum Erreichen des Zielwasserpegels für die jeweilige Waldgesellschaft zu verschliessen. Dies ist umso effektiver, je flacher das Gelände ist. Im flachen Gelände kann mit einem einzigen Damm in einem Entwässerungsgraben für ein grosses Gebiet die Wirkung der Entwässerung aufgehoben werden.

In Hanglagen müssen Entwässerungsgräben mit grösserem Aufwand blockiert werden, um den Zielwasserpegel entlang der gesamten Steigung zu gewährleisten. Beim Einbau von Dämmen, die nur aus verdichtetem Bodenmaterial bestehen, kommt es in Hanglagen leicht zu Unterspülungen durch Erosionsprozesse, die den Damm unterirdisch und damit für den Betrachter unsichtbar, nutzlos machen. Daher braucht es für den Einstau von Entwässerungsgräben in Hanglagen Kaskaden von Barrieren, die gut im Grabenbett verankert und mit Erde bedeckt werden sollten, bevor zusätzlich die Grabenabschnitte zwischen ihnen aufgefüllt werden [102], [103].

Die Entwässerung durch unterirdische Rohre kann in flachem Gelände meist durch eine stellenweise Zerstörung und Verstopfung des Rohres verhindert werden [102]–[104]. Dazu wird das Rohr an einer oder mehreren Stellen freigelegt und mit Maschineneinsatz über mehrere Meter aufgebrochen und entfernt. Daraufhin werden die entstandenen Rohrenden an beiden Seiten blockiert, sodass keine Wasserleitung mehr stattfinden kann. Eine Entfernung des Rohres auf seiner Gesamtlänge ist damit nicht notwendig.

Waldgesellschaften entlang von Bachufern können durch eine Renaturierung dieser Bäche aufgewertet werden. Dafür sollten Verbauungen des Ufers und der Gewässersohle entfernt werden, damit sich eine natürliche Gewässerdynamik und ein Austausch zwischen terrestrischen und aquatischen Lebensräumen entwickeln kann. Nach Möglichkeit sollte auch Totholz im Gewässer und am Ufer zugelassen werden. Massnahmen zur Renaturierung fliessender Kleingewässer werden gesondert behandelt im Kapitel 3.8 Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme. Die Renaturierung von Quellen und Quell-Le-

bensräumen wird beschrieben im Kapitel 3.7 Wiederherstellung von Quell-Lebensräumen. Feuchte und nasse Waldgesellschaften enthalten meist von Natur aus stehende Kleingewässer, die als wichtiger Lebensraum für Amphibien und aquatische Insekten dienen. Bei einer Wiederherstellung der Feuchtwälder sollten Kleingewässer entsprechend angelegt und gepflegt werden. Das Anlegen von Kleingewässern wird besprochen im Kapitel 3.8 Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme.

Waldbauliche Massnahmen: Im Naturwald feuchter Standorte der unteren Höhenlagen ist die Esche eine Hauptbaumart. Das Eschentriebsterben ist darum ein besonders schwerwiegender Faktor, der die Naturverjüngung der Esche in wiederhergestellten Feuchtwäldern erschwert und entlang von Wegen für Sicherheitsprobleme sorgen kann. Die Förderung oder das Einbringen von Ersatzbaumarten kann an solchen Standorten nötig sein. Dazu eignen sich je nach Waldgesellschaft standortgemässe Baumarten wie Zitter- oder Schwarzpappel, verschiedene Weidenarten, Birken, Schwarz- oder Grauerle, Berg- oder Spitzahorn und Traubenkirsche. Empfehlungen für die Förderung zukunftsgeeigneter Baumarten gibt es für einige Waldgesellschaften vom Forschungsprogramm Wald und Klimawandel (www.tree-app.ch), die jeweiligen Links finden sich in Tabelle 1.

In den Tannen-Fichtenwäldern, die potenzielle Lebensräume für Raufusshühner (insbesondere Auerhühner) sind, können spezielle Massnahmen zu deren Förderung ergriffen werden. Ziel sollte dabei eine hohe Deckung an Nahrungspflanzen wie Heidelbeeren, Heidekraut, Himbeeren oder auch Wollgräsern und Kräutern sein. Diese Art der Vegetation profitiert von der Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushalts und kann durch eine Auflichtung des Waldes beschleunigt werden. Zusätzlich wichtig sind Bäume mit tiefen, kräftigen und waagerechten Ästen, die als Sitz-, Schlaf- oder Balzgelegenheit dienen. Auf forstwirtschaftliche Eingriffe sollte während der Brutzeit zwischen April und Juli verzichtet werden, um Störungen zu vermeiden. Eine Vernetzung mit ähnlichen Lebensräumen ist wichtig, um die benötigte Lebensraumgrösse sicherzustellen [105].

Pflegemassnahmen: Wenn die in Tabelle 1 beschriebenen Waldgesellschaften nahe an ihrer Naturwaldausprägung sind, erfordern sie kaum Pflegemassnahmen. Je nach Ausgangszustand und ergriffenen Massnahmen können aber Einsätze zur Neophytenbekämpfung oder Kleingewässerpflege notwendig sein, um die Entwicklung des Lebensraums und das Vorkommen von Zielarten zu fördern. Ausserdem empfiehlt es sich, die Funktion der Dämme und der Verfüllungen der Entwässerungsgräben und -rohre in den ersten Jahren zu kontrollieren. Wenn der Wasserstau nicht wie geplant stattfindet, müssen weitere Massnahmen zur Anpassung der Blockaden ergriffen werden.

Tabelle 2

Mögliche Umsetzungsmassnahmen für die Wiederherstellung von feuchten und nassen Wäldern. Die Angaben zu Zeitaufwand und Kosten der Massnahmen basieren auf Einschätzungen von Fachleuten. Zeitaufwand: sehr kurz (<1 Tag), kurz (einige Tage), mittel (Wochen - Monate), lang (wenige Jahre), sehr lang (viele Jahre). Kosten: Einschätzung von Einzelmassnahmen relativ zu anderen möglichen Massnahmen innerhalb eines Projektes zwischen gering (kleiner Posten im Gesamtbudget), mittel (mittlerer Posten im Gesamtbudget), hoch (signifikanter Posten im Gesamtbudget).

Massnahme	Details	Zeitaufwand	Kosten (Einschätzung)
Wasserbauliche Massnahmen			
Auffüllen von Entwässerungsgräben (Komplettverfüllung)	Idealerweise mit autochtonem Material, kann je nach Materialverfügbarkeit auch ergänzt werden. Die Komplettverfüllung bietet sich v.a. in Hanglagen von >1-2 % an.	gering - mittel	mittel - hoch (je nach Zugänglichkeit).
Erstellen von Dämmen in Entwässerungsgräben	Entwässerungsgraben können durch Dämme verschiedener Art verschlossen werden. Je flacher das Gelände des Projektgebietes ist, desto weniger Dämme werden zur Anhebung des Grundwasserspiegels benötigt. In Hanglagen sind Kaskaden von Dämmen nötig, um den Grundwasserspiegel über die gesamte Steigung anzuheben. Dämme können mit verschiedenen Materialien und Methoden errichtet werden.	mittel (Spundwände)	hoch (Spundwände)
Entfernen oder Blockieren von Entwässerungsrohren	Rohrleitungen müssen in ebenem bis schwach geneigtem Gelände nicht komplett entfernt werden. Hier genügt es, Rohre abschnittsweise zu entfernen und die Öffnungen an beiden Seiten z. B. mit Holz und verdichteter Erde oder Rohrkappe zu blockieren. Ab einer Geländeneigung von 1-2 Grad sollten Entwässerungsrohre komplett entfernt werden. Maschineneinsatz generell nötig, es ist möglichst auf den Schutz des umliegenden Bodens zu achten.	mittel	mittel - hoch
Eindämmen von Fließgewässern durch Biber	Fließgewässer im Wald können von Bibern angestaut werden. In diesem Fall sind keine weiteren Massnahmen notwendig, ausser möglicherweise im Zusammenhang mit der Einrichtung eines Sonderwaldreservates oder Konfliktvermeidung (Kapitel 3.9 Vernässung von Wäldern durch Aktivitäten des Bibers).	keine - gering (ausser Einrichtung von Sonderwaldreservat)	keine
Aufwertung und Renaturierung von Waldbächen	Kapitel 3.8 Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme	mittel	mittel - hoch
Anlegen von Kleingewässern	Kapitel 3.8 Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme	kurz - mittel (bestehende Lehmschicht vs. Einbringen von Dichtungsmaterial)	mittel
Waldbauliche Massnahmen			
Etablieren standorttypischer Arten	Wenn möglich durch Naturverjüngung zu erreichen. Gezielte Förderung zukunftsfähiger Arten eventuell nötig, da typische Arten der feuchten Wälder von Krankheiten betroffen sind (z. B. Eschen, Ulmen).	gering - lang (abhängig von Ausgangszustand)	mittel (je nach Verbiss und Konkurrenzauwuchs)
Entfernen nicht standortgerechter Baumarten	Nadelbäume (speziell Fichten) entziehen dem Boden besonders viel Wasser und sollten in den Gesellschaften der tieferen Lagen entfernt oder im Bestockungsgrad reduziert werden, um der Zielwaldgesellschaft zu entsprechen.	meist einmalig	gering

Förderung lichter Strukturen	Lichte Flächen entlang von Bachufern oder Kleingewässern erhöhen deren Wert für typische Bewohner wie Amphibien und Insekten und bieten Lebensraum für Arten wie Reptilien. Gezieltes Auflichten unterstützt diesen Effekt.	gering - mittel	mittel
Förderung Alt- und Totholz	Durch hohe Wasserspiegel absterbende Bäume sollten als Habitatbäume stehen gelassen werden. Alte Bäume nicht entnehmen. Kapitel 3.8 Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme	gering	gering
Entfernung Neophyten	Invasive Neophyten sollten aus dem Projektgebiet entfernt werden.	mittel - lang (japanischer Staudenknöterich)	mittel - hoch (z. B. japanischer Staudenknöterich)
Anlegen von Kleinstrukturen	Kapitel 3.8 Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme	kurz - mittel	gering - mittel
Pflegemassnahmen			
Funktionskontrolle Dämme	Dämme in Entwässerungsgräben sollten auf ihre Funktion kontrolliert und wenn nötig verstärkt, gewartet oder verlegt werden, um ihre Wirkung sicherzustellen.	gering - mittel	gering - mittel
Entfernung Neophyten	Invasive Neophyten sollten im Rahmen von Erfolgskontrollen lokalisiert und aus dem Projektgebiet entfernt werden.	lang - sehr lang (japanischer Staudenknöterich)	mittel - hoch (z. B. japanischer Staudenknöterich)

Erwartbarer Projektverlauf

Der Projektverlauf einer Wiederherstellung eines feuchten oder nassen Waldes hängt grundsätzlich davon ab, wie weit der Ist-Zustand des Projektgebietes vom Zielzustand entfernt ist. Ist die gewünschte Waldgesellschaft noch grösstenteils vorhanden und soll sie durch die Wiedervernässungsmassnahmen lediglich erhalten werden, ist die Projektlaufzeit deutlich kürzer als bei einer Waldgesellschaft, die durch Entwässerung in der Vergangenheit massgeblich verändert wurde. In diesem Fall sind zusätzlich zur Sanierung der hydrologischen Verhältnisse deutlich mehr waldbauliche und möglicherweise Pflegemassnahmen nötig, die eine entsprechend längere Projektdauer bedingen.

Wiedervernässung: Durch wasserbauliche Massnahmen lässt sich der Grundwasserspiegel wieder anheben. Im besten Fall können so die hydrologischen Bedingungen ähnlich der ursprünglichen wiederhergestellt werden. Allerdings sind die Effekte der Wiederherstellung oft nicht gleich gross wie die der Entwässerung. Insbesondere entwässern Drainagegräben randlich ein grösseres Gebiet, als das spätere Blockieren der Gräben wieder vernässt [106]. Dies liegt vermutlich an der Verdichtung des Bodens nach einer Drainage, wodurch die Durchlässigkeit für Wasser langfristig reduziert wird. Die Wiedervernässung eines Lebensraums lässt sich mit den geeigneten Massnahmen innerhalb weniger Jahre erreichen (Abbildung 4).

Renaturierung: Eine dauerhafte Erhöhung des Grundwasserspiegels führt zum Absterben von Baumarten wie Buchen und schafft so Raum für feuchtigkeitsliebende Baumarten wie Schwarzerle, Esche, Pappeln, Birken und Stieleichen [107]. Die dadurch entstehenden lichten Wälder und das hohe Vorkommen an Totholz begünstigen eine hohe Biodiversität [108]. Selbst Charakterarten feuchter Wälder wie die Schwarzerle können aber absterben, wenn der Wasserspiegel zu schnell angehoben wird oder so hoch wird, dass die Wurzeln permanent im Wasser stehen [109], [110]. Dies ist vor allem der Fall, wenn Bäume nicht auf nassen Böden gekeimt und sich entwickelt haben und deren Wurzelsystem somit nicht an nasse Bedingungen angepasst ist [108], [111]. Die Entstehung natürlicher, sich selbst erhaltender Waldgesellschaften kann bis zu einigen Jahrzehnten dauern (Abbildung 4). Die Ansiedlung und Entwicklung stabiler Populationen der Zielarten hängt von deren Ausbreitungsfähigkeit und Generationszeit sowie der Vernetzung des Projektgebiets mit ähnlichen Lebensräumen ab.

Regeneration: Sind die hydrologischen Verhältnisse feuchter und nasser Wälder wiederhergestellt und hat sich eine naturnahe Waldgesellschaft etabliert, stellen sich auch die Ökosystemfunktionen wieder ein. Wichtige Funktionen sind dabei vor allem die Wasserrückhaltung und -speicherung, die Kohlenstoffspeicherung durch die Anreicherung von organischem Material und Totholz sowie die Funktion als Lebensraum. Die Effekte der Renaturierung sind innerhalb weniger Jahre bis Jahrzehnte zu erwarten (Abbildung 4).



Abbildung 4
Verlauf einer Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder mit erwartbarer Dauer der einzelnen Phasen. Grafik: Eigene Darstellung

Mögliche Nutzungsformen

Schutzgebiete: Für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität ist die Ausscheidung feuchter und nasser Wälder als Waldreservate zu bevorzugen. Da für die Wiederherstellung beeinträchtigter Lebensräume allenfalls Einsätze zur Auflichtung und Pflege nötig sind, bietet sich dabei die Einrichtung von Sonderwaldreservaten an.

Forstwirtschaft: Einige Gesellschaften der feuchten und nassen Wälder eignen sich für eine extensive forstwirtschaftliche Nutzung, da bestimmte Arten als Wertholz gelten, z. B. Schwarzerlen und Birken [110], [112]. Beide Arten haben eine hohe natürliche Toleranz gegenüber durchnässten Böden [113]. Das Dickenwachstum der Schwarzerle kann allerdings unter langfristig nassen Bedingungen leiden und ist unter trockeneren Bedingungen generell höher [111], [114], [115]. Das Holz der Traubenkirsche eignet sich als Energieholz [113]. In den in Tabelle 1 beschriebenen Waldgesellschaften ist das Befahren des Bodens generell nicht oder kaum möglich. Es besteht ein hohes Verdichtungsrisiko der Böden bei Maschineneinsatz. Alternativen sind die Bewirtschaftung mit Seilkränen oder Rückepferden.

Erholung: Feuchtwälder können auch der Erholung dienen, da ihre strukturreichen Lebensräume mit viel Lichteinfall, abwechslungsreicher Vegetation und allenfalls vorhandenen Tümpeln und Weihern als besonders attraktiv wahrgenommen werden. Von der Erschließung dieser Gebiete mit Wegen und allenfalls weiterer Elemente wie Sitzbänke oder Stegen profitiert die Öffentlichkeit. Mit Informationstafeln zum Lebensraum und der entsprechenden Biodiversität kann zur Umweltbildung und Wertschätzung der wertvollen Lebensräume beigetragen werden. Eine Wartung der Infrastruktur ist in diesem Fall notwendig und muss sichergestellt werden. Falls der renaturierte Feuchtwald Lebensraum für störungsempfindliche Arten wie das Auerhuhn ist, sollten Massnahmen zur Besucher:innenlenkung ergriffen werden, um Störungen zu minimieren.

Fallbeispiel: Waldweiher Vogelmoos im Sonderwaldreservat Neudorf

Beitrag: Rico Hergert, Kanton Luzern

Steckbrief:

- Wald rund um ein Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung
- Ziellebensraum: Waldweiher für Amphibie
- Fläche: Waldreservat Neudorf 184 ha, Vogelmoos 8.5 ha, Etappe 2023: 1.2 ha
- Dauer: verschiedene Etappen 2011 – 2023
- Kosten: letzte Etappe 2023 30'000 Fr. für Weiherbau
- Projektverantwortung: Abteilung Wald Kanton Luzern, Rico Hergert und Viktoria Malcherek
- Link: Stiftung Pro Vogelmoos als Waldeigentümerin <https://vogelmoos.ch/>



Abbildung 5

Waldweiher im Vogelmoos. Foto: Kanton Luzern

Ausgangslage: Sonderwaldreservat Neudorf zur Förderung feuchter Wälder. Wald auf lehmigen Böden rund um bestehendes Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung im Besitz einer Naturschutzorganisation.

Projektziele: Förderung des Lebensraums von Amphibien und Reptilien mit verschiedenen Weihertypen, Stauung eines Entwässerungsgrabens und Vernässung eines Waldteils.

Massnahmen Umsetzung: Weiherfläche ausholzen, Waldrandaufwertung für Licht auf Weiher, Weiher ausbaggern (max. Tiefe 1.5m, flache Ufer, andrücken des Lehms als natürliche Abdichtung, Überlauf in bestehenden Graben), gewisse Dämme mit Spundwänden verstärken, ergänzende Pflanzungen mit Weichhölzern.

Massnahmen Pflege: Pflege nach Bedarf. Offenhalten des Uferbereichs, Dämme nachbessern.

Tabelle F.1

Kosten des Projekts während der letzten Etappe der Umsetzung 2023 und für die Pflege inklusive jeweiliger Kostenträger.

Massnahme (Umsetzung und Pflege)	Kosten	Kostenträger
Bauliche Massnahmen	30'000 Fr. Bauunternehmer	Finanziert durch die Abteilung Wald Fachbereich Wald-biodiversität des Kantons Luzern mit Bundesbeiträgen aus der Programmvereinbarung
Waldbauliche Massnahmen	5000 Fr	
Kompensationen	Einmalig 1500 Fr.	
Pflege	Sonderwaldreservat, Pflege nach Bedarf	

Erfolge: Weiher haben sich schnell mit Wasser gefüllt. Die Besiedlung durch Amphibien erfolgte rasch, da grosse Vorkommen in der Umgebung bestehen. Waldbäume stehen teilweise im Wasser, Effekte stellen sich langsam ein.

Schwierigkeiten: 1) Finden der genauen Weiherstandorte: Ein Terrainmodell hilft. Fachleute haben auf Standorte von seltenen Pflanzen hingewiesen, die erhalten bleiben sollten. 2) Wie genau und wo müssen Dämme verstärkt werden: Tiefsten Punkt während Bau ermitteln, "Trial und Error" Prinzip. System nach Starkniederschlägen überprüfen und teilweise nachbessern. 3) Vermitteln der Massnahmen im Privatwald: Direkt auf die einzelnen Waldeigentümer:innen zugehen und ihre Bedenken und Anliegen abholen, informieren über den aktuellen Stand der Arbeiten.

Was wurde aus diesem Projekt gelernt? Bei bestehenden Weihern in der Umgebung werden die neuen Weiher sehr schnell von Amphibien angenommen. Es müssen nicht immer eigentliche Weiher sein; auch die Aufstauung eines Grabens ergibt eine Wasserfläche.

3.5. Wiederherstellung von Moorwäldern

Zu den Moorwäldern zählen hier Hochmoorwälder, aber auch nasse und feuchte Wälder in der Umgebung von Flachmooren. Feuchte und nasse Wälder entstehen oft im Randbereich von renaturierten Hoch- und Flachmooren. 90 % der Hochmoore und 80 % der Flachmoore der Schweiz sind zumindest teilweise von Wald umgeben [116]. In diesem Kapitel werden einerseits die Hochmoorwälder dargestellt und andererseits die Wälder rund um Flachmoore (insbesondere Waldgesellschaft Nr. 44 *Carici elongatae-Alnetum glutinosae*, Schwarzerlen-Bruchwald). Die Wälder im Umfeld von Flachmooren entsprechen weitgehend den bereits in Kapitel 3.4 beschriebenen Waldtypen. In diesem Kapitel wird vor allem auf Massnahmen zur Wiederherstellung und Pflege von Hochmoorwäldern eingegangen. Wo relevant werden aber auch Massnahmen für feuchte und nasse Wälder rund um Flachmoore beschrieben, wie sie etwa bei Flachmoor-Renaturierungen entstehen.



Abbildung 6

Torfmoos-Bergföhrenwald (*Sphagno-Pinetum montanae*) auf dem Glaubenberg (Siterenmoos) in Sarnen. Foto: Markus Bolliger, BAFU

Moore und Moorwälder

Moore sind aus ökologischer und biologischer Sicht besondere und wertvolle Lebensräume. Charakteristisch für sie sind hohe Wasserstände und Torfböden mit hohem Anteil an organischem Material [117] [118]. Moore können unterteilt werden in Hochmoore, Übergangsmoore und Flachmoore. Hochmoore sind vom Grundwasser weitgehend isoliert und werden durch Niederschlag gespeist. Übergangsmoore oder Zwischenmoore befinden sich in der Nachbarschaft von Hochmooren, in Bereichen, in denen sich das Wasser der Hochmoore mit mineralstoffreicherem Grund- oder Quellwasser aus der Umgebung mischt. Flachmoore speisen sich auch aus Grund-, Quell- oder Sickerwasser. Sie sind nährstoffreicher und unterliegen teilweise grösseren Schwankungen des Wasserstands [118]. Die verschiedenen Moortypen können ineinander übergehen und einen Moorkomplex bilden, in dem sich die hydrologischen Prozesse gegenseitig beeinflussen.

Hochmoorwälder sind Wälder, die auf dem feucht-nassen, nährstoffarmen und sauren Torfsubstrat am Rand von Hochmooren wachsen [119]. Die Waldgesellschaften der Hochmoorwälder sind in Tabelle 3 aufgeführt. Spezialisierte Arten der Hochmoorwälder sind besonders wertvoll. Dazu gehören neben der speziellen Hochmoorvegetation inklusive Torfmoosen und besonderen Baumarten wie Moorbirken und Bergföhren auch Raufusshühner (Auerhuhn, Birkhuhn, Haselhuhn), Reptilien (Ringelnatter, Kreuzotter) und Insekten.

Hoch-, Übergangs- und Flachmoore mitsamt den Hochmoorwäldern sind in der Schweiz seit der Rothen-thurm-Initiative von 1987 streng geschützt. Alle Moore von nationaler Bedeutung müssen gemäss Verfassung ungeschmälert erhalten werden [120]. Trotz dieses gesetzlichen Schutzes leiden viele Moore nach wie vor unter Austrocknung [121], was zu einer Veränderung der mit ihnen verbundenen Waldgesellschaften führt, meist in Richtung Fichtenwald. Gründe für die Austrocknung sind zum einen die noch existierenden Entwässerungen der Moore, zum anderen Veränderungen der Hydrologie im Einzugsgebiet der Moore. Auf entwässerten Mooren wurden oft Nadelhölzer gepflanzt, die den Moorböden viel Wasser entziehen [122]. Trocknet ein Moor aus, findet keine neue Torfbildung mehr statt. Die Zersetzung des Torfs führt zur Freisetzung von CO₂, wodurch das Moor statt als Kohlenstoffs Senke als Kohlenstoffquelle wirkt. Weitere Faktoren, die zu einer Verringerung der Moorfläche und -qualität beitragen, sind übermässige Nährstoffversorgung und zunehmende Verbuschung [123].

Tabelle 3

Hochmoorwälder der Schweiz nach der Vollzugshilfe Biodiversität im Wald [1]. Nummerierung der Waldgesellschaften nach Ellenberg & Klötzli (1972) [99] bzw. Roter Liste der Lebensräume der Schweiz [100] sowie des zugehörigen vegetationskundlichen Verbands nach Delarze et al. 2015 [95]. Beschreibungen basieren auf Anhang 2A und den Standortblättern NaiS [101], der Liste Prioritärer Arten und Lebensräume [92], sowie - wo vorhanden - kantonalen Beschreibungen der Waldstandorte. Rote Liste der Lebensräume der Schweiz [100]: CR = critically endangered/vom Aussterben bedroht, EN = endangered/stark gefährdet, VU = vulnerable/verletzlich, NT = near threatened/potenziell gefährdet, LC = least concern/nicht gefährdet. Besondere Verantwortung Schweiz für den internationalen Bestand: 0 = keine, 1 = gering, 2 = mittel, 3 = hoch, 4 = sehr hoch.

Waldgesellschaft- Verband (wissen- schaftlich): System Ellenberg & Klötzli (1972) - System Delarze (2015)	Waldgesellschaft - Verband (deutsch): System Ellenberg & Klötzli (1972) - System Delarze (2015)	Standort	Merkmale Naturwald	Relevante Arten für Naturschutz	Status	Besondere Verantwortung CH
45 Pino-Betuletum pubescentis (Link Tree-App) - 6.5.1 Betulion	Föhren- Birkenbruchwald - Hochmoor- Birkenwald	Vorkommen: Unter- und submontan. Flache Lagen. In Hochmoor- gebieten. Boden: Dauernd nass, oberflächlich zeitweise austrocknend. Humus: Torf, umfasst den gesamten	Lichter Sumpfwald mit Birken und Föhren, einzelnen Fichten, Pionierbaumarten. Faulbaum als Haupt- strauch. Krautige und moosreiche Vegeta- tion mit charakteristi- schen Torfmoosen und Pfeifengras.	Torfmoose, Moorbirke, Heidekraut, Sonnentau. Wertvoll für Insekten, Falter.	EN	0
56 Sphagno- Picee- tum - 6.5.3 Sphagno- Pi- ceetum	Torfmoos- Fichtenwald - Hochmoor- Fich- tenwald	Vorkommen: Ober- und hochmontan. Flache Lagen am Über- gang zu Moorgebieten. Stark stauender mine- ralischer Untergrund. Boden: Bis zur Ober- fläche stark vernässt. Undurchlässig bis über- mässig durchlässig. Humus: Torf, bei Be- weidung Rohhumus (feuchte Ausprägung), Anmoor. Organische Nassböden beeinflusst durch Stau-, Hang oder Grundwasser, stellen- weise nassgebleicht.	Fichtenwald mit ein- zelnen Bergföhren, Moorbirken, Vogel- beere; stellenweise schlechtwüchsige Tannen. Wenig entwi- ckelte Strauchschicht. Krautschicht mit Hei- delbeere, Preiselbee- re. Stark entwickelte Mooschicht mit Torfmoosen.	Torfmoose, Scheidiges Wollgras, weitere Moor- pflanzen. Wertvoll für Auerhuhn, Birkhuhn, Waldschnepfe.	NT	0

<p>71 Sphagno- Pinetum montanae - 6.5.2 Ledo-Pinion</p>	<p>Torfmoos- Bergföhrenwald - Hochmoor- Bergföhrenwald</p>	<p>Vorkommen: Obermontan bis subalpin. Flache Lagen. Hochmoor- oder hochmoorartiger Standort.</p> <p>Boden: Dauernd wassergesättigt. Übermässig durchlässig. Humus: Torf, organischer Boden.</p>	<p>Lockerer, schlecht wüchsiger Bergföhrenwald mit Legföhren und aufrechte Bergföhren im Hochmoor, Pionierbaumarten. Strauchschicht wenig entwickelt. Krautschicht mit Heidelbeere, Preiselbeere, Rauschbeere. Stark entwickelte Mooschicht mit Torfmoosen.</p>	<p>Hochmoorstandort mit vielen seltenen und geschützten Arten. Wertvoll für Auerhuhn, Birkhuhn, Kreuzotter.</p>	<p>VU</p>	<p>2</p>
-----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------	----------

Mögliche Ausgangslagen

Wurde in einem Moor intensiv Torf abgebaut, ist es oft sehr schwierig, die ursprünglichen Bedingungen vollständig wiederherzustellen. Dennoch bestehen Chancen auf eine erfolgreiche Renaturierung, solange noch Torf vorhanden ist und typische Moorarten vorkommen – allerdings erfordert dies viel Geduld. Grundsätzlich gilt: Je weniger das Moorsystem gestört wurde, desto günstiger sind die Voraussetzungen für eine Wiedervernässung und Renaturierung. Das Vorkommen naturnaher Bereiche mit torfbildender Vegetation innerhalb des Moores erhöht die Erfolgsaussichten. Moorwälder sind oft in einer besseren Ausgangslage für eine Renaturierung als Moore im Offenland. Das liegt an ihrer oft abgelegenen Lage und damit weniger intensiven Entwässerung aufgrund geringerer wirtschaftlicher Interessen [124]. Eine gute Kenntnis der hydrologischen Verhältnisse inklusive Entwässerungsstrukturen hilft bei der Planung der Massnahmen zur Wiederherstellung von Moorwäldern.

Abwägungen zum möglichen Aufwand und Nutzen einer Moorwald-Renaturierung:

- *Moorwald wenig beeinträchtigt und naturnah* (leichte Veränderung der hydrologischen Verhältnisse wie Wasserverfügbarkeit und Nährstoffgehalt): Erhalt hat Priorität. Optimierungsmassnahmen im Einzugsgebiet z. B. durch Ausweitung der hydrologischen und Nährstoffpufferzonen können mögliche schlechende Verschlechterungen des Zustands verhindern.
- *Moorwald durch Torfabbau beeinträchtigt* (mehr oder weniger starker Abbau des Torfkörpers, normalerweise durch Entwässerung): ursprünglicher Zustand nur sehr langfristig wiederherstellbar. Eine Renaturierung kann trotzdem sinnvoll sein.
- *Moorwald durch Entwässerung beeinträchtigt* (Entwässerung durch Gräben, Rohre, Wasserentnahmestellen). Entwässerungen sollten rückgängig gemacht werden, um ursprünglichen Wasserstand wiederherzustellen und Renaturierungsprozesse zu ermöglichen.
- *Moorwald durch Waldumbau beeinträchtigt* (Entwässerung und Veränderung des Naturwaldes durch nicht standorttypische Nadelhölzer): Moorwälder sollten von standortfremden Baumarten befreit und eine Verjüngung mit standortgerechten Baumarten (möglichst natürlich) gefördert werden.
- *Moorwald durch Nährstoffeintrag beeinträchtigt* (v. a. durch intensive Landwirtschaft im Einzugsgebiet): Nährstoffeintrag aus Landwirtschaft oder von Weidetieren durch Einrichtung von Nährstoff-Pufferzonen verhindern oder reduzieren.

Mögliche Massnahmen für die Wiederherstellung und Pflege

Eine Auflistung möglicher Massnahmen zur Renaturierung und Pflege von Moorwäldern inklusive Einschätzung des Zeitaufwands und der Kosten findet sich in Tabelle 4.

Wasserbauliche Massnahmen: Wichtigste Massnahme für die Wiederherstellung von Mooren und Moorwäldern ist das Wiederherstellen des ursprünglichen Wasserstandes. Das Anheben des Wasserstandes wird primär erreicht durch das Blockieren der Entwässerungsgräben (Auffüllen oder Errichten von Dämmen mit unterschiedlichen Materialien). Der Wasserstand, der durch das Auffüllen oder Einstauen von Entwässerungsgräben erreicht wird, sollte im Mittel der Sommermonate 0 - 10 cm unter der Oberfläche und als Tiefstwasserstand 20 cm unter der Oberfläche betragen, um Torfwachstum zu ermöglichen [124]. Bei zu niedrigen Wasserständen kann keine Torfbildung stattfinden und das Moor bleibt eine Kohlenstoffquelle. Für die Planung der Auffüllung oder Eindämmung von Entwässerungsgräben bis zum gewünschten Zielwasserstand können digitale Oberflächenmodelle herangezogen werden (z. B. [125], [126]). Das Auffüllen von Entwässerungsgräben ist die effektivste Methode, um den Wasserstand anzuheben (insbesondere in Hanglagen mit Steigungen $>1 - 2\%$), allerdings ist das Eindämmen von Entwässerungsgräben weniger material- und zeitintensiv ([103], [127]) und

vor allem in ebener Lage ebenfalls effektiv. Durch das Eindämmen von Entwässerungsgräben entstehen neue aquatische Habitate, die zwar vielen Organismen als Lebensraum dienen können, aber nicht unbedingt mit natürlichen Moortümpeln vergleichbar sind [128]–[130]. Grössere und dauerhafte Wasserflächen emittieren allerdings klimaaktives Methan.

Falls bei der Renaturierung von Mooren bzw. Moorwäldern ein Oberbodenabtrag geplant wird, kann das Material dafür verwendet werden, Entwässerungsgräben aufzufüllen [104], [131], [132]. Oberbodenabtrag eignet sich, um den Nährstoffaustrag aus degradierten Torfschichten zu reduzieren [132] und Samenbanken nicht standortgerechter Vegetation zu entfernen. Für den Moorschutz inklusive der Moorwälder ist es essenziell, hydrologische Pufferzonen und Nährstoffpufferzonen um das Moorsystem herum einzurichten, die über die Methoden “espace marais” (hydrologische Pufferzonen, [133]), sowie den Pufferzonenschlüssel 1997 (Nährstoffpufferzonen, [134]) bestimmt werden können.

Waldbauliche Massnahmen: Für Moorwälder gelten spezifische Schutzziele [135]. So dürfen für die Waldverjüngung, die wann immer möglich natürlich erfolgen soll, ausschliesslich standorttypische Baumarten verwendet werden. Die Entfernung nicht standortgerechter Nadelgehölze (v.a. Fichten) führt zu einer geringeren Verdunstung und einer höheren Versickerung von Niederschlag. Dadurch kommt es zu höheren Wasserständen im Moorwald und damit zu besseren Bedingungen für die Renaturierung und Regeneration. Waldränder von Moorwäldern sollten strukturreich und mit standorttypischen Arten bestockt sein, da sie wertvolle Habitate für eine Reihe möglicher Zielarten darstellen und die Vernetzung von Lebensräumen sicherstellen.

Pflegemassnahmen: Intakte Moorwälder benötigen keine Pflegemassnahmen. Da viele Hochmoorwälder und mit Flachmooren verbundene Wälder jedoch durch frühere Nutzungen, insbesondere durch Torfabbau gestört sind, sind Aufwertungsmassnahmen erforderlich. Solange der Wasserstand noch nicht ausreichend angehoben und die Nährstoffverfügbarkeit noch zu hoch ist, ist die Verhinderung der Verbuschung von Hand oder durch Maschineneinsatz nötig. Weidetiere sollten in Hochmoorwäldern nicht eingesetzt werden, da diese besonders empfindlich gegenüber Trittschäden und Nährstoffeintrag sind. Auch Einsätze zur Bekämpfung von Neophyten können nötig sein, da bei der Renaturierung entstandener Offenboden von diesen schnell besiedelt werden kann und die Ansiedlung standorttypischer Vegetation behindert wird. Allerdings ist das Vorkommen von Neophyten in den Mooren und Moorwäldern der Schweiz vergleichsweise gering [123].

Weitere Informationen: Zur Regeneration von Hochmooren, aber auch von Flachmooren, gibt es eine ausführliche Vollzugshilfe [136]. Das Handbuch Moorschutz in der Schweiz [118] und viele weitere Unterlagen (<https://www.biodivers.ch/de/index.php/Feuchtgebiete#Renaturierungen>) sind ebenfalls hilfreich. Im Rahmen der Ramsar-Konvention (Übereinkommen über Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel) wurde der Leitfaden “Global guidelines for peatland rewetting and restoration” veröffentlicht [103]. In Deutschland wurden Massnahmen und Erfolge von fast 20 Jahren Moorwaldschutz und Renaturierungsmassnahmen in Brandenburg untersucht [124]. In diesem Zusammenhang wurde auch das “DSS-WAMOS” (Entscheidungsunterstützungssystem zum Management von Mooren und Moorwäldern) entwickelt, das projektspezifische Handlungsempfehlungen für Schutz, Renaturierung und Management von Mooren und Moorwäldern geben kann (www.dss-wamos.de, [137]). Das DSS-WAMOS ist für Moore des Tieflands und der Mittelgebirge in Deutschland bestimmt und bezieht sich nicht auf die Renaturierung von Hochmoorwäldern [137].

Table 4

Mögliche Umsetzungsmassnahmen für die Wiederherstellung von Moorwäldern. Die Angaben zu Zeitaufwand und Kosten der Massnahmen basieren auf Einschätzungen von Fachleuten. Zeitaufwand: sehr kurz (<1 Tag), kurz (einige Tage), mittel (Wochen - Monate), lang (wenige Jahre), sehr lang (viele Jahre). Kosten: Einschätzung von Einzelmassnahmen relativ zu anderen möglichen Massnahmen innerhalb eines Projektes zwischen gering (kleiner Posten im Gesamtbudget), mittel (mittlerer Posten im Gesamtbudget), hoch (signifikanter Posten im Gesamtbudget).

Massnahme	Details	Zeitaufwand	Kosten (Einschätzung)
Wasserbauliche Massnahmen			
Auffüllen von Entwässerungsgräben (Komplettverfüllung)	Idealerweise mit Torf, kann je nach Materialverfügbarkeit auch ergänzt werden z. B. mit Fichtensägespänen.	gering - mittel	mittel - hoch (je nach Zugänglichkeit)
Erstellen von Dämmen in Entwässerungsgräben	Rohrleitungen müssen in ebenem bis schwach geneigtem Gelände nicht komplett entfernt werden. Hier genügt es, Rohre abschnittsweise zu entfernen und die Öffnungen an beiden Seiten z.B. mit Holz und verdichteter Erde oder Rohrkappe zu blockieren. Ab einer Geländeneigung von 1 - 2 Grad müssen Entwässerungsrohre komplett entfernt werden. Maschineneinsatz generell nötig, es ist möglichst auf den Schutz des umliegenden Bodens zu achten.	mittel	mittel - hoch
Eindämmen von Fliessgewässern durch Biber	Fliessgewässer im Bereich von Wäldern am Rand von Flachmooren können unter anderem von Bibern angestaut werden. In diesem Fall sind keine weiteren Massnahmen notwendig, ausser möglicherweise im Zusammenhang mit der Einrichtung eines Sonderwaldreservates oder zur Konfliktvermeidung (Kapitel 3.9 Vernässung von Wäldern durch Aktivitäten des Bibers). Alternativ kann auch künstlich angestaut werden durch Beaver Dam Analogs (Infobox 4).	keiner (ausser Einrichtung von Sonderwaldreservat)	keine
Einrichtung von Pufferzonen	Einrichten von hydrologischen Pufferzonen und Nährstoffpufferzonen, in denen keine Eingriffe vorgenommen werden dürfen und die den Wasser- und Nährstoffhaushalt der Moorwälder positiv beeinflussen.	mittel - lang	mittel - hoch
Oberbodenabtrag	Abtrag der degradierten Torfschicht des Oberbodens, um Nährstoffauswaschung nach der Wiedervernässung zu verhindern, ungewollte Samenbanken zu entfernen sowie Material für Grabenverfüllungen zu gewinnen.	kurz - mittel	hoch
Anlegen von Kleingewässern	s. Kapitel 3.8 Anlegen von Kleingewässern und anderen Lebensraumstrukturen in Wäldern	kurz - mittel (bestehende Lehmschicht vs Einbringen von Dichtungsmaterial)	mittel

Waldbauliche Massnahmen			
Etablieren standorttypischer Arten	Wenn möglich durch Naturverjüngung.	gering - lang (abhängig von Ausgangszustand)	mittel (je nach Verbiss und Konkurrenzaufwuchs)
Entfernen nicht standortgerechter Nadelbäume im Einzugsgebiet	Nadelbäume (speziell Fichten) entziehen dem Moorboden viel Wasser und sollten entfernt oder reduziert werden, um der Zielwaldgesellschaft zu entsprechen.	meist einmalig	gering
Entwicklung von Waldrändern an Moorrändern	Pflanzung standortgerechter Baumarten an Waldrändern und Entwicklung strukturreicher Waldränder, um die Vernetzung in offenes Moor und Moorwald für Zielarten (Fauna) sicherzustellen.	mittel - lang	gering - mittel
Bepflanzung des Moores	Sollte nur unternommen werden, wenn keine adäquate Vegetation zur zeitnahen Besiedlung in der Umgebung vorkommt.	mittel	gering - mittel
Entfernung Neophyten	Invasive Neophyten sollten aus dem Projektgebiet entfernt werden, um die Renaturierung nicht zu behindern.	gering - mittel	gering - mittel
Anlegen von Kleinstrukturen	Kapitel 3.8 Anlegen von Kleingewässern und anderen Lebensraumstrukturen in Wäldern	kurz - mittel	gering - mittel
Pflegemassnahmen			
Funktionskontrolle Dämme	Dämme in Entwässerungsgräben sollten auf ihre Funktion hin kontrolliert werden und wenn nötig verstärkt, gewartet oder verlegt werden, um deren Wirkung sicherzustellen.	gering - mittel	gering - mittel
Abtrag degradierter Vegetationsdecken zur Regeneration moortypischer Pflanzengesellschaften	Das Entfernen standortuntypischer Vegetation kann die Wiederansiedlung moortypischer Gesellschaften ermöglichen und beschleunigen.	kurz - mittel	mittel - hoch
Verhinderung Verbuschung	Entfernen von Büschen und junger Gehölze, um Sukzession offener Moorflächen zu Wald bzw. offener Moorwälder zu verhindern. Ausmass abhängig von Wasserstand, Moortyp und im Gebiet vorkommender schützenswerter Arten oder Lebensräume.	Durch Maschineneinsatz: gering Von Hand: gering - mittel	Durch Maschineneinsatz: gering Von Hand: gering - mittel
Verhinderung Verbuschung durch Weidetiere	Weidetiere nicht in Hochmoorwäldern einsetzen, da Hochmoore auf Tritt und Nährstoffeintrag empfindlich reagieren. In Wäldern an den Rändern von Flachmooren ist Beweidung mit guter fachlicher Betreuung möglich, z.B. durch Wasserbüffel, Hochlandrinder etc.	mittel (Tierschutz erfordert tägliche Kontrolle der Weidetiere, fachliche Begleitung)	gering - mittel
Entfernung Neophyten	Invasive Neophyten sollten im Rahmen von Erfolgskontrollen lokalisiert und aus dem Projektgebiet entfernt werden.	mittel - lang	gering - mittel

Erwartbarer Projektverlauf

Wiedervernässung: Das Verschliessen von Entwässerungsgräben führt zu einer Wiederanhebung des Wasserspiegels. Im besten Fall lässt sich innerhalb weniger Jahre der ursprüngliche Wasserstand wiederherstellen (Abbildung 7). Allerdings sind die flächigen Effekte der Wiederherstellung nicht gleich gross wie jene der Entwässerung: Gräben entwässern oft lateral ein grösseres Gebiet, als das spätere Blockieren der Gräben wieder vernässt [106]. Dies liegt an der Schrumpfung des Bodens nach Entwässerung, wodurch die Durchlässigkeit für Wasser langfristig reduziert wird.

Die Veränderung der Wasserverfügbarkeit durch den Klimawandel stellt eine grosse Herausforderung bei der langfristigen Wiedervernässung von Moorwäldern dar. Zunehmende Trockenheit und höhere Temperaturen führen bereits heute zum lokalen Aussterben von hochspezialisierter Vegetation, vor allem in tieferen Lagen [121], [138], [139]. Das Anheben des Wasserspiegels durch Blockieren von Entwässerungsgräben kann dieser Entwicklung zwar entgegenwirken, sie aber vermutlich nicht vollständig aufhalten [138], [140], [141]. Voraussichtlich wird sich die saisonale Intensität der Wasserspiegelschwankungen ab der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts erhöhen und zunehmend das Wachstum von Torfmoosen stören [142].

Renaturierung: Mit der Wiedervernässung eines Hochmoorwalds oder eines mit einem Flachmoor assoziierten Walds beginnt ein Wandel der Vegetation im betroffenen Gebiet (Abbildung 7). Konkret bedeutet dies zuerst das Absterben von Bäumen und Pflanzen, die nicht an dauerhaft oberflächennahe Wasserstände angepasst sind. Dies führt zur Auflichtung der Wälder, die durch das Entfernen nicht standortgerechter Baumarten beschleunigt werden kann. Eine natürliche Verjüngung mit standorttypischen Baumarten ist möglich, wo noch Restbestände der entsprechenden Waldgesellschaften existieren. Empfehlungen für die Förderung von Baumarten, welche für die Zukunft geeignet sind, gibt das Forschungsprogramm Wald und Klimawandel (www.tree-app.ch) für einige der Waldgesellschaften. Die jeweiligen Links finden sich in Tabelle 3. Diese Förderempfehlungen beinhalten auch typische Baumarten der Hochmoorwälder (Hänge- und Moorbirke, Waldföhre, Fichte). Bergföhre und Vogelbeere gelten als weitere Baumarten, die unter den Bedingungen des Klimawandels in Moorwäldern bestehen können.

Die Ansiedlung standorttypischer Vegetation erfolgt relativ schnell, falls Restbestände im Gebiet vorhanden sind [138], [142]. Eine schnelle Entwicklung der standorttypischen Vegetation kann die Besiedlung des Hochmoorwaldes oder der mit Flachmooren assoziierten Wälder durch unerwünschte Arten verhindern. Das Informationsportal [Swissbryophytes](http://www.swissbryophytes.ch) (www.swissbryophytes.ch) sammelt Meldungen zu Vorkommen von Moosen in der Schweiz. Aufgrund zunehmender Temperaturen und Trockenheit werden sich aber in den kommenden Jahrzehnten nicht alle spezialisierten Moorarten erhalten [138], [139], insbesondere diese nicht, welche schlecht an Trockenheit angepasst sind.

Zielarten der Fauna besiedeln renaturierte Moorwälder oft innerhalb weniger Jahre, sofern Populationen in nahegelegenen Gebieten und eine Vernetzung der Lebensräume vorhanden sind. Die Ausbreitungsfähigkeit der Arten spielt hierbei eine grosse Rolle. So erfolgt z. B. die Ansiedlung von Libellen wie der Grossen Moorjungfer innerhalb weniger Jahre [109].

Regeneration: Wurde intensiv Torfabbau betrieben, lassen sich die ursprünglichen Verhältnisse des Ökosystems kaum wiederherstellen [103]. Die Mengen an Kohlenstoff, die das Moor oder der Moorwald ursprünglich gebunden haben, sammeln sich nur über Jahrhunderte wieder an (in Schweizer Hochmooren ist unter günstigen Verhältnissen mit einem Wachstum der Torfschicht von ca. 1 mm pro Jahr zu rechnen). Trotz dieser Einschränkungen findet eine Regeneration der Ökosystemfunktionen in renaturierten Hochmoorwäldern und Wäldern um Flachmoore statt. Während einzelne Ökosystemfunktionen innerhalb von Jahren oder Jahrzehnten wieder funktionieren (Wasserrückhaltung, Lebensraumfunktion), kann es lange dauern, bis Moore und Moorwälder wieder eine Treibhausgasenke darstellen und durch Torfbildung Kohlenstoff speichern (Abbildung 7). Die Sicherung des noch vorhandenen Torfs erfolgt jedoch direkt mit der Wiedervernässung.



Abbildung 7
Verlauf einer Wiederherstellung von Moorwäldern mit erwartbarer Dauer der einzelnen Phasen. Grafik: Eigene Darstellung

Mögliche Nutzungsformen

Schutzgebiete: Moore inklusive Moorwälder stehen in der Schweiz gemäss Verfassung unter Schutz. In einem Hochmoorwald oder einem Wald im Randgebiet eines Flachmoors ist daher forstwirtschaftliche Nutzung nur im Einklang mit den Schutzziele zugelassen. So muss die Verjüngung mit einheimischen, standorttypischen Baumarten und möglichst natürlich erfolgen [116]. Werden Flachmoore nicht mehr genutzt, verwalden sie oft, insbesondere wenn das entsprechende Moor mit Entwässerungsgräben durchzogen ist. Falls durch die Verwaldung ein Moorwald entsteht, kann dies im Einklang mit den Schutzziele stehen [116] und es sollten entsprechende Massnahmen zur Erhaltung dieser Wälder ergriffen werden. Waldgesellschaften wie Bruchwälder, die oft um Flachmoore herum wachsen, werden im Kapitel 3.4 Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder besprochen.

Forstwirtschaft: In den nährstoffarmen Hochmoorwäldern sollte keine wirtschaftliche Nutzung und auch keine Nutzung durch Weidetiere erfolgen, da die spezialisierte Vegetation empfindlich auf Tritt und Nährstoffeintrag reagiert.

Erholung: Hochmoorwälder und Wälder, die mit Flachmooren assoziiert sind, können als Erholungsgebiete und zur Umweltbildung genutzt werden. In diesem Fall braucht es eine gezielte Besucher:innenlenkung, um Trittschäden, Vermüllung und andere Aktivitäten, die die Lebensräume negativ beeinflussen, zu vermeiden.

Fallbeispiel: Wiedervernässung Egelmoos

Beitrag: Marianne Rutishauser, Pro Natura Aargau

Steckbrief:

- Standort: Niederrohrdorf AG
- Lebensräume: Mosaik aus Flachmoor, Erlenbruchwald und Übergangsmoor
- Fläche: 170 Aren
- Dauer: 2019 - 2022
- Kosten: 130'000.- Fr.
- Kontakt: Marianne Rutishauser, Pro Natura Aargau
- Link: www.pronatura-ag.ch/de/wiedervernaessung-egelmoos



Abbildung 8

Wiedervernässstes Flachmoor Egelmoos. Foto: Marianne Rutishauser

Ausgangslage: Starkes Trockenfallen im Sommerhalbjahr aufgrund eines defekten Wehrs und von Entwässerungsgräben. Moorvegetation und verbleibender Torfkörper sind bedroht.

Projektziele: Sanierung des gestörten Wasserhaushalts im Übergangsmoor Egelmoos, Förderung der Tier- und Pflanzenarten der Moore.

Massnahmen:

Planung: Zielsetzung, Bodenanalysen, Verhandlungen mit Partnern der angrenzenden Parzellen, Massnahmendefinition, Kostenschätzung und Baueingabe.

Bauliche Massnahmen: Auffüllen der Entwässerungsgräben, Einbau Wehr mit Schieber mit anschliessendem Abfluss in eine Drainage, Ausstieghilfe Amphibien am Wehr, Begleitung durch Expert:innen.

Erfolgskontrollen: Hydrologie und Vegetation.

Informationsmassnahmen: Infotafel, Begehung.

Massnahmen Pflege: Beweidung mit Wasserbüffeln in Koppeln, die gut begleitet und dem Wasserstand angepasst werden. Mahd von schlecht beweidbaren Teilflächen. Vegetationskundliche Vergleichsflächen zeigen, dass sich die Torfmoose bei Mahd und bei Beweidung gleichwertig entwickeln.

Tabelle F.2

Kosten des Projektes während der Umsetzung und für die Pflege inklusive jeweiliger Kostenträger.

Massnahme (Umsetzung und Pflege)	Kosten	Kostenträger
Planung, Umsetzung, Erfolgskontrolle	130'000.-	natura-made star Fonds ewz, Bund und Pro Natura
Landerwerb	Diverse	Pro Natura, Diverse
Pflege: Extensive Beweidung und Mahd	jährlich	Kanton Aargau, Abteilung Wald

Erfolge: Bereits im ersten Jahr verbesserte sich der Wasserrückhalt im Frühjahr massiv und die Böden sind feuchter.

Schwierigkeiten: Bevor das Projekt umgesetzt werden konnte, mussten über mehrere Jahrzehnte Flächen erworben und abgetauscht werden.

Was wurde aus diesem Projekt gelernt? Der frühzeitige Einbezug der lokalen Behörden und angrenzenden Grundeigentümer:innen hat zum Projekterfolg beigetragen. Im Sommerhalbjahr kann das Gebiet aufgrund des Klimawandels immer noch trockenfallen, da das Wassereinzugsgebiet nicht gross ist. Wichtig ist eine flexible Pflege (Mahd und Beweidung), um das Gebiet je nach Bodenfeuchte optimal zu pflegen. Das Egelmoos ist ein Beispiel dafür, wie bei Moorrenaturierung auch umgebende Moorwälder, in diesem Fall ein Bruchwald, wiederhergestellt werden können.

3.6. Wiederherstellung von Auenwäldern

Definition Auenwälder und deren Waldgesellschaften

Auen gehören weltweit zu den artenreichsten und gleichzeitig zu den am meisten bedrohten Ökosystemen [56]–[58]. Natürliche Auen und Auenwälder sind abhängig von der Dynamik der Gewässer, an deren Rand sie liegen. Auenwälder lassen sich in Weichholz- und Hartholzaunen unterteilen. Weichholzaunen grenzen im Bereich der Hochwasserlinie direkt an Fliessgewässer und sind daher durch regelmässige Überschwemmungen von längerer Dauer geprägt. Hartholzaunen befinden sich oberhalb der Hochwasserlinie und werden typischerweise nur bei aussergewöhnlichen Hochwassern für vergleichsweise kurze Zeit überschwemmt. Ihre Böden sind jedoch vom flussnahen Grundwasser bestimmt. Die mehr oder weniger regelmässigen Überflutungen prägen die Auen-Lebensräume und kreieren vielfältige Habitate für speziell angepasste Arten, die andernorts oft konkurrenzschwach sind. 84% aller Arten der Schweiz können in Auen gefunden werden, 10% sind sogar auf Auen angewiesen [143]. Die Waldgesellschaften, die in der Schweiz nur in Auenwäldern mit natürlicher Fliessdynamik vorkommen, sind in Tabelle 5 aufgeführt. Alle Auenwälder zählen zu den bedrohten Waldgesellschaften gemäss Roter Liste [100].

Durch die Begradigung, Eintiefung und Eindämmung der Fliessgewässer vor allem im 19. und 20. Jahrhundert wurden Überflutungen der an den Fluss angrenzenden Bereiche zunehmend unterbunden, der Geschiebetransport gestört und der Grundwasserspiegel vieler Auenwälder abgesenkt. Somit wurden diese für die Biodiversität so wertvollen Ökosysteme verändert oder sogar vernichtet. Zusätzlich wurden 95% der ursprünglichen Auenwälder gerodet [1]. Auch die verbliebenen Auenwälder leiden unter schleichendem ökologischen Qualitätsverlust, falls sie weiterhin von der Dynamik der Fliessgewässer abgeschnitten sind [144]. Die Renaturierung von Auen ist heutzutage ein wichtiges Ziel im Gewässer- und Naturschutz der Schweiz [145] und in Europa (Wasserrahmenrichtlinie, [146], Nature Restoration Law [147]).

Die Wiederherstellung von Auen ist in der Schweiz an die Renaturierung von Flüssen gekoppelt. In diesem Bericht liegt der Fokus auf der Renaturierung von Auenwäldern, nicht auf der Wiederherstellung der Gewässer, Kiesflächen etc. Ziele der Flussrenaturierung sind, Raum für die naturnahe Dynamik der Gewässer, einen verbesserten Geschiebetransport sowie eine ausreichende Wasserführung (inklusive angemessener Restwassermengen beim Betrieb von Wasserkraftanlagen) sicherzustellen.



Abbildung 9

Die Borgne fließt südsüdwestlich von Evolène durch Grauerlen-Auenwald, am Ufer mit Deutscher Tamariske. Eine Schotterbank und Schwemmholz zeugen von der Dynamik des Flusses. Foto: Jan Ryser, BAFU

Tabelle 5

Auenwälder der Schweiz nach der Vollzugshilfe Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen [1]. Nummerierung der Waldgesellschaften nach Ellenberg & Klötzli (1972) [99] bzw. der Roten Liste der Lebensräume der Schweiz [100] sowie Nummerierung des vegetationskundlichen Verbands nach Delarze et al. 2015 [95]. Beschreibungen basieren auf Anhang 2A und den Standortblättern von NaiS [101], der Liste Prioritärer Arten und Lebensräume der Schweiz [92], sowie, wo vorhanden, kantonalen Beschreibungen der Waldlebensräume. Rote Liste der Schweiz: CR = critically endangered/vom Aussterben bedroht, EN = endangered/stark gefährdet, VU = vulnerable/verletzlich, NT = near threatened/potenziell gefährdet, LC = least concern/nicht gefährdet. Besondere Verantwortung Schweiz für den internationalen Bestand: 0 = keine, 1 = gering, 2 = mittel, 3 = hoch, 4 = sehr hoch.

Waldgesellschaft - Verband (wissenschaftlich): System Ellenberg & Klötzli (1972) - System Delarze (2015)	Waldgesellschaft - Verband (deutsch): System Ellenberg & Klötzli (1972) - System Delarze (2015)	Standort	Merkmale Naturwald	Relevante Arten für Naturschutz	Status	Besondere Verantwortung CH
28 Ulmo-Fraxinetum - 6.1.4 Fraxinion (Link Tree-App)	Ulmen- Eschenhart-holz-Auenwald - Hartholz-Auenwald	Vorkommen: Kollin und submontan. (Ehemalige) Auengebiete in tieferen Flusstälern. Natürlicherweise regelmässig (meist nicht alljährlich) überschwemmt. Boden: Vernässung stark bis mittel. Kiesiger Untergrund. Humus: wenig ausgeprägt. Mull. Nassböden beeinflusst von Grundwasser. Regosol, Parendzina.	Hartholzauenwald. Wüchsiger Eschenwald mit Grauerle, Bergulme, Schwarzerle, Stieleiche. Keine Buche. Stark entwickelte Strauchschicht. Krautschicht mit Winterschachtelhalm.	Gewöhnlicher Seidelbast, Gewöhnliche Akelei, Aronstab, Pfaffenhütchen, Zweiblatt, Salweide. Orchideen möglich. Schmetterlinge: Kleiner und Grosser Schillerfalter, Grosser Eisvogel. Wertvoll für Amphibien. Habitat für Biber, Wasser- und Sumpfspitzmaus.	EN	0
29 Ulmo-Fraxinetum listeretosum - 6.1.4 Fraxinion (Link Tree-App)	Zweiblatt- Eschenmischwald (Ausbildung 29A, "obere, harte Au") - Hartholz-Auenwald	Kollin bis untermontan. Auengebiete entlang von Flüssen. Auch ursprünglich selten überschwemmt. Boden: Vernässung zeitweilig bis 30 cm unter Oberfläche. Durchlässigkeit gut. Humus Mull, Kalkmull (Hydroformen). Lehm-/ Sandböden, vergleht.	Obere Stufe der Hartholzauen. Wüchsiger Laubmischwald ohne Buchen. Mit Eschen, Bergahorn, Stieleiche. Üppige Strauchschicht mit Traubenkirsche, viele Nährstoffzeiger. Durch fehlende Überschwemmungen oft Degradation zu Buchenstandorten.	Aronstab, Zweiblatt, Hopfen, Gelbes Windröschen, Akeleiblättrige Wiesenraute, Gelbe Wiesenraute. Schmetterlinge: Kleiner und Grosser Schillerfalter, Grosser Eisvogel. Habitat für Biber, Wasser- und Sumpfspitzmaus.	NT	0
31 Equiseto-Alnetum incanae - 6.1.3 Alnion incanae	Mittelland-Grauerlenauenwald/ Schachtelhalm- Grauerlenwald - Grauerlen-Auenwald	Vorkommen: Kollin bis untermontan, Überschwemmungsbereich entlang von Flüssen. Ursprünglich alljährlich überschwemmt. Boden: Auenboden dauerhaft beeinflusst von Grundwasser und häufigen Überschwemmungen. Humus Mull. Junge, kaum entwickelte Nassböden, vergleht.	Gleichaltriger Erlenauwald auf Kiesinseln und entlang von Flüssen und Bächen. Baumschicht dominiert von Grauerlen von geringer Höhe. In Krautschicht viele Gräser und Hochstauden mit Schachtelhalm, Brenn- und Taubnesseln, Späte Goldrute.	Arten der Weichholzauen, abhängig von Auendynamik. Schwarzpappel, Hopfen, Rötende Tramete. Habitat für Biber.	CR	2
32/32C Calamagrostio- Alnetum incanae - 6.1.3 Alnion incanae (Link Tree-App)	(Unter-)Montaner Grauerlenauenwald - Grauerlen-Auenwald	Vorkommen: Unter-/ (sub-)montan. Überschwemmungsbereich der Flüsse und grossen Bäche. Mindestens alle 10 Jahre überschwemmt. Boden: Auenböden, periodisch stark überschwemmt. Durchlässigkeit gut. Humus: Mull. Boden wenig entwickelt. Schotterreich, basen- und nährstoffreich.	Mässig wüchsiger Grauerlenwald in nächster Nähe des Flusslaufes, teils mit einigen Fichten. Üppige, hohe und artenreiche Krautschicht mit Hochstauden, oft dominiert von Pestwurz.	Vor allem wegen sehr artenreicher Krautschicht interessant (Pestwurz, Gebirgs-Kälberkopf, Rote Waldnelke, Kletten-Labkraut). Durch regelmässige Überschwemmungen Pionierarten und dynamische Wechsel in der Verjüngung.	VU	3

32*/32S Alno-Salictum pentandrae - 6.1.3 Alnion incanae	Subalpiner Lorbeerweiden- Auenwald - Grauerlen-Auenwald	Vorkommen: Subalpin. Entlang flacher Flussabschnitte. Jährliche Überschwemmungen. Boden: Jährlich überschwemmt. durch Grund-/Hangwasser beeinflusst. Sumpfig bis schwach grundnass. Durchlässigkeit sehr hoch bis mittel. Humus: Mull (stellenweise feucht), teils Anmoor, Kalkmoor, erodiert. Auenböden, Regosol, Parendzina, Rendzina. Kiesig-sandig, tiefgründig.	Niedrigwüchsiger Wald mit Grauerlen, Fichte, Salweide. Strauchschicht mit Lorbeer-Weide und weiteren Weiden-Arten. Krautschicht mit vielen Hochstauden. Können bei Extremhochwasser weggeschwemmt werden, danach erneute Auenentwicklung.		CR	3
43 Salicetum albae - 6.1.2 Salicion albae (Link Tree-App)	Silberweiden- Auenwald - Weichholz- Auenwald	Vorkommen: Kollin bis untermontan. Regelmässig stark überschwemmte Flussuferbereiche. Boden: Regelmässig stark überschwemmt, hoher Grundwasserstand. Durchlässigkeit hoch bis normal. Humus: Kalkmull. Auenböden, Gley, junge Bodenbildungen. Offene Sand- und Kiesflächen.	“Weiche Au”, oft überschwemmtes Weidendickicht mit Silberweiden, anderen Weidenarten, Schwarzpappel. Strauchschicht kaum ausgebildet mit Brombeere und Weidenarten. Krautschicht üppig wachsend, stark wechselnd mit Knoblauchhederich, Brennnessel, Rohr-Glanzgras.	Silber- und andere Weidenarten, Schwarzpappel, deren weiches Holz und viele Hohlräume holzbewohnenden Insekten Lebensraum bieten. Lebensraum für Biber, Fische, Wasservogel. Wertvoll für Amphibien (Kreuzkröte, Laubfrosch).	EN	0
43* Coronillo- Populetum nigrae - 6.1.2 Salicion albae	Insubrischer Schwarzpappel- Auenwald - Weichholz- Auenwald	Vorkommen: Kollin bis untermontan. Auf hochgelegenen Schotterbänken, die durch starke Hochwasser entstanden sind. Boden: Hohe Durchlässigkeit. Grundwasser tief. Humus: Mull. Tiefgründige Auenböden (poliphasisch, wenig verbraunt), mit sandigen Auflagerungen und verbrauchten Horizonten.	Schnellwachsende Schwarzpappelgruppen mit Lavendelweide, Birken, Föhren, Winterlinde, Kirschbaum, Esche. Strauchschicht ausgeprägt. Strauch- und Krautschicht mit Gemisch von alluvialen Arten (Land-Reitgras, Strandpfeifengras), Trockenzeigern (Liguster, Berberitze, Wachholder) und Klimaxarten (Efeu, Waldzwenke).	Schwarzpappel, Eingriffeliger Weissdorn	CR	1
66 Pyrolo- und Ligustro-Pinetum - 6.4.2 Erico-Pinion sylvestris (Link Tree-App)	Wintergrün- und Liguster-Föhrenwald - Subkontinentaler kalkreicher Föhrenwald	Vorkommen: Submontan. Kiesbuckel auf trockenen, durchlässigen Schotter- oder Sandflächen im Auenbereich. Nur bei Extremhochwasser überschwemmt. Boden: Selten überschwemmt. Grundwasser nur in tieferen Bodenschichten. Durchlässigkeit extrem. Auenboden, Regosol auf kalkhaltigen Sanden und Schotter..	Kleinflächige, schlechtwüchsige, lichte Waldföhrenbestände mit Laubbaumarten wie Traubeneiche, Hainbuche, Mehlbeere, Kirsche, Spitz- und Feldahorn, Schwarzpappel und Fichte (angeschwemmt). Üppige, artenreiche Strauchschicht mit Weissdorn, Liguster, Traubenkirsche, Berberitze, Wolliger Schneeball. Krautschicht geprägt von Weisser Segge und bodenbedeckendem Efeu.	Schwarzpappel, Eingriffeliger Weissdorn, Schmerwurz. Speziell angepasste Laufkäfer- und Heuschreckenarten.	CR	2

Mögliche Ausgangslagen

Abwägungen zum möglichen Aufwand und Nutzen einer Auenwald-Renaturierung sollten die Ausgangslage des Auenwaldes evaluieren und bei der Massnahmenplanung berücksichtigen:

- *Auenwald wenig beeinträchtigt und naturnah* (leichte Veränderung der hydrologischen Verhältnisse wie Überschwemmungen und Grundwasserspiegel): Erhalt Priorität. Auenwaldobjekt wahrscheinlich im Bundesinventar der Auen von nationaler Bedeutung aufgeführt [144], so dass Unterhalt der Objekte nach Auenverordnung stattfinden muss [148]. Optimierungsmassnahmen der Gewässerdynamik (z.B. angemessene Restwassermengen im Einzugsgebiet) können schleichende Verschlechterungen des Zustands verhindern.
- *Auenwald entkoppelt von Gewässerdynamik, aber Möglichkeiten für natürliche Überschwemmungen gegeben*: Renaturierung möglich. Falls Gewässer von Wasserkraftnutzung beeinflusst sind, sollten bei der Erneuerung der Konzessionen die Auendynamik berücksichtigt und insbesondere angemessene Restwassermengen eingeplant werden.
- *Auenwald entkoppelt von Gewässerdynamik und Möglichkeiten für natürliche Überschwemmungen nicht vorhanden* (Limitationen durch z.B. Wasserkraft, Hochwasserschutz, Trinkwasserschutz): Renaturierung nicht möglich. Möglichkeiten für kontrollierte Überschwemmungen eruieren, um natürliche Dynamik zu imitieren. Durch waldbauliche Eingriffe lassen sich wenigstens Sukzessionsstadien der Auendynamik schaffen.
- *Auenwald beeinträchtigt durch Absenkung des Grundwasserspiegels* (Eintiefung des Gewässers, Entwässerungen durch Gräben oder Rohre): Hydrologische Massnahmen zur Anhebung des Grundwasserspiegels (Entfernung Entwässerungen, Abflachung der Ufer, Zulassen von Sedimentation im Flussabschnitt etc.) sind für eine Renaturierung notwendig.
- *Auenwald durch Waldbau beeinträchtigt* (Entwässerung und Veränderung des Naturwaldes durch nicht standorttypische Baumarten): Auenwälder sollten sukzessive von standortuntypischen Baumarten befreit werden und eine Verjüngung mit standortgerechten Baumarten (möglichst natürlich) gefördert werden. Durch die leichte Besiedlung der Auenwälder mit Neophyten sind waldbauliche Eingriffe oft nötig, um den heimischen Arten eine Etablierung zu ermöglichen.
- *Auenwald durch Rodung verkleinert oder zerstört* (mögliches Auengebiet waldfrei oder nur noch Reste von Auenwald vorhanden): Durch Aufforstung kann ein Auenwald wieder an gesiedelt oder vergrössert werden. Für die Vernetzung der verbliebenen Auenwälder wären zusätzliche Auenwälder wertvoll.

Mögliche Massnahmen für die Wiederherstellung und Pflege

Eine Übersicht möglicher Massnahmen zur Renaturierung und Pflege von Auenwäldern inklusive Einschätzung von Zeitaufwand und Kosten findet sich in Tabelle 6.

Wasserbauliche Massnahmen: Wasserbauliche Massnahmen zielen darauf ab, den natürlichen Wasserhaushalt in Auenwäldern wiederherzustellen. Dies bezieht sich speziell auf die regelmässige Überflutung bei Hochwasserereignissen sowie eine Anhebung des Grundwasserspiegels. Diese hydrologischen Gegebenheiten sind die Voraussetzung für die Entwicklung und das weitere Bestehen natürlicher Auenwälder inklusive ihrer Ökosystemleistungen. Die Mehrheit der wasserbaulichen Massnahmen im Zusammenhang mit der Wiederherstellung von Auenwäldern bezieht sich auf die Renaturierung von Flüssen. Dazu gehören die Entfernung von Uferbefestigungen, die Wiederherstellung eines natürlichen Flussverlaufes, Abflussregimes und Geschiebehaushaltes, die Anbindung von Seitengewässern sowie eine ausreichende Wasserführung durch angemessene Restwassermengen beim Betrieb von Wasserkraftanlagen. Zur Renaturierung von Fließgewässern gibt es ausführliches Informationsmaterial [149], [150], von der Plattform Renaturierung der Wasser-Agenda 21 [151], sowie vom Forschungsprogramm Wasserbau & Ökologie [152]. Daher wird auf diese Massnahmen hier nicht im Detail eingegangen. Sollten sich z.B. durch den Betrieb von Wasserkraftanlagen Einschränkungen bei den

Möglichkeiten eines natürlichen Überflutungsregimes ergeben, lässt sich eine Dynamik der Wasserstände auch durch kontrollierte Überschwemmungen erreichen, so dass regelmässig Pionierflächen und damit Sukzessionsstadien entstehen können, die die Lebensraum- und Artenvielfalt der Auenbiotope allgemein bedingen [153]–[155]. Insbesondere Hartholzauenwälder sind durch Entwässerungsgräben oder -rohre zusätzlich entwässert worden. In diesem Fall sollten die Entwässerungen entsprechend den Methoden, die in den vorigen Kapiteln beschrieben wurden, entfernt oder verschlossen werden.

Waldbauliche Massnahmen: Durch den grossen Flächenverlust speziell von Weichholzauenwäldern kann es notwendig sein, diese Waldgesellschaften in geeigneten Gebieten mit wiederhergestellter Gewässerdynamik neu anzusiedeln, um ihre Existenz sowie Vernetzung entlang eines Flusssysteme sicherzustellen [156], [157]. Dafür wird oft auf das Anpflanzen typischer Pionierarten der Auenwälder zu Beginn eines Projektes zurückgegriffen. Eine Anpflanzung dieser Arten kann durch Stecklinge erfolgen, die sich besonders gut an Stellen mit Feinsediment etablieren [156], [157]. Durch eine kombinierte Bepflanzung mit Weiden in den kiesigen, oft überschwemmten Bereichen direkt am Flusssufer und mit Schwarzpappeln in etwas grösserer Entfernung vom Flussbett lässt sich ein Lebensraummosaik aus Pionierwaldflächen und stabilisierten Uferbänken schaffen [157].

Eine Schwierigkeit der Auenwaldrenaturierung ergibt sich daraus, dass typische Baumarten der Hartholzauen in besonderem Mass von Krankheiten befallen werden. Das Eschentriebsterben bringt Eschen zum Absterben und verhindert die Verjüngung. In Mischbeständen ist die Esche allerdings etwas weniger anfällig auf das Eschentriebsterben [158] und es existieren resistente Genotypen, die zusätzlich eine Kreuzresistenz gegen den Eschenprachtkäfer zeigen [159], so dass eine gewisse Hoffnung für die Zukunft der Esche besteht. Vom Eschentriebsterben und der damit einhergehenden Auflichtung der Kronenschicht profitieren vor allem die schnell wachsenden Ahornarten (Bergahorn, Spitzahorn), die zunehmend die Verjüngungsschicht in Hartholzauenwäldern dominieren [160]. Doch auch Ahorne sind mit der Russrindenkrankheit (ausgelöst durch den aus Nordamerika stammenden Pilz *Cryptostroma corticale*) von einer tödlichen Pilzinfektion betroffen. Die Russrindenkrankheit bricht besonders an Bäumen aus, die durch lange Trockenheitsphasen geschwächt sind. Dem würde die Wiederherstellung einer auentypischen Hydrologie abhelfen. Zusätzlich würde die Dominanz der Ahornarten in der Verjüngungsschicht durch regelmässige Überschwemmungen eingeschränkt, da ihre Keimlinge keine hohe Fluttoleranz zeigen. Dadurch bekommen andere, langsamer wachsende Baumarten mit hohem ökologischen Wert Gelegenheit zur Verjüngung (Stieleiche, Ulmen etc.) [61], [161], [162]. Auch andere typische Baumarten der Auenwälder sind von Pilzkrankheiten betroffen. Das Erlensterben (ausgelöst durch den Scheinpilz *Phytophthora alni*) befällt den Stammfuss von Erlen und führt zu Wurzel- oder Wurzelhalsfäule und kann zum Absterben der befallenen Bäume führen. Das Ulmensterben (ausgelöst durch den Pilz *Ceratocystis ulmi*, übertragen durch den Ulmensplintkäfer) führte zu einem drastischen Rückgang der Bestände von Feld- und Bergulme. Einzig die Flatterulme scheint wenig vom Ulmensterben betroffen zu sein, vermutlich weil sie weniger vom Ulmensplintkäfer angefliegen wird. Aus diesem Grund und wegen ihrer Anpassung an auentypische Standortverhältnisse gilt die Flatterulme als Zukunftsart in der Auenwaldrenaturierung [123] (Infobox 2). Die Etablierung standortgerechter Gesellschaften der Auenwälder und deren Pflege erfordert viel Augenmass, so dass sich typische Waldgesellschaften entwickeln können. Empfehlungen für die Förderung zukunftsgeeigneter Baumarten gibt das Forschungsprogramm Wald und Klimawandel (www.tree-app.ch) für einige der Waldgesellschaften in Auen, die jeweiligen Links finden sich in Tabelle 5.

Neophyten sind in Auen ein besonderes Problem. Sie sind meist schnell wachsende Arten, die mit Sedimenten angeschwemmt werden und sich leicht auf offenen Pionierflächen ansiedeln. Weichholzauenwälder sind davon stärker betroffen als Hartholzauenwälder, da sie aufgrund der häufigeren Überschwemmungen mehr Sameneintrag erfahren [123]. In Auenwäldern breiten sich mehrere nicht-einheimische Baumarten wie die Spätblühende Traubenkirsche, die Rotesche, der Götterbaum und die Robinie aus. In den Auen der Alpensüdflanke findet sich eine besonders hohe Anzahl invasiver Neophyten [123]. Ein Beispiel ist die Chinesische Hanfpalme, die sich in Auenwäldern im Tessin ausbreitet, zunehmend aber auch nördlich der Alpen beobachtet wird [167].

Eine Neophytenbekämpfung ist daher für die Etablierung eines naturnahen Auenwaldes nötig (andauernde Pflegemassnahme), was einen beachtlichen Kostenfaktor darstellen kann [168]. Je früher Neophyten nach Ansiedlung bekämpft werden, desto kleiner ist der Aufwand und desto grösser sind die Erfolgsaussichten.

Infobox 2: Hoffnungsart der Auenwälder: Die Flatterulme (*Ulmus laevis* Pallas)

Die Flatterulme ist ein typischer Baum der Hartholz- sowie Weichholzaunen mit einem grossen europäischen Verbreitungsgebiet, das von den Pyrenäen bis zum Ural reicht. Obwohl in der Schweiz ursprünglich heimisch, finden sich heutzutage nur noch weniger als 1000 Individuen [169]. Ihr Rückgang ist wohl in der Begradigung der Flüsse und der damit verbundenen Verhinderung der Auendynamik begründet. Die Keimlinge der Flatterulme sind flutresistent, wachsen auf feuchten Rohböden und sind konkurrenzschwach [166], [170]. Die Flatterulme hat geringe Nährstoffansprüche, ist resistent gegen langandauernde Überschwemmungen und kann bis zu 40m hoch werden. Sie ist die einzige mitteleuropäische Art, die regelmässig ausgeprägte Brettwurzeln ausbildet – eine auffällige, sonst vor allem aus tropischen Gebieten bekannte Wurzelform. Durch ihre Anpassungen und Eignung für feuchte und nasse Standorte könnte sie die zunehmend durch das Eschentriebsterben ausfallenden Eschen in Auwäldern ersetzen [166]. Die Flatterulme ist vom Ulmensterben kaum betroffen [164], [171] und ihre breite Temperaturtoleranz macht sie angesichts der Klimaerwärmung besonders interessant [172], [173]. Auch für die Biodiversität sind Ulmen, auch die Flatterulme, bedeutsam: Für Deutschland wurden in einer Literaturanalyse ca. 650 Arten aus 20 Artengruppen (v.a. Insekten) gefunden, die an und in Ulmen leben; davon bevorzugen ca. 125 Arten Ulmen oder sind ganz auf diese angewiesen [174]. Acht bis zehn Arten sind auf die Flatterulme spezialisiert.



Abbildung 10
Flatterulme mit typischen Brettwurzeln. Foto: Ch. Fischer, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons

Pflegemassnahmen: Pflegemassnahmen und forstlicher Unterhalt sind dann nötig, wenn die natürliche Dynamik noch nicht wiederhergestellt wurde. So können beispielsweise Eingriffe zur Etablierung von Stieleichenkeimlingen notwendig sein, da diese genug Licht zum Aufkommen benötigen und leicht von schnellwachsenden Ahornkeimlingen verdrängt werden. In dynamischen Auen würden Ahornkeimlinge durch Überschwemmungen absterben, während die Eichenkeimlinge durch Flutungstoleranz überleben. Derselbe Effekt kann forstwirtschaftlich durch das Entfernen von Ahornkeimlingen nachgeahmt werden [175]. Im Jahr 2021 wurden 11% der Auenwälder in der Schweiz durch forstwirtschaftliche Massnahmen erhalten [176].

Die Bekämpfung von Neophyten ist in Auenwäldern als andauernde Pflegemassnahme wichtig.

Da Auen als Naherholungsgebiete sehr beliebt sind, ist es wichtig, Massnahmen zur Besucher:innenlenkung zu ergreifen (siehe Mögliche Nutzungsformen).

Weitere Informationen: Zu Schutz, Aufwertung und Renaturierung von Auen gibt es verschiedene Vollzugsdokumente [143], [144], [177].

Tabelle 6

Mögliche Umsetzungsmassnahmen für die Wiederherstellung von Auenwäldern. Die Angaben zu Zeitaufwand und Kosten der Massnahmen basieren auf Einschätzungen von Expert:innen. Zeitaufwand: sehr kurz (<1 Tag), kurz (einige Tage), mittel (Wochen - Monate), lang (wenige Jahre), sehr lang (viele Jahre). Kosten: Einschätzung von Einzelmassnahmen relativ zu anderen möglichen Massnahmen innerhalb eines Projektes zwischen gering (kleiner Posten im Gesamtbudget), mittel (mittlerer Posten im Gesamtbudget), hoch (signifikanter Posten im Gesamtbudget), evtl. sehr hoch (deutlich höher als andere Massnahmen).

Massnahme	Details	Zeitaufwand	Kosten (Einschätzung)
Wasserbauliche Massnahmen			
Wiederherstellung dynamische Aue	Verschiedene Massnahmen zur Wiederherstellung der natürlichen Dynamik von Gewässern, so dass regelmässig Überschwemmungen und ein sich verändernder Lauf des Gewässers möglich sind. Details dazu sind nicht Teil dieses Dokumentes.	lang - sehr lang	hoch - sehr hoch
Kontrollierte Überschwemmungen	Falls es Einschränkungen gibt, welche natürliche Überschwemmungen unmöglich machen (z.B. Wasserkraftnutzung), können künstliche Überschwemmungen in geeigneter Frequenz eine vergleichbare Dynamik herstellen.	mittel - lang	mittel - hoch
Entwässerungsstrukturen wirkungslos machen	Kapitel 3.4 Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder und Kapitel 3.5 Wiederherstellung von Moorwäldern	gering - mittel (je nach Struktur, Gelände und Methode)	gering - hoch (je nach Struktur, Gelände und Methode)
Erhaltung von Altläufen	Wo Auendynamik (noch) nicht wiederhergestellt ist, können Altläufe verlanden. Zur Renaturierung kommen Wasserzuleitung oder Ausbaggern der Altläufe in Frage. Diese Massnahme dient auch der Vernässung der umliegenden Wälder.	mittel	mittel - hoch

Einrichtung von Pufferzonen	Um Auengebiete sollten Pufferzonen errichtet werden: - Nährstoffpufferzonen an Grenzen zu landwirtschaftlichen Flächen - Hydrologische Pufferzonen zum Schutz vor übermässiger Wasserentnahme - Morphodynamische Pufferzonen, in denen Ufererosion, Überflutungen, Erdbeben und Geschiebeablagerungen zugelassen werden.	lang	mittel - sehr hoch
Einstauen von Fließgewässern durch Biber	Kapitel 3.9 Vernässung von Wäldern durch den Biber. Durch Beaver Dam Analogs kann auch künstlich angestaut werden (Infobox 4).	keiner (ausser Einrichtung von Sonderwaldreservat)	keine
Anlegen von Kleingewässern	Kapitel 3.8 Anlegen von Kleingewässern und anderen Lebensraumstrukturen in Wäldern	kurz - mittel (bestehende Lehmschicht vs. Einbringen von Dichtungsmaterial)	mittel
Waldbauliche Massnahmen			
Aufforstung mit standorttypischen Arten durch Stecklinge (Weichholzaunen)	Für Wiederherstellung von Weichholzaunenwäldern. Standortansprüche der Baumarten bezüglich Flussdynamik und Sedimentbeschaffenheit beachten.	mittel - lang	mittel
Etablierung standorttypischer Arten	Wenn möglich durch Naturverjüngung zu erreichen. In Hartholzaunenwäldern ist eine gezielte Förderung zukunftsfähiger Arten nötig, da typische Arten der Auenwälder von Krankheiten betroffen sind (z.B. Eschen, Ulmen).	gering - sehr lang (abhängig von Ausgangszustand)	mittel (je nach Verbiss und Konkurrenzaufwuchs)
Entfernen nicht standortgerechter Arten	In Auenwäldern, die sich nach Entwässerung oder Aufforstung zu trockeneren Waldgesellschaften entwickelt haben.	meist einmalig	gering
Auflichtung von Altläufen	Wo Auedynamik (noch) nicht wiederhergestellt ist und Altläufe verlanden, stellen Auflichtungen im Uferbereich interessante Lebensräume für z.B. Amphibien und Reptilien sicher.	kurz - mittel	gering
Entfernung Neophyten	Invasive Neophyten sollten entfernt werden.	mittel - lang	mittel - hoch
Anlegen von Kleinstrukturen	Kapitel 3.8 Anlegen von Kleingewässern und anderen Lebensraumstrukturen in Wäldern	kurz - mittel	gering - mittel
Pflegemassnahmen			
Forstwirtschaftliche Herstellung von Sukzessionsstadien im Wald	Forstwirtschaftliche Eingriffe zur Imitation der Vegetationsdynamik durch Überflutungen, wo diese (noch) nicht wiederhergestellt ist oder nicht hergestellt werden kann (z.B. flächenweises Auflichten oder auf Stock setzen der Bestände, Entfernen von schnellwachsenden Ahornkeimlingen zugunsten von Eichenkeimlingen).	lang - sehr lang	mittel - hoch
Entfernung Neophyten	Invasive Neophyten sollten im Rahmen von Erfolgskontrollen lokalisiert und entfernt werden.	lang - sehr lang	mittel - hoch
Massnahmen zur Besucher:innenlenkung	Massnahmen zur Vermeidung von Störungen, Vermüllung und anderen Aktivitäten, die die Lebensräume negativ beeinflussen können (Wegleitung, Informationstafeln, Lehrpfade, Bepflanzungen, Umzäunungen usw.)	kurz - mittel	gering - mittel

Erwartbarer Projektverlauf

Wiedervernässung: Die Wiederherstellung natürlicher hydrologischer Verhältnisse in Auenwäldern beinhaltet das Entfernen von Ufer- und Sohlenbefestigungen, das Abflachen künstlich erhöhter Uferbänke, das Zulassen einer natürlichen Abflussdynamik inklusive Geschiebehalt, die Anbindung von Seiten- und Altarmen an das Hauptgewässer und allenfalls eine Wiedererhöhung des Grundwasserstandes. Sofern diese Massnahmen umgesetzt werden, stellt sich eine Erhöhung der Lebensraumvielfalt im Auengebiet innerhalb weniger Jahre ein [178], [179] (Abbildung 11).

Renaturierung: Die Indikatorarten der Kraut- und Strauchschicht reagieren schnell auf eine Wiederherstellung der Auenhydrologie und können zur Erfolgskontrolle dienen [179]–[181]. Auch die Besiedlung der Auenlebensräume durch entsprechende Tiere geschieht oft innerhalb weniger Jahre und hängt stark mit der höheren Anzahl verschiedener Mikrohabitate durch eine wiederhergestellte Dynamik zusammen [181]–[183]. Die Entwicklung der Bestände lebensraumtypischer Baumarten der Auenwaldgesellschaften benötigt je nach Ausgangszustand des Waldes länger. Weichholzauenwälder können sich unter guten Voraussetzungen (regelmässige Überschwemmungen, limitierte Konkurrenz durch Neophyten) innerhalb weniger Jahre etablieren, da viele der standorttypischen Arten schnellwachsend sind und sich vegetativ vermehren [168], [184]. Die Etablierung eines natürlichen Hartholzauenwaldes benötigt ohne waldbauliche Eingriffe einige Jahrzehnte und ist stark durch die Herausforderungen von Krankheiten, Neophyten und Klimawandel beeinflusst [185], [186].

Einfluss des Klimawandels: Fink und Scheidegger (2021) [187] modellierten die mögliche Verbreitung von Auenwaldgesellschaften unter Bedingungen eines moderaten und starken Klimawandels. Diese Modellierungen ergaben, dass Weidenarten in Silberweiden-Gesellschaften mögliche Profiteure des Klimawandels sind. Durch ihre Flexibilität in Bezug auf Standortbedingungen wie Temperatur und Niederschlag werden zukünftig mehr Habitate zur Verfügung stehen. Für manche Arten nimmt zwar die modellierte Verfügbarkeit von geeignetem Habitat zu, doch die geografische Lage verändert sich (z.B. Purpurweide vom Rhein- zum Ticino-Einzugsgebiet, Schwarz-Weide vom Rhein- zum Inn-Einzugsgebiet). Die Hartholzauen-Gesellschaften hingegen werden viel geeignete Fläche verlieren. Da diese Gesellschaften schon jetzt stark fragmentiert sind, könnten sie unter einer Abnahme an geeigneter Fläche besonders schnell von Artenschwund betroffen sein. Auch eine beschleunigte Sukzession hin zu anderen Laubwaldgesellschaften ist bei erhöhten Temperaturen zu erwarten [95], [180]. Die Wiederherstellung natürlicher hydrologischer Verhältnisse könnte diesen Effekt zumindest verlangsamen und den Pflanzengesellschaften damit mehr Zeit zur Anpassung geben [180]. Baumarten mit hohem Zukunftspotenzial angesichts der Klimaerwärmung sind z.B. Stieleiche, Flatterulme oder Hagebuche [61]. Diese sind auf die Wiederherstellung der dynamischen hydrologischen Verhältnisse in Auenwäldern angewiesen, da sie sonst von den schnell wachsenden Ahorn-Arten konkurrenziert werden [160]. Neben der erhöhten Temperatur und der zunehmenden Trockenheit können auch zunehmend starke Flutereignisse und die damit einhergehende erhöhte Sedimentablagerung Effekte auf die Vegetation der Auenwälder haben. Bestehende und in den nächsten Jahren renaturierte Gebiete sind darum möglicherweise nicht dauerhaft für die Zielwaldgesellschaften geeignet [187]. Ein vorausschauender Schutz sollte daher auch darauf achten, vernetzte Auenwälder unter Einbezug der zukünftigen Lebensraumeignung und der Ausbreitungsfähigkeit der Arten zu planen.

Regeneration: Die Ökosystemleistungen der Auenwälder sind bedingt durch ihre Vielfalt an Lebensräumen und Arten. Sie stellen sich dann wieder ein, wenn es gelingt, durch Renaturierung ein dynamisches Fließgewässer zu schaffen [56], [188]. Ökosystemfunktionen wie die Kohlenstoffspeicherung oder intakte Nährstoffkreisläufe benötigen aber mehrere Jahrzehnte (mindestens 20 bis 30 Jahre), um mit einem natürlichen Auenwald vergleichbar zu sein [189], [190]. Die Optimierung der Waldstruktur im Sinne der Treibhausgasspeicherung (z.B. möglichst hohe Bestandsdichte) entspricht dabei nicht unbedingt der Optimierung der Biodiversitätsförderung (z.B. mittlere Bestandsdichte ideal für Vogeldiversität [190]). Bei der Planung der Auenwaldrenaturierung sollte also im Voraus das massgebende Ziel definiert werden, um Massnahmen optimal durchzuführen.



Abbildung 11

Verlauf einer Wiederherstellung von Auenwäldern mit erwartbarer Dauer der einzelnen Phasen. Grafik: Eigene Darstellung

Mögliche Nutzungsformen

Schutzgebiete: Für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität ist die Ausscheidung der Auenwälder als Waldreservate zu bevorzugen. Da für eine Wiederherstellung beeinträchtigter Lebensräume allenfalls Einsätze zur Auflichtung, Aufforstung, Neophytenbekämpfung und Pflege nötig sind, bietet sich dabei vor allem die Einrichtung von Sonderwaldreservaten an.

Bewirtschaftung: Die Bewirtschaftung von Auenwäldern (vor allem Hartholzauenwäldern) ist aufgrund der hohen Produktivität der Auenböden und der wirtschaftlichen Nutzbarkeit vieler typischer Auenbaumarten (z.B. Stieleiche, Esche, Erle, Schwarzpappel, Weiden) möglich [185], [191]. Empfehlungen zur Bewirtschaftung von Auenwäldern wurden 1999 in einem Konzept vom BAFU veröffentlicht [177]. Generell wird empfohlen, Bewirtschaftung vor allem als begleitende Massnahme zur natürlichen Dynamik, Erhaltung, Wiederherstellung oder Pflege der Auenwaldgesellschaften durchzuführen. Speziell in Auengebieten von nationaler Bedeutung hat der Naturschutz als Ziel gegenüber der Holznutzung Vorrang [148]. Traditionelle Bewirtschaftungsformen (v.a. Nieder- und Mittelwaldbewirtschaftung) können für die Lebensraum- und Artenvielfalt der Auenwälder vorteilhaft sein und werden daher durch finanzielle Anreize vom Bund unterstützt. Angepasste Bewirtschaftungskonzepte mit einer möglichst zukunftsfähigen Zusammensetzung von Baumarten hinsichtlich Klimawandel und Krankheiten sind für Auenwälder nördlich der Alpen in einem Leitfaden mit Beispielen vom Oberrhein und der Donau zusammengestellt [55].

Erholung: Auen sind durch ihre Attraktivität und ihren kulturellen Wert bedeutende Erholungsgebiete [55]. Eine gute Besucher:innenlenkung ist wichtig, um sowohl der Natur Raum zur Entwicklung zu geben, als auch Erholungssuchenden ein attraktives Angebot zu bieten. Eine Infrastruktur für Besucher:innen bietet sich in Kombination mit Angeboten zur Umweltbildung an (Informationstafeln, Lehrpfade etc.).

Fallbeispiel: Reaktivierung Altlauf Wuer (ehemaliger Auenwald)

Beitrag: Christoph Dürr

Steckbrief:

- Altlauf der Thur in Auenschutzgebiet von nationaler Bedeutung
- Zielhabitat: Waldgesellschaft 29a (Ulmo-Fraxinetum listeretosum/ Zweiblatt-Eschenmischwald auf Auenböden)
- Fläche: Altlauf 400 m x Streifen 20 m links/rechts = ca. 1.6 ha Waldfläche
- Dauer: verschiedene Etappen zwischen 2018 und 2023
- Kosten: ca. 28'000 Fr., Pflege ca. 260 Fr./Jahr
- Projektverantwortung: Forstamt Thurgau, Ruedi Lengweiler
- Link: Auen-Schutzanordnung Wuer 2004
https://forstamt.tg.ch/public/upload/assets/51586/Wuer_SA.pdf

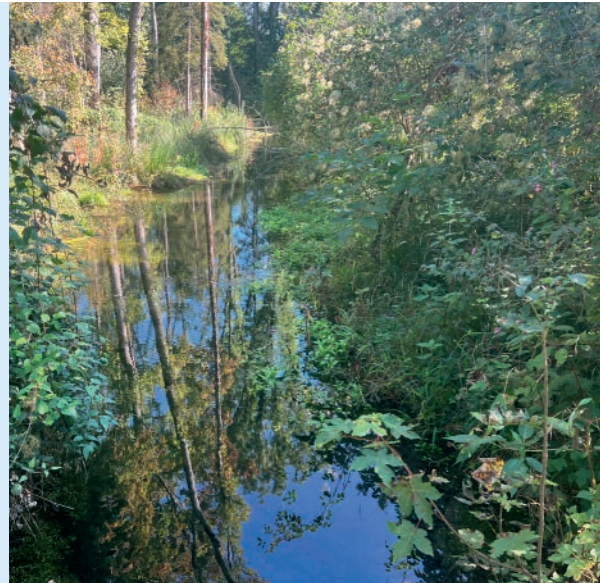


Abbildung 12

Renaturierter Altlauf als ehemaliger Seitenarm der Thur, ab 2018 renaturiert. Foto: Ruedi Lengweiler

Ausgangslage: Altlauf von Wasserdynamik abgeschnitten, praktisch trocken und mit Büschen eingewachsen. Acht Waldeigentümer:innen (Bürgergemeinde Frauenfeld plus sieben Private).

Projektziele: Reaktivierung der Wasserdynamik und Renaturierung des naturnahen Lebensraums zur Erhaltung und Förderung der einheimischen auentypischen Pflanzen- und Tierarten, insbesondere Amphibien. Verbreiterung des Altlaufs und Wiedervernässung von Teilen der angrenzenden Waldparzellen.

Massnahmen Umsetzung: Entbuschen, Ausbaggern des Wasserlaufs (4-5m breit plus Flachwasserzonen), grosse Wasserdurchlässe aus einem Gewässer (ehemaliger Altlauf) einbauen, ergänzende Bepflanzung mit wenigen Weichhölzern wie Silberweiden, Schwarzpappeln (*Salix alba*, *Populus nigra*).

Massnahmen Pflege: Biber hat den renaturierten Altlauf gestaut. Momentan sind keine Pflegemassnahmen geplant.

Tabelle F.3

Kosten des Projektes während der Umsetzung und für die Pflege inklusive jeweiliger Kostenträger.

Massnahme	Kosten	Kostenträger
Bauliche Massnahmen	21'000.- Fr.	Alle Kosten übernimmt Forstamt Kanton Thurgau mit Bundesbeiträgen aus den Programmvereinbarungen
Waldbauliche Massnahmen	7'000.- Fr.	
Kompensationen	(in Entschädigung inbegriffen)	
Pflege: z.B. Leistungsvereinbarungen, inklusive Nutzungsverzicht.	Entschädigung 170.- Fr. pro ha und Jahr, d.h. ca. 260.- Fr. für 1.6 ha (400 Laufmeter * 40m)	

Erfolge: Biber haben den neuen Lebensraum angenommen, Teile der Waldparzellen wurden wieder vernässt, Zunahme von Libellen, Eisvögeln, Limikolen (z.B. Waldwasserläufer), Fische (z.B. Hecht, Rotaugen, Barben). Für dieses Projekt gibt es kein Monitoring, deshalb sind keine Daten zum Erfolg vorhanden.

Schwierigkeiten: Acht verschiedene Waldeigentümer:innen vom Projekt betroffen, dies braucht Vertrauen und Überzeugungsarbeit.

Was wurde aus diesem Projekt gelernt? Wichtig ist die Überzeugungsarbeit bei den Waldeigentümer:innen. Je mehr gute Beispiele umgesetzt sind, desto leichter finden sich neue. Geholfen hat, dass die Parzellen in einem Auenwaldgebiet von nationaler Bedeutung liegen (Finanzierung durch Bund und Kanton).

3.7. Wiederherstellung von Quell-Lebensräumen

Definition Quell-Lebensräume

Quellen sind Stellen, an denen Grundwasser dauerhaft oder zeitweise an die Oberfläche austritt. Der Quell-Lebensraum umfasst neben dem direkten Austritt auch die ersten zehn Meter des Bachlaufes, der an der Quelle entspringt. Quellen lassen sich unterteilen in Fliess-, Sicker- und Tümpelquellen. Fliessquellen (Rheokrenen) befinden sich in Hanglagen und sind oft der Ursprung von Bächen. Sickerquellen (Helokrenen) entstehen durch einen Grundwasseraustritt in flacherem Gelände, um den herum sich Moorvegetation und ein Quellsumpf bilden. In Tümpelquellen (Limnokrenen) wird das Wasser vor dem Abfließen in einer Geländevertiefung oder Mulde zu einem Quelltümpel aufgestaut [89].

Charakteristisch für Quell-Lebensräume ist ihre Kleinflächigkeit, ihre relativ konstante, niedrige Temperatur, ihre Nährstoffarmut und ihr Struktureichtum durch die mosaikartige Verzahnung aquatischer und terrestrischer Bereiche auf kleinem Raum. Diese Bedingungen machen Quellen zum idealen Lebensraum für kälteliebende Arten sowie für Arten, die nährstoffarme Gewässer bevorzugen. Dazu gehören bestimmte Arten der Köcherfliegen, Steinfliegen, Eintagsfliegen, Libellen, Wasserkäfer, Bachflohkrebse oder Wasserschnecken. Diese Arten sind oft hochspezialisiert und zum grossen Teil gefährdet [192]. Durch die spezielle Artenvielfalt auf kleinem Raum stellen viele Quellen Biodiversitäts-Hotspots dar.

Quellen sind insbesondere im Mittelland vielerorts verschwunden und entsprechend gefährdet. Die verbliebenen Quellen finden sich meist in Wäldern. Der Rückgang von Quellen ist vor allem auf ihre Nutzung für die Trinkwassergewinnung zurückzuführen. Weitere Gründe sind die Fassung, Eindolung und Drainage oder die oft unbeabsichtigte Beeinträchtigung bei forst- und landwirtschaftlichen Eingriffen oder bei der Freizeitnutzung.

Quellen liegen im besten Fall in grösseren Lebensräumen, die unter Schutz stehen (z.B. Moore, Auen oder Amphibienlaichgebiete). Ist dies der Fall, fallen die Quellen unter die Schutzbestimmungen dieser Lebensräume. Allerdings sind unauffällige Quellen auch innerhalb von Schutzgebieten manchmal beeinträchtigt und benötigen Massnahmen zur Wiederherstellung. Für Quellen ausserhalb von Schutzgebieten müssen spezifische Massnahmen zum Schutz umgesetzt werden.

Waldzielarten in Quellen und Quellfluren: Quellen und Quellfluren (Lebensraumtyp 1.3 nach Delarze et al. 2015 [95]) beherbergen viele national prioritäre Arten, darunter vor allem viele Wirbellose (Steinfliegen, Köcherfliegen, Eintagsfliegen, Libellen, Käfer, Schnecken). Speziell als Waldzielarten gelten dabei aber nur vier Arten, da das Vorkommen vieler wirbelloser Quellspezialisten nicht ausreichend beschrieben ist. Die als Waldzielarten definierten Arten sind:

- Amphibien: Feuersalamander *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758)
- Amphibien: Gelbbauchunke *Bombina variegata* (Linnaeus, 1758)
- Reptilien: Ringelnatter *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) s.l.
- Baum-/Erbewohnende Flechten: Dunkelköpfige Stecknadelflechte *Chaenotheca phaeocephala* (Turner) Th.Fr.

Wirbellose Kleintierarten mit enger Bindung an Quell-Lebensräume im Wald sind die Gestreifte Quelljungfer (*Cordulegaster bidentata*), verschiedene Köcherfliegen wie *Apatania fimbriata*, *Drusus alpinus*, *Ernodes articularis*, die Eintagsfliege *Baetis nubecularis* oder Steinfliegen wie *Dictyogenus jurassicum* und *Isoperla lugens*.



Abbildung 13

Aufstossendes Wasser speist einen Weiher und bildet eine Weiherquelle. Am nördlichen Hangfuss der Stockhornkette, Gemeinde Reutigen, Kanton Bern. Foto: Jan Ryser, BAFU

Mögliche Ausgangslagen

Abwägungen zum möglichen Aufwand und Nutzen einer Quell-Renaturierung im Wald müssen die Ausgangslage der Quelle in Betracht ziehen:

- *Quelle wenig beeinträchtigt und naturnah* (leichte Veränderung der Wasserdynamik oder -qualität): Erhalt hat Priorität. Optimierungsmassnahmen im Bereich des Austritts und des Quellbachs können schleichende Verschlechterungen des Zustands verhindern.
- *Quelle durch Bauwerke beeinträchtigt* (Quellfassungen, Verrohrungen): Ursachen der Beeinträchtigung beseitigen, um naturnahen Zustand herbeizuführen.
- *Abflussregime der Quelle beeinträchtigt* (Verrohrungen des Quellbachs, Einstauung der Fliessquelle, Entwässerungsgräben im Quell-Umfeld): Ursachen der Beeinträchtigung entfernen, um naturnahen Zustand herbeizuführen. Quellbach soll natürliches Abflussregime entwickeln.
- *Quelle durch oberflächliche Veränderungen beeinträchtigt* (Bestand von Nadelhölzern um Quelle, Lagerung von Holzabfall etc.): Ursachen der Beeinträchtigung entfernen, um naturnahen Zustand herbeizuführen. Forstwirtschaftliche Eingriffe im Quellbereich minimieren.
- *Quelle zerstört* (vollständige Verbauung von Quellaustritt und Quellbach ohne naturnahe Restlebensräume und Lebensgemeinschaften): Renaturierung kann sinnvoll sein, wenn die Möglichkeit der Vernetzung mit naturnahen Quellen in der Nähe besteht. Die Renaturierung schafft dann einen Sekundärlebensraum, der besiedelt werden kann.

Der mögliche Aufwand für die Renaturierung wird beeinflusst von den Besitz- und Nutzungsansprüchen der Wald- und/oder Gewässerbesitzer:innen, der Erreichbarkeit der Quelle, der Anzahl und dem Zustand der Verbauungen und der allfälligen Notwendigkeit für besondere Bewilligungen. Das ökologische Potenzial einer Renaturierung ist primär abhängig von der Nähe zu anderen Quellen und dem derzeitigen Vorkommen typischer oder gefährdeter Arten [193], [194]. Besonderes Potenzial für eine Renaturierung findet sich bei beeinträchtigten Quellen unter folgenden Umständen [90]:

- Brunnenstuben und Quellfassungen, die aktuell nicht mehr verwendet werden
- Quellen mit Beeinträchtigungen oder Fassungen in der Nähe (<100 m) von Naturschutzgebieten, deren Wasser nicht mehr verwendet wird
- Gefasste Quellen mit permanentem Überlauf, der einen relativ naturnahen Quell-Lebensraum speist.

Mögliche Massnahmen für die Wiederherstellung von beeinträchtigten Quellen

Die häufigsten Beeinträchtigungen der Quellen im Wald sind Verbauungen (Rohre, Fassungen, Brunnen), Holzabfall auf dem Quellbereich und Wege, Waldstrassen oder Rückegassen, die den Quellbereich kreuzen [195]. Durch Massnahmen gegen diese Beeinträchtigungen können Quellen renaturiert und die Umgebung der Quellen wiedervernässt werden. Sind die hydrologischen Gegebenheiten wiederhergestellt, sollte die Quelle inklusive ihrer Kernzone sowie ihrer Umgebungszone abgegrenzt und bei forstwirtschaftlichen Eingriffen besonders berücksichtigt werden. Ebenfalls sollte der Wald im Quellbereich von standortfremden Nadelhölzern befreit und in eine standortgerechte Waldgesellschaft (Kapitel 3.4 Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder, Tabelle 1) überführt werden, da Nadelstreu von typischen Quellbewohnern schlecht verwertet werden kann. Zudem behindert die starke Beschattung durch Nadelbäume die Entwicklung der typischen Flora und Fauna, und die Nadeln versauern das chemische Milieu der Quelle. Ein renaturierter Quell-Lebensraum benötigt kaum Pflege, aber Massnahmen, die ihn vor erneuten Beeinträchtigungen schützen. Mögliche Massnahmen zur Renaturierung und Pflege von Quell-Lebensräumen werden in Tabelle 7 aufgeführt.

Weitere Informationen: Wichtigste Informations- und Ansprechstelle für Quellkartierungen und Quellrenaturierungen in der Schweiz ist die Beratungsstelle Quell-Lebensräume [89], [196], die Kantone und Gemeinden bei der Umsetzung und Koordination von Massnahmen unterstützt. Neben der Beratung bezüglich Quell-Lebensräumen gehört das Datenmanagement (MIDAT-Sources) über Quellen in Zusammenarbeit mit info fauna zu ihren Aufgaben. Auf der Webseite der Beratungsstelle Quell-Lebensräume finden sich Anleitungen, Merkblätter und Protokolle zur Erfassung und Ökologie sowie zum Schutz von Quellen. Zusätzlich existiert eine Sammlung an Publikationen zum Einfluss des Klimawandels auf Quellen.

Das Landesamt für Umwelt Bayern hat ebenfalls einen ausführlichen Massnahmenkatalog für den Quellschutz herausgegeben, der detailliert auf mögliche Massnahmen und die jeweiligen Vor- und Nachteile hinweist [193].

Tabelle 7

Mögliche Umsetzungsmassnahmen für die Wiederherstellung von Quellen im Wald. Die Angaben zu Zeitaufwand und Kosten der Massnahmen basieren auf Einschätzungen von Expert:innen. Zeitaufwand: sehr kurz (<1 Tag), kurz (einige Tage), mittel (Wochen - Monate), lang (wenige Jahre), sehr lang (viele Jahre)). Kosten: Einschätzung von Einzelmassnahmen relativ zu anderen möglichen Massnahmen innerhalb eines Projektes zwischen gering (kleiner Posten im Gesamtbudget), mittel (mittlerer Posten im Gesamtbudget), hoch (signifikanter Posten im Gesamtbudget).

Massnahme	Details	Zeitaufwand	Kosten (Einschätzung)
Kartieren des Quellbereiches	Erfassen des Perimeters von Kern- und Umgebungszone einer Quelle durch Begehungen im Feld und faunistische Erhebungen. Die faunistischen Erhebungen benötigen Fachexpertise. Kapitel Flächen für Quellenrenaturierung	gering - mittel	gering - mittel
Wasserbauliche Massnahmen			
Entfernung von Quellfassungen und Waldbrunnen	Quellfassungen und Waldbrunnen sollten für eine Renaturierung möglichst entfernt werden. Je nach Gegebenheiten ist Maschineneinsatz notwendig. Dabei sollte auf die Bodenbedingungen im Umfeld geachtet werden. Gefrorener Boden im Winter oder trockener Boden im Sommer sind am besten für Maschineneinsatz geeignet.	mittel - hoch	mittel - hoch
Blockierung des Austrittsrohrs von Quellfassungen	Soll eine Quellfassung oder ein Brunnen erhalten werden, kann ein Überlauf geschaffen werden, aus dem das Wasser in den Boden gelangt und als Bach weiterfliessen kann.	gering	gering - mittel
Ausdolung von Bachoberläufen	Einsatz von Baggern oft notwendig, um Eindolungen zu entfernen. Dabei sollte auf die Bodenbedingungen im Umfeld geachtet werden. Gefrorener Boden im Winter oder trockener Boden im Sommer sind am besten für Maschineneinsatz geeignet.	mittel	mittel - hoch

Entfernung oder Zerstörung von Rohren zur Entwässerung/ Wasserleitung	Einsatz von Baggern oft notwendig, um Rohre auszugraben und zu entfernen oder zu zerstören. Dabei sollte auf die Bodenbedingungen im Umfeld geachtet werden. Gefrorener Boden im Winter oder trockener Boden im Sommer sind am besten für Maschineneinsatz geeignet.	mittel	mittel - hoch
Wasserbauliche Massnahmen			
Etablierung standorttypischer Arten	Quellen sind besonders wertvoll für die Biodiversität, wenn sie von lichten Laubbaumbeständen (z.B. Erlen- oder Eschengesellschaften) umgeben sind. In subalpinen Lagen können Nadelhölzer standorttypisch sein. Kapitel 3.4 Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder, Tabelle 1	gering	mittel
Auslichtung des Waldes durch Entfernung von standortfremdem Nadelgehölz	Die Entfernung nicht standorttypischer Nadelhölzer trägt zur Biodiversitätsförderung bei (höherer Lichteinfall, weniger schwer abbaubare Nadelstreu). In subalpinen Lagen können Nadelhölzer standorttypisch sein. Kapitel 3.4 Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder, Tabelle 1	gering (meist einmalig)	gering
Entfernung Holzabfall	Entfernung von Holzabfall aus dem Quellbereich ermöglicht es aquatischen Insekten, die Quellen als Orte für die Eiablage zu nutzen. Zukünftige Deponierung verhindern.	gering	gering
Verlegung von Wegen und Rückegassen	Falls Wege, Waldstrassen oder Rückegassen durch den Quellbereich führen, sollten diese nach Möglichkeit verlegt werden.	gering	gering - mittel
Pflegemassnahmen			
Sensibilisierung relevanter Akteur:innen	Waldeigentümer:innen und -nutzer:innen, Forstpersonal, Fachstellen für den Schutz der Quell-Lebensräume sensibilisieren, um unabsichtliche Schäden wie z. B. durch Deponieren von Holzabfall zu vermeiden. Dies kann über Informationsmaterial, Informationsanlässe, Lehrpfade, mediale Beiträge usw. geschehen.	gering - mittel	gering
Schutz vor maschineller Bewirtschaftung	Quellen in Waldentwicklungsplänen berücksichtigen und als Schutzzonen ausweisen.	gering	gering
Besucher:innenlenkung und Information: Vermeidung von Trittschäden	Markieren des Quellbereiches (Wegleitung, Informationstafeln, Bepflanzungen, Umzäunungen usw.) mit dem Ziel, das Betreten zu verhindern.	gering - mittel	gering - mittel
Entfernen von Futter- und Salzstellen für Rot-, Dam- und Schwarzwild	Rot-, Dam- und Schwarzwild können in Quellen Trittschäden verursachen. Keine Futter- und Salzstellen in Quell-Lebensräumen.	gering	gering
Entfernung Neophyten	Im Quellbereich vorkommende Neophyten sind zu entfernen, um die Entwicklung einer standortgerechten Flora zu ermöglichen.	gering - lang (je nach Art)	gering - hoch (je nach Art)

Erwartbarer Projektverlauf

Der erwartbare Verlauf eines Projektes zur Renaturierung von Quell-Lebensräumen hängt von der Ausgangssituation ab. Ergibt eine professionelle Bewertung ein hohes Realisierungspotenzial [90], ist die Dauer der Renaturierung inklusive der Entwicklung einer standortgerechten Artenvielfalt im kurz- bis mittelfristigen Bereich (einige Jahre bis Jahrzehnte) anzusiedeln (Abbildung 14).

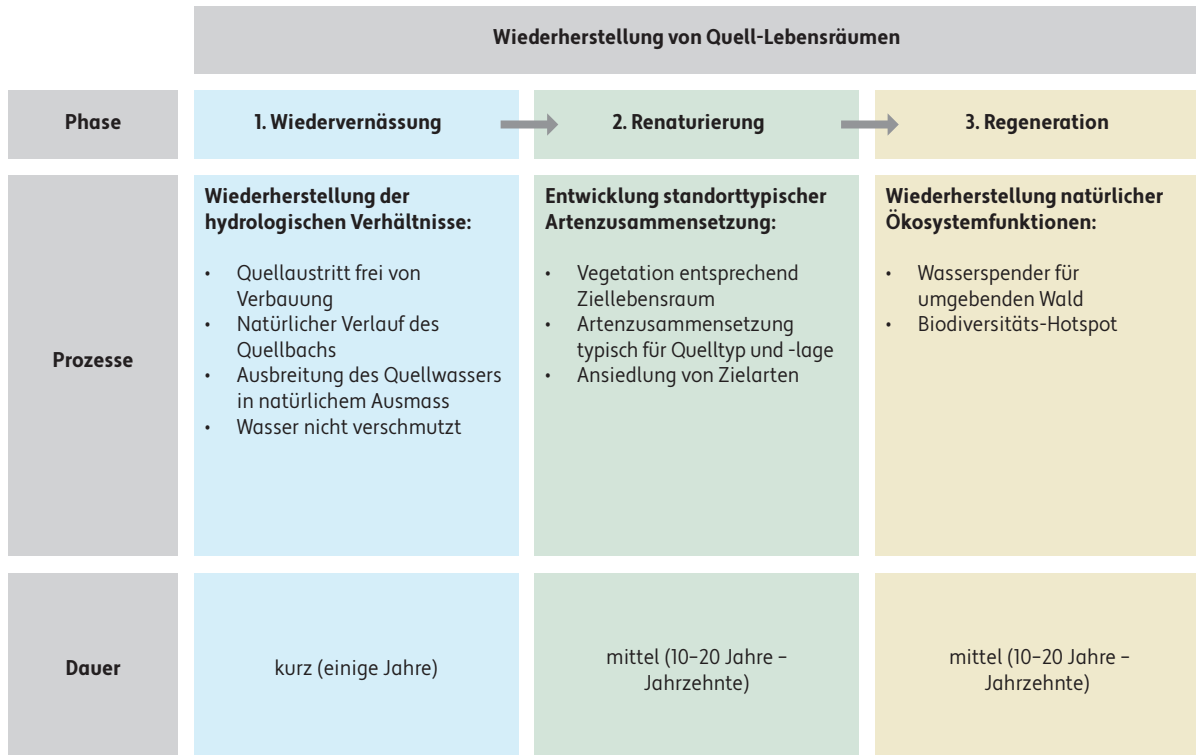


Abbildung 14

Verlauf einer Wiederherstellung von Quell-Lebensräumen mit erwartbarer Dauer der einzelnen Phasen. Grafik: Eigene Darstellung

Mögliche Nutzungsformen

Schutzgebiete: Quell-Lebensräume können als Naturschutzgebiete ausgeschieden werden, sofern sie gross genug oder miteinander vernetzt sind. Es bietet sich auch eine Kombination mit dem Schutz der Feuchtwälder an, die die Quellen umgeben. Sie können in Form von Waldreservaten geschützt werden (Kapitel Sicherung von Flächen). Kleinflächige Quellen und ihre Umgebung können, bei entsprechendem Baumbestand, auch über die Massnahme einer Altholzinsel (Infobox 3, Massnahme M2.3 in Imesch et al. 2015 [1]) geschützt werden. Niederschwelliger können Quell-Lebensräume geschützt werden, indem sie von Gemeinden in ihr kommunales Naturinventar, ihre Waldentwicklungspläne oder Baureglemente aufgenommen werden [197]. Nutzungsverträge oder -vereinbarungen zwischen Kantonen und den Gemeinden oder Grundeigentümer:innen können dazu beitragen, Quell-Lebensräume zu erhalten. Dabei können Kern- und Pufferzonen von Quellen mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsbeschränkungen ausgeschieden werden. Im Berggebiet ist es von Bedeutung, bei der Entwässerung von Schutzwäldern auf Quell-Lebensräume zu achten.

Infobox 3: Definition Altholzinsel aus dem Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2025–2028 [91]:

Eine **Altholzinsel** ist ein Waldbestand oder eine kleine Baumgruppe in fortgeschrittenem Alter, mit hohem Anteil an Alt- bzw. Biotopbäumen, die bis zum natürlichen Zerfall sich selber überlassen werden. In der Regel sind sie 1–5 ha gross. Im Gegensatz zu Reservaten sind Altholzinseln keine langfristig ortsfest bestimmten Flächen. Sie werden nach dem biologischen Zerfall der Bäume wieder aufgegeben und in die normale Bewirtschaftung integriert, aber allenfalls durch andere geeignete Baumgruppen bzw. Bestände in der Nähe ersetzt.

Erholung: Quell-Lebensräume können für die Naherholung attraktive Landschaftselemente darstellen. Hierbei ist es wichtig, mit einer Besucher:innenlenkung im Quell-Lebensraum einen ausreichenden Schutz vor Trittschäden und Vermüllung sicherzustellen. Informationstafeln können zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Besonderheiten des Lebensraums Quelle beitragen.

Fallbeispiel: Renaturierung Fassungen Sorgenti Veroniche, Minusio

Steckbrief:

- Minusio (TI)
- Fliessquellen/Hangquellmoor
- Fläche: 210 m²
- Dauer: 2010 (Konzept)–2022 (Ausführung)
- Kosten: Fr. 60'000.–
- Bauherr: Luca Jardini (Cardada impianti turistici), Massimiliano Foglia (Ufficio natura e paesaggio)
- Konzept + Projekt: Gabriele Carraro (Dionea SA)
- Link: <https://www.cardada.ch/en/activities/percorso-sorgenti-veroniche>



Abbildung 15
Rundweg Sorgenti Veroniche, Minusio (TI). Foto: Dionea SA

Ausgangslage: Der Quellenkomplex Veroniche in Minusio besteht aus zahlreichen Fassungen, deren Überläufe ein Hangmoor speisen. Der Bauherr (Cardada impianti turistici - CIT) hat zwei Hauptfassungen saniert (Trinkwasser; Waldbrandbekämpfung), aber auf alle anderen Nebenfassungen verzichtet.

Projektziele: Renaturierung eines Quellenkomplexes mit vier Quellaustritten: Aufwertung der Quell-Lebensräume und eine bessere Versorgung des Hangmoors.

Massnahmen Umsetzung: Renaturierung des Hangmoors durch eine bessere Wasserbewirtschaftung des Überlaufs der Hauptfassung und die Wiederbelebung des Quellbachnetzes. Aufgabe von vier kleinen Fassungen und Renaturierung von 70 m² Quell-Lebensräumen am Fuss der Felswand. Konzepte zur Lenkung der Fussgänger, Stege und Zäune.

Massnahmen Pflege: Jährlicher Unterhalt.

Tabelle F.4

Kosten des Projektes während der Umsetzung und für die Pflege inklusive jeweiliger Kostenträger.

Massnahme (Umsetzung und Pflege)	Kosten	Kostenträger
Bauliche Massnahmen	60'000.- Fr.	Cardada impianti turistici
Waldbauliche Massnahmen	10'000.- Fr.	Cardada impianti turistici
Subventionen	70%	ANL+WBA Nach Wasserschutzgesetz und Auenverordnung
Pflege: z.B. Leistungsvereinbarungen	Im Rahmen des jährlichen Unterhalts	Cardada impianti turistici

Erfolge: Entfernung von Bauten und zerfallenden Zäunen, bessere Speisung des Hangmoors, neu entstandene Quell-Lebensräume an vier Austritten. Erfolgskontrolle ausstehend. Gelegenheit, der lokalen und touristischen Öffentlichkeit ein noch wenig bekanntes Thema (Schutz von Quellen-Lebensräumen) durch ein beispielhaftes Projekt näher zu bringen (bis 10'000 Besucher:innen im Jahr).

Schwierigkeiten: 1) Lange Frist von Konzeption bis Umsetzung, 2) beim Abriss der alten Wasserfassungen wurde zwangsläufig ein Teil der Quellen- und Hangmoorlebensräume zerstört (Anpassung von Baumaschinen und Zielen), 3) teilweise Konservierung alter baulicher Strukturen (Mauern, Einlaufbecken, Rohre), die nun im Gefüge des Quell-Lebensraums integriert sind.

Was wurde aus diesem Projekt gelernt? Die mangelnden Schutzanforderungen und die bescheidenen Wassermengen haben dazu geführt, dass die meisten Quellfassungen aufgegeben und vom Wassernetz abgekoppelt wurden, was die Möglichkeit für die Wiederherstellung eines malerischen und wertvollen Lebensraumkomplexes eröffnet hat.

Die sogenannten «Fontan Veronic» sind mit grossen historischen, kulturellen und symbolischen Werten behaftet: Das Thema Wasser als Gemeinschaftsgut und insbesondere das der Quellen ist sowohl auf materieller Ebene als auch aufgrund der Tatsache aktuell, dass Quellen immaterielle Komponenten haben, die mit Bedeutungen von Kraft und Erneuerung verbunden sind, wie der Ortsname nahelegt.

3.8. Kleingewässer und andere Lebensraumstrukturen als ergänzende Massnahme

Viele Tierarten wie Amphibien, Reptilien, Kleinsäuger und Wirbellose benötigen für ihr Überleben eine reich strukturierte Landschaft mit einem vielfältigen Angebot an Teillebensräumen für die Nahrungssuche, Fortpflanzung, als Rückzugs- und Überwinterungsort sowie für die Wanderung. In ursprünglichen, feuchten Wäldern sind solche Strukturen natürlicherweise durch zeitweise Überflutung, hohe Grundwasserstände, das Absterben von Bäumen, Unwetter oder Tätigkeiten des Bibers etc. entstanden. Wird eine Waldfläche wiedervernässt, fehlt dieser Strukturreichtum oft. Zur Förderung der festgelegten Zielarten unter den Tieren können daher zusätzlich zur Wiedervernässung Lebensraumstrukturen für diese Arten geschaffen werden. Da bei der Umsetzung einer Wiedervernässung diverses Material wie Aushub, holziges und steiniges Material etc. anfällt, sollte dieses bestmöglich vor Ort für einen Mehrwert für die Tiere genutzt werden.

Kleingewässer im Wald

Die wichtige Rolle von Kleingewässern für die Erhaltung und Vernetzung der Biodiversität ist gut belegt [130], [198]. Kleingewässer können sowohl Stillgewässer (Weiher, Teiche, Tümpel) als auch Fliessgewässer (Bäche, Oberläufe, Gräben) sein. Quellen werden in einem separaten Kapitel behandelt. Kleingewässer im Wald oder am Waldrand stellen wichtige Lebensräume für eine Vielzahl von Arten dar. So sind fast alle Amphibienarten in der Schweiz zumindest für einen Teil ihres Lebenszyklus auf geeignete Laichgewässer, aber auch auf Landlebensräume im Wald angewiesen. Zudem profitieren viele Reptilien, Insekten und andere Wirbellose von Kleingewässern im Wald.

Permanente Stillgewässer: Als kleine Stillgewässer werden alle nicht fliessenden Gewässer bezeichnet, die kleiner als fünf Hektaren sind und deren gesamter Wasserkörper bis zum Grund lichtdurchflutet ist. Führt ein Gewässer übers Jahr hinweg durchgehend Wasser ohne auszutrocknen, so wird es als permanentes Gewässer bezeichnet. Permanente Weiher beherbergen viele Arten von Amphibien, Schnecken, Wasserinsekten sowie Larven von Libellen, Eintagsfliegen etc. Fische finden sich natürlicherweise nicht in Weihern, sofern kein Anschluss an ein Fliessgewässer besteht. Sie können diese aber bei Überschwemmungen und durch Aussetzungen durch den Menschen besiedeln.

Temporäre Stillgewässer: Als temporäre Stillgewässer bezeichnet man Kleingewässer, welche jedes Jahr oder alle paar Jahre austrocknen. Viele Amphibienarten, aber auch Libellen, Kleinkrebse, Moose und Pflanzen sind auf diese Art von Gewässer spezialisiert und benötigen diese zum Überleben. Weil sie immer wieder trockenfallen, sind temporäre Kleingewässer grösstenteils frei von räuberischen Wasserlebewesen wie Fischen oder Libellen- und Wasserkäferlarven mit langer Entwicklungszeit [199], [200]. Temporäre Gewässer sind in der Schweiz selten geworden, insbesondere wegen der aktiven Entwässerung von Kulturland, Wald und Siedlungsraum, wegen Gewässerkorrekturen, die Überschwemmungen verhindern, der Kontrolle der Seepiegel, aber auch durch den Einfluss des Klimawandels [201].

Fliessgewässer: Kleine Fliessgewässer sind als Lebensraum, aber auch für die Vernetzung von Lebensräumen wichtig. Im Wald sind sie oft kühle Rückzugsorte für Fischarten wie Groppe oder Bachforelle, aber auch für Flusskrebse und viele Insektenlarven. Kleinere, fischfreie Bäche und Rinnsale im Wald sind die Hauptfortpflanzungsgewässer des Feuersalamanders. Kleine Fliessgewässer sind oft durch Eindolungen oder künstlichen Schwellen beeinträchtigt, die Wanderhindernisse für Fische und Flusskrebse darstellen.

Zielarten: Zielarten bei der Erstellung von Kleingewässern im Wald können fast alle heimischen Amphibienarten sein, aber auch Reptilien, Libellen, Mollusken, Wasserkäfer oder Pflanzen mit speziellen, an Kleingewässer gebundenen Lebensraumansprüchen. Eine Liste mit Waldzielarten, die im Lebensraumtyp Gewässer (1.) nach Delarze et al. 2015 [95] vorkommen, findet sich in Tabelle A1.5 im Anhang A1 Waldzielartenliste für feuchte und nasse Waldgesellschaften.



Abbildung 16

Weiher bei Laupen. Foto: Irina Bregenzer, info fauna karch.

Mögliche Massnahmen für das Anlegen von Kleingewässern

Mögliche Massnahmen für das Anlegen und die Pflege von Kleingewässern im Wald werden in Tabelle 8 aufgeführt.

Kombination mit flächiger Wiedervernässung: Ist ein vielfältiges Terrain mit grösseren und kleineren Vertiefungen vorhanden, führt ein Anheben des Grundwasserspiegels oftmals von selbst zum Entstehen von permanenten oder temporären Kleingewässern. Entstehen aufgrund der hydrologischen Bedingungen keine oder nur wenige Gewässer, können diese gezielt angelegt werden. Dies lässt sich oft mit anderen Massnahmen zur Renaturierung verbinden. So können bei der Gewinnung des Materials für das Auffüllen von Drainagegräben Gruben oder Mulden ausgebaggert werden, die sich beim Ansteigen des Grundwasserspiegels zu Teichen oder Weihern entwickeln. Drainagegräben, die durch Dämme blockiert werden, können stehende Kleingewässer entlang des ursprünglichen Grabenverlaufs bilden [129], [202]. In Moorhabitaten sind die so entstehenden Tümpel allerdings nicht direkt vergleichbar mit natürlichen Moortümpeln, sondern stellen neue Habitate mit anderen physikalischen und chemischen Parametern dar [129], [202], [203].

Amphibienförderung: Knapp 80% der einheimischen Amphibienarten sind in der aktuellen Roten Liste der Amphibien in der Schweiz als gefährdet aufgeführt [192]. Feuchte Wälder sind durch das direkte Nebeneinander von Laichgewässern und geeigneten Landlebensräumen ideal für die Amphibienförderung. Verschiedene Amphibienarten benötigen allerdings unterschiedliche Typen von Kleingewässern (fliessend oder stehend, permanent oder temporär, besonnt oder schattig etc.) [204]. Für eine erfolgreiche Förderung müssen die Lebensraumansprüche der Projekt-Zielarten bei der Planung von Kleingewässern berücksichtigt werden [200]. Wenn immer möglich, sollte eine Auswahl verschiedener Gewässertypen mosaikartig kombiniert werden [205]. Ausserdem müssen Amphibiengewässer ausserhalb anderer wertvoller Lebensräume wie z.B. Quellen angelegt werden [206].

Pflegemassnahmen: Der Schutz vor Verlandung und übermässiger Beschattung, die Wiederherstellung des Pioniercharakters bei temporären Gewässern und die Neophytenbekämpfung sind die wichtigsten Pflegemassnahmen an Kleingewässern. Generell benötigen grössere Gewässer weniger Unterhalt als kleinere Gewässer. Bei allen Pflegemassnahmen ist auf den richtigen Zeitpunkt sowie das richtige Ausmass zu achten. Der richtige Zeitpunkt bezieht sich darauf, dass die Pflegemassnahmen die Fortpflanzung und Aufzucht bzw. Larvenentwicklung der vorkommenden Arten (Amphibien, Vögel, Wirbellose etc.) nicht stören. Darum empfiehlt sich der Herbst für Pflegeeingriffe (ausser bei der Neophytenbekämpfung). Massnahmen wie Uferpflege oder Entnahme von organischem Material werden am besten gestaffelt durchgeführt, so dass nie das gesamte Gewässer oder alle Gewässer einer Fläche gleichzeitig betroffen sind. Dies ermöglicht Rückzugsorte für Lebewesen und die Entwicklung von Sukzessionsstadien in und um die Gewässer. Informationen zur Bekämpfung von Neophyten finden sich auf der Webseite von info flora (www.infoflora.ch > Neophyten > Invasive Neophyten).

Anleitungen: Welche Art Gewässer an einem Ort Sinn macht, und welche Pflegemassnahmen in welchem Rhythmus nötig sind, muss anhand der örtlichen Gegebenheiten und der Bedürfnisse der Zielarten beurteilt werden. Gut dokumentierte, praxisrelevante Anleitungen und Merkblätter zum Anlegen und zur Pflege von Kleingewässern finden sich auf den Webseiten der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (www.infofauna.ch > Nationale Koordinationsstellen > Amphibien > Förderung der Amphibien > Weiherbau für Amphibien), der Fischereiberatungsstelle (FIBER, www.fischereiberatung.ch > Broschüren [207]), Pro Natura (z.B. Pro Natura Baselland [208]) oder bei der Plattform Naturförderung (www.biodivers.ch > Stillgewässer).



Abbildung 17

Neben dem Rotbach im Südwesten des Auengebiets Nr. 338 „Unterer Schiltwald“ besteht im Auenwald (Ulmen-Eschenwald im Übergangsstadium an Flüssen) ein künstlich gegrabener Amphibientümpel. Foto: Jan Ryser, BAFU



Abbildung 18

Blick auf einen Weiher, der auf einer Schotterterrasse des Rheins im Auengebiet Nr. 25 „Trimmiser Rodauen“ zur ökologischen Aufwertung angelegt wurde, umgeben von aufkommenden Weiden, Pappeln und weiteren Gehölzen. Foto: Jan Ryser, BAFU

Tabelle 8

Mögliche Massnahmen für das Anlegen von Kleingewässern im Wald. Es handelt sich um ergänzende Massnahmen zu flächigen Wiedervernässung von Wäldern. Kosten und Zeitaufwand können sich je nach Umfang stark ändern.

Massnahme	Details
Ausheben von kleinen Stillgewässern	<p>Mithilfe von Baggern oder manuell werden kleinere oder grössere Vertiefungen gegraben. Diese füllen sich, sofern der Wasserspiegel genügend ansteigt, von selbst permanent oder temporär mit Wasser.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundwasserweiher: Tiefe je nach Grundwasserspiegel. Bei schwankendem Grundwasserspiegel Gewässer so anlegen, dass es während Teilen des Jahres trocken liegt (Messungen nötig). - Weiher mit undurchlässigem Untergrund: An feuchten Stellen mit undurchlässigem Untergrund können Vertiefungen ausgehoben und maschinell verdichtet werden. Solche Gruben halten oft lange genug Wasser, so dass sich Amphibien und andere Wasserorganismen entwickeln können. <p>Das ausgebagerte Erdreich kann direkt für das Auffüllen von Drainagegräben verwendet werden.</p>
Einstauen von Drainagegräben	<p>Anstatt Drainagegräben über die ganze Länge aufzufüllen, können einige Abschnitte offen belassen und allenfalls noch vertieft oder verbreitert werden, damit sich dort Wasser ansammelt. Vor allem bei wenig Gefälle sinnvoll. Das Einstauen kann durch lokales Aufschütten, Spundwände, Querdämme, Wehre mit Schieber oder Holzpalisaden erfolgen.</p>
Kleinstgewässer, Fahrspuren	<p>Werden während der Umsetzung Fahrwege durch Fahrzeuge vertieft und verdichtet, können sich temporäre Pfützen für Gelbbauchunken bilden. Dem kann auch bewusst durch weiteres Befahren nachgeholfen werden. Diese Pfützen haben nur wenige Jahre Bestand. Bei wiederkehrenden Unterhaltsarbeiten können entsprechende Stellen neu gebildet werden. Bodenschutz-Vorschriften beachten! Der Wegunterhalt kann mit der Schaffung kleiner Pioniergewässer am Wegrand kombiniert werden.</p> <p>Wurzellöcher von umgestürzten Bäumen nicht verfüllen, auch dort bilden sich oft Kleinstgewässer.</p>

Entwässerung von Waldstrassen und Wegen an der Oberfläche führen	Werden kleinere Waldstrassen und Wege oberflächlich entwässert, dienen die Entwässerungsgräben ebenfalls als Kleingewässer. Kleinere Gräben können in Becken/Stufen unterteilt werden, um den Abfluss zu verlangsamen und eine Tümpelkette zu bilden. Wenn die Entwässerung nur teilweise oberflächlich erfolgt und später in ein unterirdisches Rohr oder in die Kanalisation geleitet wird, muss sichergestellt werden, dass dies für Kleintiere keine Falle darstellt [209].
Naturnahe Gestaltung von kleinen Fließgewässern und Quellen	Gefasste Quellen und Fließgewässer ausdolen und naturnah gestalten. Künstliche Wanderhindernisse wie Schwellen entfernen, um Wanderung von Fischen und Wirbellosen entlang des Gewässers zu erlauben.
Stauung von Fließgewässern durch Biber	Bei Stauung eines Fließgewässers durch einen Biberdamm entstehen Bibersteiche und Land-Wasser-Mosaik, welche für Amphibien, Fische, Insekten, Wasserpflanzen und viele andere Arten ideale Bedingungen bieten. Es sind keine aktiven Massnahmen nötig. Es reicht, den Biber gewähren zu lassen, wo das mit anderen Nutzungsinteressen vereinbar ist.
Bepflanzung	In der Regel nicht notwendig, da die Spontanbesiedlung meist zuverlässig erfolgt. Spärliche Bepflanzung kann für bestimmte Zwecke nützlich sein (z.B. Schutz vor Erosion, Limitierung Neophyten, Förderung seltener Arten)
Pflegemassnahmen	
Neophytenbekämpfung	Regelmässige Kontrolle und Entfernen von Neophyten verhindert eine permanente Ansiedlung am und im Kleingewässer.
Entfernen von organischem Material im Wasser	Aushub von Schlamm, sich zersetzendem Laub etc. vom Gewässergrund.
Zurückschneiden von Vegetation	Entfernen oder Stutzen von Büschen oder Röhricht, die die Wasseroberfläche zu sehr beschatten oder offene Böschungen überwuchern.
Ablassen des Wassers aus temporären Stillgewässern	Künstlich abgedichtete temporäre Gewässer müssen periodisch abgelassen werden, um die Besiedlung durch Raubinsekten oder Fische zu verhindern.
Besucher:innenlenkung	Falls mit Besucher:innen zu rechnen ist, ist eine Lenkung sinnvoll, z.B. Informationstafeln, Wege, Stege, Zäune. Bei Gewässern in Siedlungsnähe sind ausserdem Sicherungsmassnahmen wie Einzäunungen vorgeschrieben.

Weitere Lebensraumstrukturen

Zur Aufwertung der wiederhergestellten feuchten oder nassen Wälder können weitere Lebensraumstrukturen geschaffen werden. Dazu gehören liegendes und stehendes Totholz, verschiedene Kleinstrukturen aus Holz und Steinen, sandige oder kiesige Böschungen, offene Bodenstellen oder abgestufte Waldränder [210]–[214]. Die Kleinstrukturen bieten Nist- und Schlafplätze, Rückzugs-, Versteck- und Überwinterungsmöglichkeiten für verschiedenste Arten. Ohne diese Strukturen finden viele Zielarten trotz Vernässung keinen Lebensraum [200]. Es ist daher wichtig, bei der Renaturierung von Lebensräumen auf das Vorkommen ausreichender Kleinstrukturen zu achten.

Totholz spielt in feuchten Wäldern eine besondere Rolle: Liegendes Totholz speichert Regenwasser und trägt zum Wasserrückhalt bei [215]. Es schafft ideale feuchte Bedingungen für Amphibien und andere Tierarten, die Totholz als Versteck und für die Nahrungssuche nutzen. Amphibien sind auf grosse Mengen von liegendem Totholz angewiesen [212]. Stehendes Totholz bietet Lebensraum für eine Vielzahl gefährdeter Arten von Vögeln, Käfern, Fledermäusen, Moosen, Flechten und Pilzen [216]. In feuchten Gebirgswäldern wächst zudem mehr als die Hälfte aller Fichten auf Moderholz – es spielt hier für die Waldverjüngung eine wichtige Rolle [216]. Zusätzlich schützt Totholz gegen Bodenerosion bei Starkregen oder Steinschlag [216]. Für den bewirtschafteten Wald in verschiedenen Regionen und Waldtypen der Schweiz wurden Minimalwerte für das Totholz-Volumen festgelegt, die in der Vollzugshilfe “Biodiversität im Wald – Ziele und Massnahmen” im Massnahmenbereich M2 “Förderung von Alt- und Totholz” einsehbar sind [1]. Zur Förderung seltener Arten sollten diese Werte aber deutlich überschritten werden [216]. Die WSL stellt eine ausführliche Sammlung von Informationen und Artikeln zum Thema Totholz zur Verfügung unter www.totholz.wsl.ch.

Neben liegendem Totholz sind auch Strukturen wie Asthaufen, Stein- und Sandhaufen, Wurzelstöcke etc. wertvoll für Reptilien, Amphibien und Kleinsäugetiere. Solche Kleinstrukturen bieten eine Vielfalt an Versteckmöglichkeiten mit unterschiedlichem Mikroklima und helfen so den sie nutzenden Kleintieren bei der Thermo- und Wasserregulation.

Eine Übersicht über mögliche Kleinstrukturen zur Biodiversitätsförderung in feuchten Wäldern zeigt Tabelle 9. Ausführliche Anleitungen und Merkblätter für das Anlegen von Kleinstrukturen zum Zweck der Biodiversitätsförderung finden sich auf den Webseiten der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (www.infofauna.ch > Nationale Koordinationsstellen > Reptilien > Förderung > Aktionspläne und Merkblätter), im Kapitel zu Kleinstrukturen der Plattform Naturförderung (www.biodivers.ch > Kleinstrukturen) sowie auf den Webseiten verschiedener Naturschutzorganisationen wie BirdLife oder WWF Schweiz.

Tabelle 9

Massnahmen für das Anlegen von Kleinstrukturen in feuchten Wäldern. Es handelt sich um ergänzende Massnahmen zu flächigen Wiedervernässungen von Wäldern. Die Kosten und der Zeitaufwand können sich je nach Umfang stark ändern.

Massnahme	Details
Liegendes Totholz	Bei Umsetzungs- und Pflegemassnahmen sowie bei natürlicherweise anfallendem Totholz dieses nicht abführen, sondern vor Ort liegen lassen. Besonders wertvoll sind Stücke mit grösserem Durchmesser.
Stehendes Totholz	Bäume, die durch die Wiedervernässung des Bodens oder aus anderen Gründen absterben und stehen bleiben, sind wertvolle Lebensräume für geschützte Käfer, Vögel, Säugetiere, Moose, Flechten und Pilze. Verhinderung Befall Borkenkäfer: Abgestorbene Fichten oder Fichtenstämme, die für die Biodiversitätsförderung stehen gelassen werden, laufen Gefahr, vom Borkenkäfer befallen zu werden. Zur Verhinderung eines Befalls kann die Borke in regelmässigen Abständen senkrecht eingeritzt werden. Das verhindert die Besiedlung durch Borkenkäfer, erhält aber Totholz als Lebensraum [217]
Asthaufen	Werden bei Pflegemassnahmen Bäume und Sträucher zurückgeschnitten oder entfernt, können die anfallenden Äste zu Haufen aufgeschichtet werden. Idealerweise an einem gut besonnten Ort (z.B. Waldrand, Waldlichtung, Böschungen). Vor allem wertvoll für Reptilien und Insekten.
Wurzelstöcke	Ausgegrabene Wurzelstöcke von Rodungsarbeiten sind ideale Verstecke für Kleintiere. Oft werden sie in Ast- oder Steinhaufen integriert.
Steinhaufen und Steinlinsen	Steinhaufen und Steinlinsen bieten wertvolle Verstecke, besonders für Reptilien und die Geburtshelferkröte. Besonders wertvoll in sonnigen Lagen. Nur in Waldgesellschaften mit durchlässigen Böden oder in Hanglagen sinnvoll. Vor Ort vorkommendes Steinmaterial verwenden.
Offene Bodenstellen, Böschungen und Steilwände	Viele Insektenarten sind auf offene Bodenstellen für die Fortpflanzung angewiesen. Andere Insekten, die Geburtshelferkröte oder der Eisvogel brauchen offene Steilhänge oder Böschungen für ihre Wohn- bzw. Bruthöhlen.

Fallbeispiel: Die Lausanner Waldtümpel

Beitrag: Melanie Annen, Verein Jorat parc naturel

Steckbrief:

- Öffentliche Wälder der Stadt Lausanne
- Ziellebensraum: Permanente Waldtümpel in Erlen- und Eschenwäldern
- Dauer: 2000-2030
- Kosten: 2024 ca. CHF 50'000.- für die Schaffung und den Unterhalt von 10 Waldtümpeln
- Projektverantwortung: Melanie Annen für den Verein Jorat parc naturel und Jacques Pillet für die Stadt Lausanne
- Link: <https://jorat.org/>



Abbildung 19

Teich, der 2024 vom Verein Jorat parc naturel angelegt wurde. Foto: Verein Jorat parc naturel

Ausgangslage: Wälder, die stark entwässert wurden, um Fichten zu pflanzen.

Projektziele: Seit Ende der 1990er Jahre verfolgt die Stadt Lausanne das Ziel, die Hydrologie in einigen Teilen ihrer Wälder wiederherzustellen.

- Auffüllen von Entwässerungsgräben dort, wo feuchtigkeitsliebende Arten vorkommen und an Standorten mit feuchten Waldgesellschaften.
- Schaffung von Waldtümpeln, um das ökologische Netzwerk des Kantons Waadt zu stärken.

Diese Bemühungen werden heute in der Übergangszone des Parc Naturel du Jorat fortgesetzt, der 2021 das Label „Park von nationaler Bedeutung“ erhalten hat. Der Verein Jorat parc naturel, der für die Verwaltung des Parks zuständig ist, hat die Schaffung und den Unterhalt von Waldtümpeln in seinen Aktionsplan zur Förderung der Biodiversität aufgenommen, ebenso wie deren langfristige wissenschaftliche Begleitung.

Massnahmen Umsetzung: Auffüllen von Entwässerungsgräben, gezieltes Fällen von Nadelbäumen (vorrangig Fichten), wo möglich Erhalt von Eschen und Erlen, Entfernung von Büschen und Bäumen, um Licht in den Wald zu bringen. Anlegen von Waldtümpeln: Tiefe 80 cm bis 1 m mit sanften Ufern zur Förderung der Biodiversität und eines Überlaufs aus Holz. Bei lehmigem Boden wurden keine Planen verwendet. Wissenschaftliches Monitoring der Waldtümpel mittels dreier aquatischer Gilden.

Massnahmen Pflege: Ca. alle 6 bis 8 Jahre notwendig: Entfernung von Büschen und Bäumen. Mähen von Pflanzen und Ausreissen invasiver Pflanzenarten.

Tabelle F.5

Detaillierte Kosten des Projektes während Umsetzung und für Pflege inklusive jeweiligem Kostenträger.

Massnahme (Umsetzung und Pflege)	Kosten	Kostenträger
Schaffung der Waldtümpel	Ca. 50'000.- Fr.	Bund, Kanton Waadt, Stadt Lausanne und Naturpark Jorat
Instandsetzung, Modellierung der sanft abfallenden Ufer usw.		
Baumfällung und Entbuschung		
Mähen und Bekämpfung invasiver Pflanzenarten		

Erfolg: Im Winter nach der Anlage der Teiche war schon Laich von Grasfröschen vorhanden.

Schwierigkeiten: 1) Für die Schaffung neuer Biotop ab einer bestimmten Grösse wird eine öffentliche Ausschreibung verlangt. Dies erfordert eine frühzeitige Planung, da der Prozess mehrere Monate in Anspruch nehmen kann. 2) Projekte mit mehreren Akteur:innen erfordern eine verstärkte Koordination. Diese Kooperationen sind bereichernd, und langfristig werden bessere Ergebnisse erzielt. 3) Die erstellten Biotop erfordern ein kontinuierliches Management, um sie zu erhalten: Pflegemassnahmen werden alle 6 bis 8 Jahre durchgeführt.

Was wurde aus dem Projekt gelernt? Nach der Renaturierung des Lebensraums erholt sich die Natur schnell wieder. Dennoch ist eine regelmässige Überwachung der Biotop notwendig, um sicherzustellen, dass der Überlauf den Wasserstand korrekt reguliert, dass der Teich nicht verlandet (Zufuhr von organischem Material durch umliegende Bäume) und um invasive Pflanzen zu kontrollieren.

3.9. Vernässung von Wäldern durch Biber

Der Biber in der Schweiz

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts war der Biber in grossen Teilen Europas, inklusive der Schweiz, durch Jagd ausgerottet. Die Population in der Schweiz nimmt seit seiner Wiederansiedlung in den Jahren 1956 bis 1977 aber wieder stetig zu. Im Jahr 2022 lebten schweizweit ca. 4'900 Biber in 1'382 Revieren [218]. Der Biber ist heute laut der Roten Liste der Schweiz nicht mehr gefährdet [219], behält aber weiterhin seinen Status als national geschützte Art. Etwa 11% seiner Reviere befinden sich vollständig im Wald, weitere 14% befinden sich teils im Wald, teils im Offenland. Der am häufigsten besiedelte Gewässertyp sind Bäche (0,5 - 5 m Breite). Biberreviere finden sich auch regelmässig entlang von Flüssen sowie an Ufern von Seen und grossen Weihern [220], [221].

Biber werden als Ökosystemingenieure bezeichnet, da sie Lebensräume durch den Bau von Dämmen umgestalten können. Sie benötigen Gewässer mit einer Mindestdiefe von ca. 50 cm, damit die Eingänge der ins Ufer gegrabenen Wohnhöhlen zum Schutz vor Fressfeinden unter Wasser liegen. Biberdämme vergrössern den Lebensraum der Biber, machen weit entfernte Nahrungsquellen schwimmend zugänglich und erleichtern den Transport von Baumaterial auf dem Wasserweg. Im Biberreich oberhalb eines Biberdammes bilden sich neue Lebensräume, die von dynamischer Vernässung geprägt sind. Diese haben einen positiven Einfluss auf die Biodiversität und stellen viele Ökosystemleistungen bereit [222].

Biber sind effektive und kostengünstige Wiedervernässer von Wäldern. Es ist deshalb wichtig, sie in das Umweltmanagement mit einzubeziehen und den Gewässern wo möglich Raum zu lassen, damit die Biber ihre positive Wirkung entfalten können.

Um diese Effekte auch unabhängig von der Ansiedlung eines Bibers zu erreichen, wurden sogenannte "Beaver Dam Analogs" (BDA) entwickelt, welche die Hydrologie eines Fließgewässers in ähnlicher Weise wie ein natürlicher Biberdamm beeinflussen und damit zur Wiedervernässung beitragen (Infobox 4). BDA sind eine eher

kurzfristige Massnahme (Haltbarkeit < 10 Jahre), die dem Gewässer Gelegenheit zur Regeneration natürlicher Bedingungen gibt [222]. BDA können Biberdämme in ihrer Funktion nicht vollständig ersetzen, weil die wichtige Dynamik durch die Bibertätigkeit fehlt. Im Idealfall macht der Bau von BDA ein Gewässer für eine Besiedlung durch Biber attraktiv. Der Nachweis des längerfristigen Nutzens von BDA und deren Auswirkungen auf die Ökologie und Biodiversität von Gewässern muss durch Wirkungsanalysen noch erbracht werden.

Aktivitäten von Bibern können auch Konflikte verursachen. Hierbei geht es vor allem um Frassschäden an Bäumen, Vernässung von Waldflächen und Absterben von Bäumen an Orten, wo dies unerwünscht ist, sowie um Schäden an Infrastruktur wie Strassen. Für den Umgang mit Biberkonflikten braucht es eine umfassende Interessenabwägung. Dabei ist wichtig, dass der positive Einfluss des Bibers auf Lebensräume berücksichtigt wird. Vom Biber beeinflusste Flächen können langfristig erhalten werden, indem sie als Waldreservate gesichert werden [1]. Zum Umgang mit Biberkonflikten hat die Nationale Biberfachstelle Informationen auf ihrer Website zusammengestellt (<https://www.infofauna.ch/de/beratungsstellen/biberfachstelle> > Präventions- und Interventionsmassnahmen).



Abbildung 20

Biberrevier im Wald mit Biberburg in der Mitte und abgestorbenen Bäumen im Überschwemmungsbereich. Foto: Christof Angst, info fauna Nationale Biberfachstelle

Infobox 4: Dem Biber abgeschaut - Beaver Dam Analogs:

Es gibt die Möglichkeit, die positiven Effekte von Biberdämmen künstlich nachzuahmen, mithilfe sogenannter Beaver Dam Analogs (BDA). BDA sind kostengünstige, naturnahe Konstruktionen, die bei der Renaturierung kleinerer Gewässer eingesetzt werden. Solche Gewässer machen immerhin 71.9% des Schweizer Fließgewässernetzes aus [222]. Ein BDA besteht aus Pfählen, die quer zu einem Fließgewässer in einer Reihe eingeschlagen und danach mit einem Weidengeflecht verbunden und mit Sediment oder Streu abgedichtet werden. Ursprünglich in den USA entwickelt [222], finden sie mittlerweile auch Anwendung in Europa, inklusive der Schweiz. Speziell werden sie zur Anhebung und Stabilisierung von Gewässersohlen für ein dynamisches Überschwemmungsgeschehen und zur Wiederherstellung der morphologischen Komplexität, Habitatvielfalt und Vernetzung mit dem umgebenden Terrain eingesetzt [224]. BDA werden als Initialstrukturen eingesetzt, die Renaturierungsprozesse an einem Gewässer einleiten. Sie werden durch natürlichen Abbau und Hochwasserereignisse in ihrer Position und Struktur verändert - genauso wie Biberdämme. Ihre volle Wirkung entfalten sie, wenn mehrere von ihnen in einer Reihe in einem Gewässer eingebaut werden [222]. Ausserdem müssen sie für einen längeren Erhalt im Gewässer gewartet und repariert werden, so wie es Biber auch mit ihren Dämmen tun [222]. Durch ihren einfachen Einbau, ihre schnelle Umsetzbarkeit und ihre geringen Ansprüche an den Unterhalt sind BDA kostengünstig und gut geeignet für Projekte mit geringem Budget. Biberdämme können sie aber nicht ersetzen: Die Dynamik, die Biber mit ihren täglichen Aktivitäten im Gewässer hervorrufen, fehlt bei BDA. Eine Anleitung zur Planung und Erstellung von BDA inklusive Beispielen für deren Einsatz in der Schweiz finden sich im Bericht "Beaver Dam Analogs - Klimaresilienz und Biodiversität für unsere Bäche" von Werdenberg und Widmer (2022) [226]. Es ist zu beachten, dass BDAs für Fließgewässer entwickelt und konzipiert wurden. Sie sind nicht geeignet für eine flächige Vernässung von Feuchtlebensräumen im Wald, wofür es solide und langlebige Konstruktionen braucht, die höchstens minimalen Unterhalt erfordern.



Abbildung 21

Beaver Dam Analog. Zu sehen sind Pfähle, die durch Holz und Sediment abgedichtet wurden, um ein Gewässer aufzustauen.
Foto: Niels Werdenberg, Emch+Berger AG Bern



Abbildung 22

Bau eines BDA durch Einschlagen von Pfählen und Verstärken durch Weidengeflecht. Foto: Niels Werdenberg, Emch+Berger AG Bern

Erwartbare Effekte des Bibers im Wald

In Wäldern besiedeln Biber hauptsächlich Bäche, wo sie gerne auch Dämme bauen. Sie können aber auch Entwässerungsgräben bewohnen, sofern diese Wasser führen. Die Fläche, die von einem Biberdamm an einer beliebigen Stelle überschwemmt wird, wurde für die ganze Schweiz modelliert und kann durch das Biber-Auenmodell vorhergesagt werden [226]. Es zeigt das grosse Potential des Bibers für die Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder in der Schweiz, und hilft, geeignete Flächen zu finden, die der Biber mit Hilfe von Dämmen fluten kann. Andererseits zeigt es auch Flächen, wo mit Konflikten zu rechnen ist. Das Biber-Auenmodell steht auf der Webseite der Nationalen Biberfachstelle zur Verfügung.

Biber schaffen mit ihren Aktivitäten vielfältige Mikrolebensräume und verändern mit dem Bau von Dämmen die hydromorphologischen Bedingungen. Dies führt zu einer positiven Veränderung der aquatischen und terrestrischen Biodiversität [227], [228]. Biber tragen so zur Renaturierung von Waldbächen und Entwässerungsgräben bei. Ohne weitere Eingriffe dauert es bei Bächen ca. 5 bis 10 Jahre, bis sie sich zu einem flächigen Feuchtgebiet gewandelt haben, während es mehr als 10 bis 20 Jahre benötigt, bis ein Entwässerungsgraben seinen künstlichen Charakter verliert [228].

Biber können Wälder durch grossflächiges Fällen von Bäumen oder durch den Bau von Dämmen strukturell stark verändern [229]. Je weiter entfernt vom natürlichen Zustand ein Wald ist, desto grösser werden die Veränderungen der Vegetation ausfallen [230]. So sterben durch die Vernässung oder die Flutung eines Waldes Bäume ab und erzeugen damit offene Flächen mit viel stehendem oder liegendem Totholz. In den Biberseen sammelt sich Sediment an, das zu Verlandungszonen führen kann. Biberdämme sind oft temporär und werden z.B. durch Hochwasser weggespült, wonach sie an anderer Stelle oder in anderer Form wieder aufgebaut werden. Biber verbinden auch verschiedene Wasserflächen mit selbst gebauten Gräben, die wiederum neue Abflussverhältnisse schaffen. Dadurch ergibt sich ein dynamisches, sich ständig veränderndes Überflutungs-

geschehen mit temporären Feuchtstellen und unterschiedlich grossen und tiefen Wasserflächen. Von diesen Verhältnissen profitieren längerfristig (>10 - 15 Jahre) oder nach der Aufgabe eines Biberreviers besonders die typischen Baumarten der Auen, da diese gut an dynamische Überflutungen angepasst sind [231]. Biber nutzen die heimischen Weichholzarten wie Weiden und Pappeln gerne als Nahrungsquelle, was zu einem Rückgang der Bestände führen kann [229], [232]. Allerdings besitzen diese Baumarten die Fähigkeit, sich schnell aus Stümpfen zu regenerieren [233], [234]. Es kann jedoch vorkommen, dass Biber die heimischen Weichholzarten invasiven Arten als Futterquelle vorziehen und damit die Dominanz der invasiven Arten indirekt stärken [235], [236].

Von den verschiedenen Lebensräumen, die der Biber schafft, profitieren viele Arten aus zahlreichen Gruppen. Die Auswirkungen von Biberaktivitäten auf aquatische, semi-aquatische und terrestrische Biodiversität wurden ausführlich zusammengefasst. Ein im Allgemeinen positiver Effekt ist wissenschaftlich gut belegt [220], [229], [237], [238]. In einer Studie aus der Schweiz konnte gezeigt werden, dass Gewässer mit Biberdämmen sowohl eine höhere Artenvielfalt als auch eine höhere Abundanz der untersuchten Arten aufwiesen als Kontrollstrecken an denselben Gewässern ohne Biberaktivitäten [239], [240]. Die grössten Effekte auf die Biodiversität wurden dabei im Wald sowie an naturfernen, stark von menschlichen Aktivitäten geprägten Gewässern gefunden. Es konnten in Biberrevieren vor allem bei Amphibien, Fledermäusen, Libellen, Fischen und Wasserpflanzen signifikant mehr Arten nachgewiesen werden [241]. Wo möglich, sollte daher die Besiedelung des Waldes durch Biber zugelassen werden.

Mögliche Massnahmen zum Umgang mit dem Biber

Im "Konzept Biber Schweiz" [242] ist vorgesehen, dass Waldflächen, die durch Biberaktivitäten überschwemmt und verändert werden, als Waldreservat ausgedehnt werden und somit beitragsberechtigt für Finanzhilfen des Bundes sind. Seit 2025 ist dies auch so in den Programmvereinbarungen im Umweltbereich (Teilprogramm Waldbiodiversität) festgelegt. Die Einrichtung von Naturwaldreservaten oder Sonderwaldreservaten ist so möglich (Infobox 1, Sicherung von Flächen). Dabei können Massnahmen in Zusammenhang mit Bibern, inklusive der Eindämmung unerwünschter Auswirkungen, nur in Sonderwaldreservaten durchgeführt werden. Die genauen Voraussetzungen zur Ausscheidung von Waldreservaten sind kantonale geregelt. Die kantonalen Richtlinien sollen mehr Flexibilität bei der Mindestgrösse oder beim Ausgangszustand eines Reservats ermöglichen, falls ein Naturwaldreservat geplant ist. Auch können in den Nutzungsverträgen Klauseln zur Veränderung der Flächengrösse eingefügt werden, um der Dynamik eines Biberlebensraums Rechnung zu tragen. Beiträge für den Unterhalt von Sonderwaldreservaten können auch zur Verhinderung von Biberschäden am Rande oder ausserhalb der Reservate eingesetzt werden.

Für den Fall, dass einzelne Biber erheblichen Schaden verursachen oder Menschen gefährden, regeln das Jagdgesetz (JSG) und die Jagdverordnung (JSV) die Bedingungen, unter denen Massnahmen gegen einzelne Biber ergriffen werden dürfen. Solche Massnahmen dürfen jedoch nur ergriffen werden, wenn zumutbare Präventionsmassnahmen Schäden oder Gefährdungen nicht verhindern können (JSG, Art. 12, Abs. 2 und JSV, Art. 9d).

Fallbeispiel: Biberrevier im Wald bei Herzogenbuchsee

Beitrag: Christof Angst, Nationale Biberfachstelle

Steckbrief:

- Ort: Herzogenbuchsee, Badwald
- Ziellebensraum: Feuchter Wald
- Fläche: 2.8 ha
- Dauer: Altholzinsel auf 25 Jahre gesichert
- Kosten: Anheben der Strasse: 25'404 Fr.
- Altholzinsel: gemäss Vorgaben Kanton Bern
- Projektverantwortung: Bürgergemeinde Herzogenbuchsee, Amt für Wald und Naturgefahren AWN, BKW-Ökofonds, Pro Natura Bern



Abbildung 23

Biberrevier im Badwald, Herzogenbuchsee Foto: Christof Angst, info fauna Nationale Biberfachstelle

Ausgangslage: Eine Biberfamilie hat zwischen Bützberg und Herzogenbuchsee mit dem Bau eines Dammes eine mehrere Hektar grosse Waldfläche geflutet. Werthölzer starben ab und die forstlich bedeutsame Waldstrasse wurde zeitweise überflutet.

Projektziele: Die Bürgergemeinde Herzogenbuchsee als Eigentümerin der Waldparzelle hat gemeinsam mit der Aktion «Hallo Biber! Mittelland» von Pro Natura ein Projekt lanciert. Ziel war es, die forstwirtschaftlichen Einbussen zu kompensieren, die Überflutung der Waldstrasse zu verhindern sowie gleichzeitig den entstandenen wertvollen Lebensraum zu erhalten.

Massnahmen Umsetzung:

Erhöhung Waldstrasse: Aufgrund der günstigen topografischen Situation konnte durch eine Anhebung der Waldstrasse auf einem beschränkten Abschnitt ein künftiges Überspülen des Weges weitgehend ausgeschlossen werden. Der Strassenkoffer wurde um ca. 70 Zentimeter auf einer Länge von rund 80 Metern baulich erhöht.

Schaffung Altholzinsel: Die Bürgergemeinde Herzogenbuchsee stimmte der Schaffung einer 2.8 Hektaren grossen Altholzinsel zu. Das Amt für Wald des Kantons hat daraufhin zusammen mit der Waldbesitzerin einen Vertrag aufgesetzt, worin auch die finanzielle Abgeltung geregelt ist. Die Vereinbarung mit einer Laufdauer von 25 Jahren ist seit 2016 unterschrieben und rechtskräftig.

Tabelle F.6

Kosten des Projektes während Umsetzung und für Pflege inklusive jeweiliger Kostenträger.

Massnahme (Umsetzung und Pflege)	Kosten	Kostenträger
Bauliche Massnahmen	25'404 Fr.-	BKW-Ökofonds, Pro Natura Bern
Schaffung Altholzinsel	gemäss Vorgaben Kanton Bern	Amt für Wald und Naturgefahren AWN
Waldbauliche Massnahmen	keine	-
Pflege: z.B. Leistungsvereinbarungen	Neophytenbekämpfung zu Beginn der Biberbesiedlung. Ohne Kostenverrechnung für das ursprüngliche Projekt.	Forstdienst der Bürgergemeinde und Pro Natura

Erfolge: Es zeigte sich rasch, dass die Biber im Badwald einen besonderen Lebensraum schaffen. Seit der Schaffung der Altholzinsel hat die Biberfamilie weitere Dämme gebaut und das Gebiet ausgeweitet.

Das Biberrevier war eines von 16 untersuchten Flächen des nationalen Forschungsprojektes zum Einfluss des Bibers auf die Biodiversität [239]. Es ist unter den artenreichsten und diversesten Biberrevieren, die untersucht wurden.

Schwierigkeiten: Die verantwortliche Person bei Pro Natura war ein erfahrener Projektleiter. Er hat die wichtigen Player an den Tisch geholt und die Finanzen sichern können. Das Projekt wurde somit ohne nennenswerte Schwierigkeiten umgesetzt.

Was wurde aus diesem Projekt gelernt? Wenn alle am gleichen Strick ziehen, ist Grosses möglich. Die Möglichkeit, Alt- und Totholzinseln oder Waldreservate zu schaffen und Waldbesitzende zu entschädigen, wenn Biber ihren Wald überfluten, ist ein wichtiges Werkzeug im Rahmen der Förderung von feuchten Wäldern.

3.10. Erfolgskontrollen

Erfolgskontrollen sind unerlässlich für die Bewertung der ergriffenen Massnahmen zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder. Dazu zählen sowohl die Kontrolle der Umsetzung als auch die Bewertung der Wirksamkeit der Massnahmen. Auf dieser Grundlage können die Massnahmen angepasst werden, falls die angestrebten Projektziele nicht erreicht werden. Die Indikatoren für den Projekterfolg, das Erhebungsprotokoll sowie die Dauer und Frequenz der Erhebungen für Erfolgskontrollen sollten vor Projektstart festgelegt werden. Dabei hängt die Wahl der passenden Indikatoren vom jeweiligen Renaturierungszweck ab [243], [244]. Der Renaturierungszweck kann beispielsweise die Verbesserung der Waldstruktur, ein voll funktionelles Ökosystem in seinem ursprünglichen Zustand, die Wiederherstellung bestimmter Ökosystemleistungen, eine angestrebte Ziellebensgemeinschaft, eine stabile Population einer Zielart oder deren genetische Diversität sein. Für die Definition sollte eine Referenz bzw. Kontrolle (z.B. mindestens ein vergleichbares, nicht entwässertes Waldgebiet) vorhanden sein, an dem eine Orientierung möglich ist. Darauf basierend lassen sich messbare Renaturierungsziele definieren, die eine Auswahl der passenden Indikatoren ermöglichen (Abbildung 24).

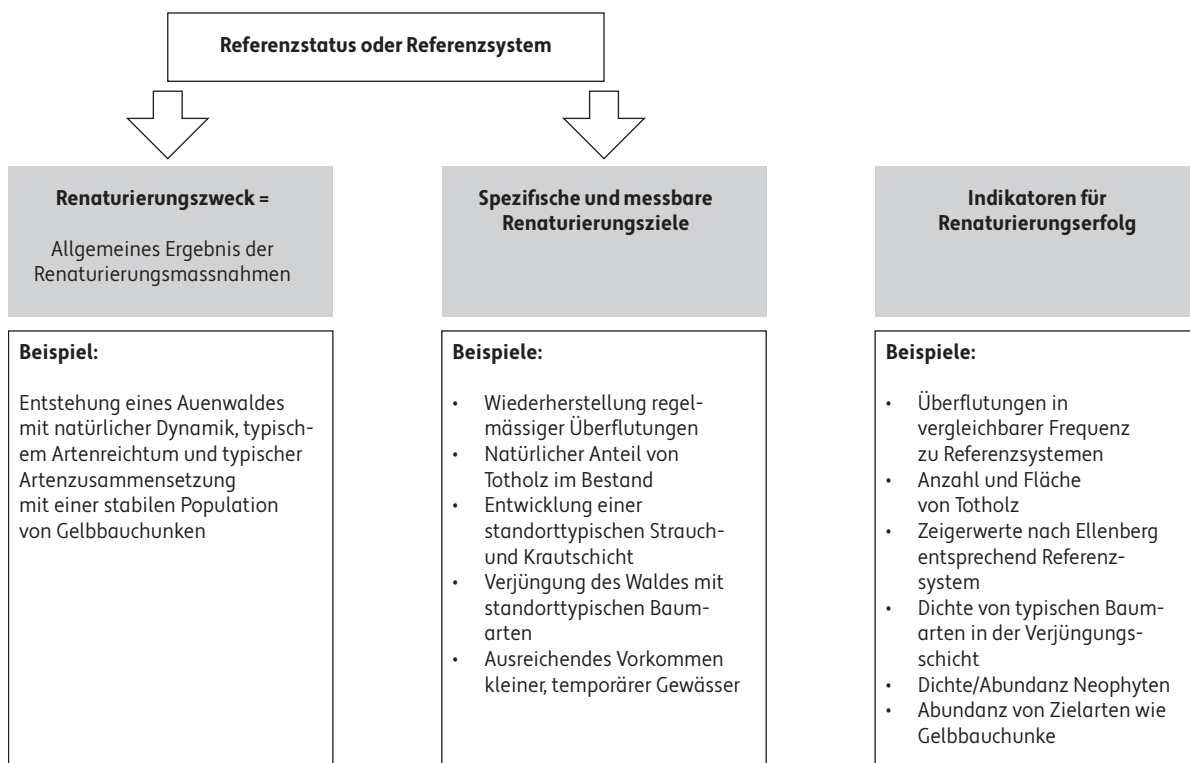


Abbildung 24
Schritte zur Auswahl geeigneter Indikatoren für eine Erfolgskontrolle am Beispiel einer Auenwaldrenaturierung. Abbildung adaptiert nach Prach et al. 2019 [243].

Bei den Methoden zur Erhebung von Biodiversitätsdaten ist eine Orientierung an den Methoden des Landesforstinventars (LFI, www.lfi.ch) möglich, das vor allem Daten zu den für die Biodiversität relevanten, strukturellen Aspekten des Waldes aufnimmt (Totholz, Altholz, Strukturvielfalt und Natürlichkeit der Bestockung [245]). In der derzeit laufenden, fünften Erhebung (LFI5) werden auch Baummikrohabitate aufgenommen [246]–[248].

Stützt sich die Erfolgskontrolle auf Biodiversitätskennzahlen wie die beobachtete Artenvielfalt, ist es zentral, die Abhängigkeit des Indikators von der betrachteten Flächengrösse zu berücksichtigen. Aktuelle Forschung zielt darauf ab, solche Kennzahlen auch für unterschiedliche Flächengrössen durch statistische Verfahren vergleichbar zu machen [249], [250], was für Vergleiche zwischen verschiedenen Projekten zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder nützlich sein könnte.



Abbildung 25

Totholzkäferfalle zur Erfolgskontrolle von Nutzungsverzicht im Brugger Schachen (Kanton Aargau). Foto: Christoph Bühler, Hintermann & Weber

Wirkungsanalyse durch Kantone

Projekte, die in den Zielvereinbarungen für die Biodiversitätsförderung zwischen Bund und Kantonen festgelegt werden, müssen eine Wirkungsanalyse auf Weiserflächen (eingezäunten Referenzflächen) durchführen, deren Methodik vorgeschrieben ist. Neu gibt es seit 2025 das «Konzept Wirkungsanalyse Waldbiodiversität» [251] inklusive Methodenstandards auf Strukturebene (Anhang A1) und Artebene (Anhang A2). Alle Informationen und Dokumente dazu sind auf der Webseite “Biodiversität im Wald” (www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet > Ökosysteme > Wald) verfügbar. Die Verantwortung für die Durchführung der Wirkungsanalysen liegt bei den Kantonen.

Die Wirkungsanalyse für feuchte und nasse Wälder auf Strukturniveau ist zur Anwendung verfügbar durch das Formular «Feuchte Wälder». Sie arbeitet mit Minimalzielen (vom Bund vorgegeben) und objektspezifischen Wirkungszielen (Soll-Zustand, zu formulieren bei Erstdurchführung). Die Wirkungsanalyse beinhaltet allgemeine Indikatoren für Waldbiodiversität (Mischung und Struktur des Hauptbestandes, Deckungsgrad und Vielfalt der Strauch- und Krautschicht, Anzahl Habitatbäume und Totholz), sowie spezifische Indikatoren für feuchte Wälder. Dazu gehören die Fliesstrecke und Lebensraumqualität (kleiner) Fließgewässer, die Wasserfläche und Lebensraumqualität (kleiner) Stillgewässer, die Fläche vernässter Böden und die Anzahl

spezieller Kleinstrukturen. Bei der Fläche vernässter Böden wird unterschieden zwischen 1. sumpfigen, wasser- gesättigten, mehrheitlich unbewachsenen Waldböden (inkl. ungenutzten Bereichen von Quellen), 2. Bereichen mit Vegetation aus Nässezeigern, 3. vegetationslosen Kiesinseln und Sand- und Schlickflächen an Gewässern, 4. Anderen, in den letzten fünf Jahren überschwemmten Böden. Zusätzlich werden das Vorkommen von Neophyten und anderen Problemarten, ein Set an Zielarten (Flora) sowie das Vorhandensein der Lebensräume für die Ansprüche der ausgewählten Zielarten erfasst.



4. Rechtliche und administrative Grundlagen

Die Forderung zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder zur Erhaltung der Biodiversität im Wald leitet sich aus den Bundesgesetzen über den Wald (Waldgesetz, WaG und Waldverordnung, WaV), den Naturschutz (Natur- und Heimatschutzgesetz, NHG) und die Jagd (Bundesgesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel, JSG) ab. Wichtige Ergänzungen des NHG, die für feuchte und nasse Wälder relevant sind, befinden sich in der Auenverordnung [148], der Hochmoorverordnung [135], der Moorlandschaftsverordnung [252], der Flachmoorverordnung [253] und der Amphibienlaichgebiete-Verordnung [254]. Eine tabellarische Übersicht der rechtlichen Grundlagen und der Umsetzungsinstrumente zur Biodiversität im Wald findet sich im Kapitel 6 der Vollzugshilfe "Biodiversität im Wald - Ziele und Massnahmen" [1]. Laut dieser gelten im Massnahmenbereich M3.4 "Feuchte Wälder erhalten und wiederherstellen" bis 2030 folgende nationale Handlungsziele:

- Degradierete Feuchtwälder und temporäre Feuchtstandorte sind durch **Aufhebung der Entwässerung** wiederhergestellt.
- Feuchtwälder und Feuchtbiotope sind soweit sinnvoll in Sonderwaldreservaten geschützt.
- **Weitere Feuchtbiotope** im Waldareal wie Teiche werden gefördert. Hierdurch sollen gezielt national prioritäre Arten gefördert werden, vor allem Amphibien, Libellen und die Ringelnatter.
- Naturfern bestockte Wälder in prioritären Feuchtwäldern sind in **naturnahe Bestockungen mit standortsheimischen Baumarten** überführt.

- Quell-Lebensräume in Wäldern (v. a. Quellbäche und Quellfluren) sind kartografisch und mit strukturellen und faunistischen Erhebungen erfasst. Damit werden die Voraussetzungen erarbeitet, um Massnahmen für den langfristigen Erhalt dieser Lebensräume zu definieren und am richtigen Ort umzusetzen.
- Im Verbreitungsgebiet des Bibers sind die von ihm wieder vernässten Wälder wo möglich als Wal reservate ausgeschieden.
- Koordination zwischen Wald- und Naturschutzfachstellen.

Verankerung der nationalen Ziele in den Kantonen

Um die nationalen Ziele zu erreichen, sind Massnahmen auf kantonaler Ebene erforderlich. Für deren Verankerung spielen die kantonalen Rechtsgrundlagen – wie Gesetze, Verordnungen oder verbindliche Planungen, etwa in Form von Richtplänen – eine zentrale Rolle. Konzeptionelle und planerische Instrumente auf kantonaler Ebene sind dabei die jeweiligen Naturschutz- und Waldprogramme, Waldreservatskonzepte, Waldentwicklungspläne sowie art- und lebensraumspezifische Programme [1]. Auch die Einbettung entsprechender Massnahmen und Ziele in kantonale Biodiversitätsstrategien kann dabei unterstützend wirken. In der Verantwortung der Kantone liegt neben der Umsetzung der Massnahmen auch die Durchführung von Erfolgskontrollen (s. Kapitel Wirkungsanalyse durch Kantone).

Der regionale Handlungsbedarf wird in Zusammenarbeit zwischen Bund, Kantonen, Wissenschaft und Verbänden analysiert und alle acht Jahre aktualisiert [1]. Basierend darauf werden im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich (NFA) Leistungsvereinbarungen mit den Kantonen getroffen. Diese legen Zielsetzung und Leistungen der Massnahmen im Umweltbereich sowie die dafür zur Verfügung stehenden finanziellen Beiträge fest. Die aktuellen Grundlagen der Programmvereinbarungen sind einsehbar im «Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich» [91].

Die Programmziele im Zusammenhang mit der Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder finden sich im Teilprogramm “Waldbiodiversität”:

- **Programmziel 1: Langfristiger Schutz von Waldflächen und Bäumen mit besonderen Naturwerten:** Beinhaltet Waldreservate, Altholzinseln, Biotopbäume und kantonale Wirkungsanalysen.
- **Programmziel 2: Förderung von Lebensräumen und Arten:** Beinhaltet Naturschutzeingriffe im Wald zur Förderung und zum Erhalt der strukturellen und biologischen Vielfalt von Lebensräumen und Vernetzungselementen, die Förderung prioritärer Arten und die Wiederaufnahme oder Weiterführung von ökologisch und landschaftlich wertvollen Nutzungsformen des Waldes. Dazu gehören insbesondere auch Eingriffe zur Wiederherstellung von Feuchtbiotopen (z.B. Wiedervernässen durch Rückstau, Ausbaggern von Kleingewässern), sowie das Ausscheiden vom Biber vernässter Gebiete als Sonderwaldreservate.

In Moorwäldern, Auenwäldern oder bewaldeten Amphibienlaichgebieten von nationaler Bedeutung kann es zu Überschneidungen mit dem Programm “Biotop und ökologischer Ausgleich, inkl. Arten und Vernetzung” kommen. Überschneidungsbereiche sollen im Rahmen der kantonalen Planung der Ökologischen Infrastruktur identifiziert und priorisiert werden. Zusätzlich wird die Förderung von kleinen Stillgewässern, temporären Weihern und Feuchtflächen im Programm “Naturschutz” (Programmziel 5) aufgeführt. Massnahmen können nach Absprache der betroffenen kantonalen Stellen und dem BAFU ganz oder teilweise dem einen oder anderen der Teilprogramme Waldbiodiversität oder Naturschutz zugeordnet werden.

Grosse Vorhaben wie Flussrenaturierungen zur Wiederherstellung der Dynamik in den Auenwäldern laufen über den Bereich „Revitalisierungen“. Im Rahmen von Flussrenaturierungen kann auch das Entfernen nichtstandortgerechter Bäume aus dem Auenwald über das Gewässerschutzgesetz (GSchG) subventioniert werden.

Die Zusammenarbeit der Fachstellen für Wald und Naturschutz (je nach Kanton verschieden organisiert) ist bei der Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder mit dem Ziel Biodiversitätsförderung allgemein erforderlich. Die Koordination der beiden Fachstellen ist auch als nationales Handlungsziel im Bereich "Feuchte Wälder und Feuchtbiotope erhalten und wiederherstellen" festgelegt [1]. Federführend bei der Fachplanung der Projekte zur Wiederherstellung feuchter und nasser Wälder ist in den Kantonen generell die für Wald zuständige Verwaltungsstelle, die Erstellung der Ziel- und Umsetzungspläne ist im Wechselspiel der Fachstellen durchzuführen.

Umsetzung der Massnahmen

Die auf den Ziel- und Umsetzungsplänen basierende Massnahmenplanung wird in Zusammenarbeit mit den Waldeigentümer:innen konkretisiert. Die Umsetzung erfolgt im Rahmen von Nutzungsverträgen durch Forstdienste und private und öffentliche Waldeigentümer:innen. In diesen Verträgen werden Zielsetzungen, Leistungen, finanzielle Abgeltungen und die zeitliche Verbindlichkeit für Schutz- und Fördermassnahmen geregelt [1]. Durchführend oder beratend können aber auch Ökobüros, NGOs und Verbände aus dem Wald- und Naturschutzbereich sein. Diese haben häufig durch jahrelange Erfahrung und gute Ortskenntnisse eine hohe Kompetenz in der Lebensraum- und Artenförderung.

Fördermassnahmen und Pflegeeinsätze liegen im Zuständigkeitsbereich der Waldbewirtschaftung. Sowohl für den Nutzungsverzicht (Waldreservate, Altholzinseln, Biotopbäume) wie auch für die aktive Lebensraum- und Artenförderung werden finanzielle Entschädigungen durch Bund und Kantone ausbezahlt.



5. Möglicher Projektablauf

5.1. Ablauf bei kantonalen Projekten

Kantone legen Ziele für die Förderung und Wiederherstellung feuchter Wälder fest. Dies geschieht teilweise auch via Leistungsvereinbarungen mit dem Bund (NFA, Kapitel 4. Rechtliche und administrative Grundlagen). In einem nächsten Schritt entwickeln sie konkrete Pläne für die Umsetzung. Die Zielplanung (inklusive Ziellensraumkarte und Schutzverordnungen zur Flächensicherung) erfolgt in Absprache zwischen den Fachstellen für Wald und Naturschutz. In einzelnen Fällen ist auch die für den Wasserbau zuständige Verwaltungsstelle einzubeziehen. Die eigentliche Umsetzung der Projekte erfolgt im Auftrag der Kantone durch die Waldeigentümer:innen, Forstdienste oder externe Anbietende. Die Vollzugskontrollen und Wirkungsanalysen obliegen den Kantonen (Fachstellen für Wald). Abbildung 26 stellt diesen stark vereinfachten Prozess der Planung und Umsetzung auf kantonaler Ebene dar.

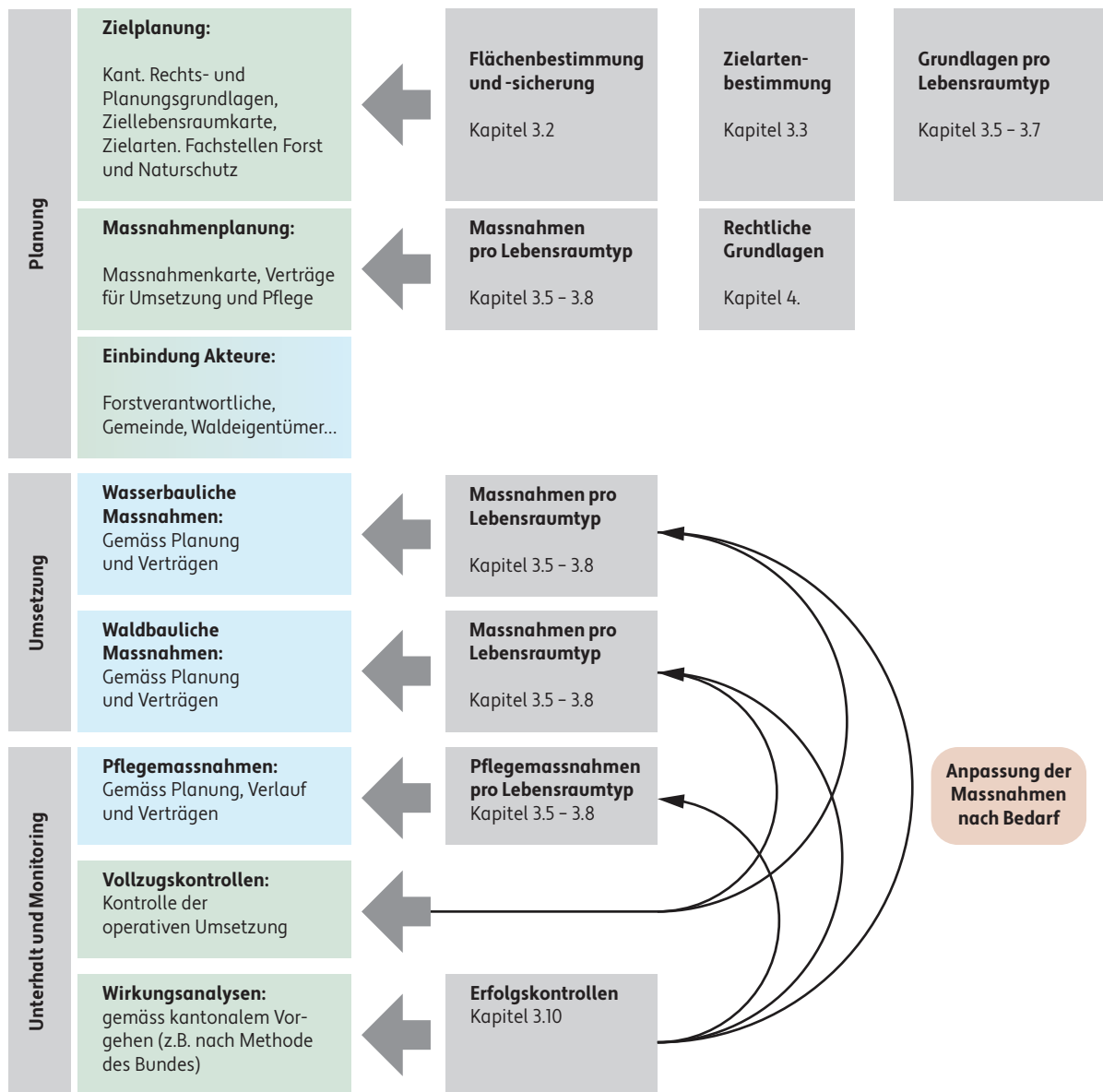


Abbildung 26

Ablauf von Projekten zur Wiederherstellung feuchter Wälder auf kantonaler Ebene. Grün: Hauptverantwortliche für Planung sind kantonale Fachstellen. Blau: Hauptverantwortlich für Ausführung sind umsetzende Projektpartner:innen (Waldeigentümer:innen, externe Anbietende). Gelb: Projektträger:innen (z.B. NGO, Verein). Grau: Verweise auf Kapitel dieses Berichts. Grafik: Eigene Darstellung

5.2. Ablauf bei nicht-kantonalen Projekten

Projekte werden nicht immer von kantonalen Fachstellen initiiert. Oft kommt der Impuls von lokalen Projekttragenden, beispielsweise NGOs, Naturschutzvereinen oder Gemeinden. Bei dieser Ausgangslage sind zusätzlich weitere Detailfragen im Projektablauf relevant. Daher werden in diesem Kapitel die Planungs- und Umsetzungsschritte deutlich detaillierter dargestellt (Abbildung 27). Die Planung und Projektausarbeitung setzt sich vor allem aus Vorabklärungen zum Projekt in Bezug auf örtliche Gegebenheiten, Landbesitz, Finanzierung, öffentlicher Akzeptanz und Unterhalt zusammen. In diesem Schritt sollten auch frühzeitig die Kantone einbezogen werden, einerseits für die Finanzierung, andererseits auch für das Ausstellen von Bewilligungen. Dies gilt insbesondere bei grösseren Projekten und bei erwartbaren Herausforderungen wie z.B. Altlasten im Boden. Die Umsetzung beinhaltet Vorarbeiten, bauliche Massnahmen und deren Begleitung, sowie möglicherweise Kommunikationsmassnahmen. Hier sind sowohl Projekttragende als auch die umset-

zenden Projektpartner:innen (z.B. Waldeigentümer:innen, externe Anbietende) involviert. Wichtig ist hier auch der Einbezug von Fachpersonen, insbesondere im Bereich Hydrologie. Es braucht präzise Oberflächenmodelle sowie fundiertes Wissen und Erfahrung darüber, wie der gewünschte Wasserstand erreicht werden kann und gleichzeitig verhindert wird, dass beispielsweise benachbartes Landwirtschaftsland vernässt. Der Unterhalt sollte gemäss erstelltem Pflegeplan geschehen und kann durch den Projektträger oder umsetzende Projektpartner:innen erfolgen. Mögliche Erfolgskontrollen liegen wiederum in der Verantwortung der Projekttragenden.

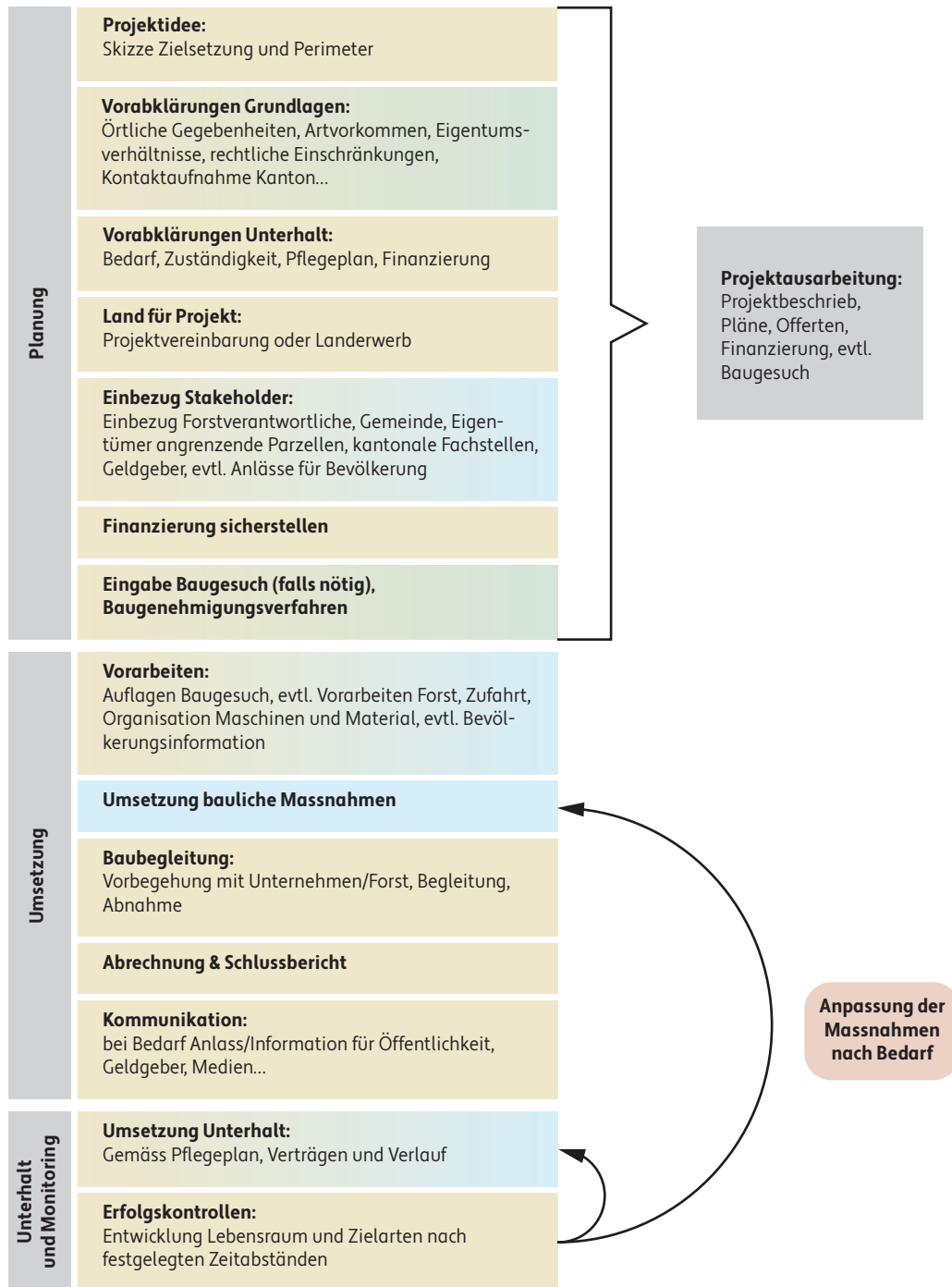


Abbildung 27

Projekttablauf aus Sicht einer umsetzenden Organisation. Speziell in der Planungsphase kann die Reihenfolge und der Umfang der Abklärungen stark abweichen. Gelb: Hauptverantwortliche für den Prozess sind Projektträger (z.B. NGO, Verein). Blau: Hauptverantwortliche für die Umsetzung sind umsetzende Projektpartner:innen (z.B. Waldeigentümer:innen, externe Anbietende). Grün: Verantwortliche für Prozess sind Kantone. Grafik: Eigene Darstellung

5.3. Einbezug neu entstandener Ökosysteme auf drainierten Flächen

Durch die Entwässerung von Ökosystemen entstehen mit der Zeit oft neue, teilweise ebenfalls biologisch wertvolle Habitats und Lebensgemeinschaften. So können beispielsweise auf gestörten Moorflächen oder hochgelegenen Kiesflächen in Auen Trockenheiden aufkommen, die ihrerseits einen hohen ökologischen Wert haben [80]. Durch die Wiederherstellung der ursprünglichen hydrologischen Verhältnisse, können diese Ökosystem zerstört werden, was auch "Renaturierungs-Dilemma" genannt wird. Um solchen Dilemmas zu begegnen, gibt es bestimmte Planungsschritte [80]. Ideale Ausgangssituation ist es, Informationen und Kartendaten zur Verfügung zu haben, die sowohl die historischen als auch die aktuellen Lebensräume, die technischen (z.B. Infrastruktur, Grundwassersituation, Gewässerdynamik) oder administrativen (z.B. Besitzverhältnisse) Einschränkungen für die Renaturierung, sowie die Verbreitung besonderer Zielarten darstellen (Abbildung 28). Je nachdem welche Daten in der Praxis tatsächlich vorhanden sind, muss dieses idealisierte Vorgehen an die Gegebenheiten angepasst werden.

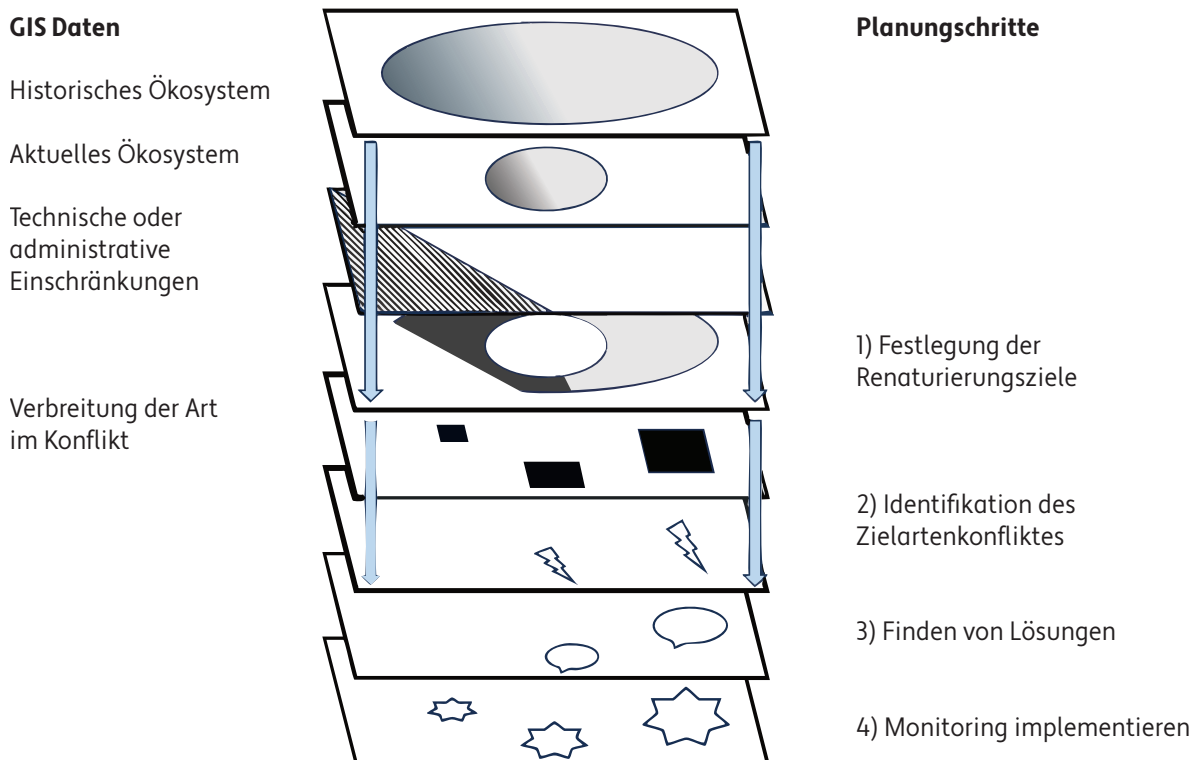


Abbildung 28
Geodaten (links) benötigt für die vier Planungsschritte (rechts), die zur idealisierten Identifikation und Lösung von Renaturierungs-Dilemmata durch räumliche Analyse von GIS Kartenebenen beitragen. Abbildung adaptiert nach Remm et al. 2019 [80].

Mögliche Konflikte zwischen den derzeit vorhandenen Arten des entwässerten und den Zielarten des wieder-vernässten Gebietes lassen sich durch verschiedene Lösungsansätze mildern oder lösen. Eine Übersichtsstudie zu Renaturierungs-Dilemmata [80] nimmt eine Unterteilung der Lösungsansätze in fünf Kategorien vor:

a) *Entschärfung des Effektes vor Ort*

z.B. durch die Umsiedlung einer Population nicht angepasster Arten vor der Wiederherstellung der feuchten Gegebenheiten, Schutz von bodenbrütenden Vogelarten vor temporären Eingriffen wie Entfernen von nicht standortgerechter Vegetation

b) Beachten der zeitlichen Dynamik bei der Planung von Massnahmen

z.B. Abwarten von saisonalen Brutgeschäften oder Blühzeiten

c) Graduelle Renaturierung, um eine Anpassung an die neuen Bedingungen zu ermöglichen

z.B. gestaffelte Entfernung nicht standortgerechter Vegetation, um ein Abwandern oder Anpassen der abhängigen Fauna zu ermöglichen

d) Partielle Renaturierung, falls das Dilemma nur in begrenzten Bereichen der zu renaturierenden Fläche relevant ist.

z.B. Schaffen von Refugien für Arten mit trockeneren Habitatsansprüchen innerhalb der wiedervernässten Fläche

e) Ökologischer Ausgleich

z.B. Schaffen eines Habitats für die von der Wiederherstellung der Feuchtlebensräume negativ betroffenen Art auf einer Ersatzfläche in der Nähe

Ausserdem kann auch das Projekt angepasst werden, sodass der durch das Vorhaben gefährdete, schützenswerte Lebensraum nicht mehr tangiert wird. Für die Sanierung der Biotope von nationaler Bedeutung wurde ein Leitfaden entwickelt, wie mit diesen komplexen Situationen umgegangen werden kann [256].



6. Liste institutioneller Ansprechpartner:innen

Die folgenden Listen relevanter Behörden und Institutionen sind auf dem Stand Februar/März 2025.

6.1. Relevante Behörden und Sektionen

Tabelle 10

Übersicht der wichtigsten Behörden und Fachstellen im Kontext Wald und Wasser für die Schweiz.

Behörde/Abteilung	Details	Link
BAFU		
Abteilung Wald	Zuständig für nachhaltige Pflege und Nutzung des Waldes sowie für günstige Rahmenbedingungen für eine effiziente und innovative Wald- und Holzwirtschaft. Beinhaltet Zuständigkeit für Politik und Strategie im Bereich Wald und Holz, Förderinstrumente (Programmvereinbarung Wald, Aktionsplan Holz, Wald- und Holzforschungsförderung), Waldschutz und Waldgesundheit, Monitoring Wald und Holz (insb. Landesforstinventar), Anpassung des Waldes an den Klimawandel.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/amt/abteilungen-sektionen/abteilung-wald.html

Waldpolitik	Spezielle Informationen und Dokumente zur Waldpolitik des Bundes.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/fachinformationen/strategie/waldpolitik.html
Abteilung Biodiversität und Landschaft	Zuständig für die Biodiversität und die Landschaft, für deren Ökosystemleistungen, für deren Erhalt, Förderung und Weiterentwicklung sowie für die nachhaltige Nutzung und Jagd. Beinhaltet Zuständigkeit für Ökologische Infrastruktur, Artenförderung, invasive Arten, Rote Listen, Biodiversitätsmonitoring (BDM), Wirkungskontrolle Biotopschutz etc.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/amt/abteilungen-sektionen/abteilung-biodiversitaet-und-landschaft.html
Biodiversität im Wald	Spezielle Informationen und Dokumente zu den Themen Biodiversitätsstrategie und Waldpolitik, Massnahmen Waldbiodiversität und Programmvereinbarungen Wald.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/oekosysteme/biodiversitaet-im-schweizerwald.html
Biotope von nationaler Bedeutung	Spezielle Informationen und Dokumente zu den Biotopen von nationaler Bedeutung, darunter Amphibienlaichgebiete, Auen und Moore.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/oekologische-infrastruktur/biotope-von-nationaler-bedeutung.html
Abteilung Wasser	Zuständig für den Schutz des Oberflächen-, Grund- und Trinkwassers gemäss Gewässerschutzgesetz. Beinhaltet Zuständigkeit für Renaturierung der Gewässer und Ausscheidung des Gewässer- raumes und Schutz und Förderung der aquatischen Biodiversität. Auenrenaturierungen sind hier angesiedelt.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/amt/abteilungen-sektionen/abteilung-wasser.html
Abteilung Hydrologie	Betreibt die nationalen Messnetze an Oberflächengewässern und im Grundwasser, sowohl für die Quantität wie auch für die Qualität. Beinhaltet Zuständigkeit für Monitoring der Schweizer Gewässer, hydrologische Vorhersagen, Warnungen bei Hochwasser und Informationen bei Trockenheit.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/amt/abteilungen-sektionen/abteilung-hydrologie.html
Kantonale Fachstellen und Konferenzen		
Fachstellen Naturschutz	Adressliste der Fachstelle zum Fachbereich Natur und Landschaftsschutz	https://kbnl.ch/organisation-und-kontakt/kantonale-fachstellen/
Fachstellen Wald & Holz (Adressen)	Adressliste der Fachstellen zum Fachbereich Wald & Holz.	https://www.kvu.ch/de/adressen/wald-holz
Fachstellen Hydrologie (Adressen)	Adressliste der Fachstellen zum Fachbereich Hydrologie.	https://www.kvu.ch/de/adressen/hydrologie
Konferenz der Kantonsförster KOK	Nationale Konferenz der Leiter der Forstämter oder Waldabteilungen der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein.	https://www.kwl-cfp.ch/kok
Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft KWL	Konferenz der Direktorinnen und Direktoren der Fachstellen der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, die mit Aufgaben im Bereich Wald, Wildtiere und Landschaft betraut sind.	https://www.kwl-cfp.ch/kwl
Jagd- und Fischereiverwalter - Konferenz JFK	Nationale Konferenz der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein für das Artenmanagement, die Jagd und die Fischerei.	https://www.kwl-cfp.ch/jfk
Konferenz der Beauftragten für Natur und Landschaftsschutz KBNL	Nationale Konferenz der Beauftragten für Natur und Landschaftsschutz der Kantone und des Fürstentums Liechtenstein.	https://kbnl.ch/
Konferenz der Umweltämter KVU	Nationale Konferenz der Vorsteherinnen und Vorsteher der Umweltschutzämter oder der mit den entsprechenden Aufgaben betrauten Dienststellen der Schweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein.	https://www.kvu.ch/

6.2. Wissenschaftliche Institutionen

Tabelle 11

Übersicht der wichtigsten Forschungsgruppen an Hochschulen und Fachhochschulen im Kontext Wald und Wasser für die Schweiz.

Institution/Projekt	Details	Link
ETH Zürich		
Bereich Wald und Landschaft	Übersicht über die Professuren und Gruppen, die im Bereich Wald und Landschaft lehren und forschen.	https://ites.ethz.ch/wald-und-landschaft/portal-wald-und-landschaft/professuren.html
Waldökologie	Umfasst vier Forschungsgruppen, welche sich mit verschiedenen Aspekten der Waldökologie und Waldbewirtschaftung befassen: Bestandes- und Landschaftsdynamik, Dendrochronologie und Phänologie, Dendrologie und Vegetationskunde, Waldwachstum und globaler Wandel.	https://fe.ethz.ch/
Waldmanagement/Waldbau	Beschäftigt sich mit allen Fragen der Gestaltung und Behandlung unseres Waldes, damit er die verschiedenen an ihn gestellten Bedürfnisse der Gesellschaft zu erfüllen vermag: Naturnahe Waldbewirtschaftung, Bewirtschaftung von Schutzwäldern, Biodiversitätsförderung, Erholungsnutzung, Einfluss globaler Wandel auf den Wald.	https://silviculture.ethz.ch/
EcoHydLab	Projekt Maggia River Experimental Site: Untersuchung der hydrologischen Flüsse und der Reaktionen der Ufervegetation auf Überschwemmungen und Dürreperioden an der Maggia, um Strategien zur Flussrenaturierung zu unterstützen.	https://hyd.ifu.ethz.ch/ecohydlab/ecohydlab-maggia.html
Politik Natürlicher Ressourcen (NARP)	Analysiert Umweltpolitik und Governance, erforscht sozioökologische Herausforderungen und Ressourcenschutz. Ein relevantes Projekt ist TREBRIDGE, welches sich mit dem Management von Gebirgs-Einzugsgebieten beschäftigt. Ziel von TREBRIDGE ist die Identifikation von Politik- und Managementansätzen in Einzugsgebieten von Flüssen und Wäldern im Alpenraum. In Zusammenarbeit mit der Eawag.	https://narp.ethz.ch/ https://narp.ethz.ch/forschung/laufend/trebridge.html https://www.eawag.ch/de/abteilung/ess/projekte/trebridge-transformation-toward-resilient-ecosystems/
WSL		
Gruppe Fernerkundung	Die Gruppe entwickelt zuverlässige Methoden, um mit Hilfe von Fernerkundung und Bildverarbeitung natürliche Landschaftsobjekte aus Rasterdaten automatisch zu erkennen und zu beschreiben. Relevant ist z.B. das Projekt "Ditch mapping for Switzerland by using semantic segmentation" welches sich mit der Erkennung und Kartierung von Entwässerungsgraben für das ganze Land beschäftigt.	https://www.wsl.ch/de/projekte/ditch-mapping-for-switzerland-by-using-semantic-segmentation/

Gruppe Waldentomologie	Beschäftigt sich mit Waldinsekten. Relevant ist z.B. das Projekt "AMORE II". In diesem Projekt wird ein Arteninventar von xylobionten Käfern und Pilzen in Fichten- bzw. Tannen-Fichten-Naturwaldreservaten im Vergleich zu bewirtschafteten Beständen durchgeführt und es werden Steuergrößen der Diversität identifiziert. Dieses Projekt erlaubt Aussagen zur Wirkung der Unterschutzstellung der Reservate und ist Grundlage für ein langfristiges Monitoring.	https://www.wsl.ch/de/projekte/amore-ii-artenmonitoring-von-kaefern-und-pilzen-in-fichten-und-tannen-fichten-naturwaldreservaten/
Gruppe Naturschutzbiologie	Die Gruppe untersucht welche Mechanismen die Biodiversität beeinflussen. Ein relevantes Projekt ist z.B. "Auswirkungen struktureller und physiologischer Waldmerkmale auf die Biodiversität, multitrophische Interaktionen und Ökosystemfunktionen in den vertikalen Waldschichten". Dieses Projekt untersucht die Lebensgemeinschaften und das Nahrungsnetzwerk zwischen Bodenvegetation und Baumkronen und leistet damit einen Beitrag zum besseren Verständnis der dreidimensionalen Beziehung zwischen Waldstruktur, Biodiversität und Ökosystemfunktionen. Ein weiteres Projekt ist "Kann strukturelle Vielfalt und Lebensraumheterogenität die Artenvielfalt im Wald erklären?". Es untersucht die Beziehung zwischen struktureller Heterogenität und Artenvielfalt im Wald und setzte dabei neue Methoden der Laser- und Satelliten-gestützten Fernerkundung (LiDAR, NDVI) ein.	https://www.wsl.ch/de/projekte/auswirkungen-struktureller-und-physiologischer-waldmerkmale-auf-die-biodiversitaet-multitrophische-interaktionen-und-oekosystemfunktionen-in-den-vertikalen-waldschichten/ https://www.wsl.ch/de/projekte/strukturelle-vielfalt-und-waldbiodiversitaet/
Gruppe GIS	Die Gruppe fokussiert sich auf die Modellierung natürlicher Prozesse mit GIS. Relevant ist z.B. das Projekt "SOLID". Es untersucht, inwieweit die Güte von Artverbreitungsmodellen (species distribution models, SDMs) für verschiedene funktionale und taxonomische Gruppen von Waldpflanzen- und Pilzartenarten durch Einbezug von Bodeninformationen verbessert werden kann.	https://www.wsl.ch/de/projekte/solid-soil-informationen-fuer-die-modellierung-der-artenverteilung/
Gruppe Ressourcenanalyse	Die Gruppe untersucht den aktuellen Zustand und die zukünftige Entwicklung der Wälder und ihren Leistungen. Ein relevantes Projekt ist z.B. "DivScaling". Das Hauptziel dieses Projektes ist, für den Schweizer Wald zu ergründen, wie sich verschiedene Diversitätskomponenten mit zunehmender Fläche und in Abhängigkeit von sich verändernder Heterogenität verhalten.	https://www.wsl.ch/de/projekte/div-scaling/
Eawag		
Programm Blue-Green Biodiversity (BGB) - Eawag & WSL	Ziel von BGB ist es, die Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Artenverlust und den Veränderungen der Biodiversität an der Schnittstelle von Wasser und Land zu verstehen und darauf zu reagieren. Nahrungsnetze der aquatisch-terrestrischen Lebensräume in Wäldern unter dem Einfluss des Klimawandels, Biodiversität und Ökosystemprozesse in Biberhabitaten.	https://www.eawag.ch/de/forschung/wasser-fuer-die-umwelt/biodiversitaet/forschungsinitiative-blue-green-biodiversity/ https://www.wsl.ch/de/ueber-die-wsl/organisation/programme-und-initiativen/forschungsinitiative-blue-green-biodiversity/

Fernerkundung	Untersuchung optischer Prozesse in Oberflächengewässern und die Nutzung von Satellitendaten für Wasserqualitätsbestimmungen auf regionaler und globaler Ebene.	https://www.eawag.ch/de/abteilung/surf/schwerpunkte/fernerkundung/
Andere Hochschulen & Fachhochschulen		
Universität Zürich: Hillslope Hydrology	Untersuchungen zu Mechanismen der Abflussbildung an Hängen und in kleinen Einzugsgebieten. Forschungsprojekte zu Vernetzung zwischen Hängen, Auen und Flüssen, oberflächennahem Grundwasser in voralpinen Einzugsgebieten und zu Auswirkungen von Landdegradation und Renaturierung auf hydrologische Prozesse.	https://www.geo.uzh.ch/en/units/h2k/research/hillslope-hydrology.html
Berner Fachhochschule/ Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften BFH-HAFL: Multifunktionale Waldwirtschaft	Entwicklung von praxisbezogenen und innovativen Lösungen für ein multifunktionales und nachhaltiges Management von Waldökosystemen. Forschungsgruppen zu Forstlicher Produktion, Gebirgs- und Naturgefahren, Waldökosystem und Waldmanagement, Waldpolitik und internationales Waldmanagement.	https://www.bfh.ch/hafl/de/forschung/forschungsbereiche/multifunktionales-waldmanagement/

6.3. Weitere relevante Institutionen und Plattformen

Tabelle 12

Übersicht relevanter Institutionen (Verbände, Plattformen, Netzwerke, NGOs etc.) im Bereich Wald, Wasser und Biodiversität spezifisch für die Schweiz.

Organisation	Details	Link
Wald Schweiz	Verband der Waldeigentümer	https://www.waldschweiz.ch/
Waldwissen.net	Informations- und Kommunikationsplattform für forstliche Fachleute, Fachartikel zu Themen rund um Forstwirtschaft, den Lebensraum Wald und weitere Themen.	https://www.waldwissen.net
Waldlabor Zürich	Gemeinnütziger Verein aus Zürich, bestehend aus Forschenden, Waldbesitzenden und Waldfachleuten. Ziele sind es, den Wald besser zu verstehen, Wissen zu vermitteln und Engagement für die nachhaltige Waldentwicklung. Im Waldgebiet finden Forschungsprojekte und Führungen für Wald-Fachleute, Schulen und andere Gruppen statt.	https://waldlabor.ch/
info fauna	Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Fauna	https://www.infofauna.ch/
karch	Die Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch) ist die Beratungsstelle für Amphibien und Reptilien.	https://www.infofauna.ch/de/beratungsstellen/amphibien-karch#gsc.tab=0 https://www.infofauna.ch/de/beratungsstellen/reptilien-karch#gsc.tab=0
Nationale Biberfachstelle	Die Nationale Biberfachstelle ist eine Beratungs- und Koordinationsstelle für Biberfragen.	https://www.infofauna.ch/de/nationale-koordinationsstellen/biber#gsc.tab=0
Fischotter	Die Fischotterfachstelle ist eine Beratungs- und Koordinationsstelle für Fischotterfragen.	https://www.infofauna.ch/de/beratungsstellen/fischotterfachstelle#gsc.tab=0
Kleinsäuger	Die Koordinationsstelle ist ein nationales Kompetenzzentrum für Kleinsäuger und Kleinraubtiere.	https://www.infofauna.ch/de/nationale-koordinationsstellen/kleine-saeugetiere#gsc.tab=0

Info Flora	Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. Informationen zur Schweizer Flora, Artenförderung, Lebensräumen und Neophyten.	https://www.infoflora.ch/
SwissLichens	Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flechten. SwissLichens hat zum Ziel, die Verbreitung, Gefährdung und Ökologie der Flechten in der Schweiz zu erforschen und zu dokumentieren.	https://swisslichens.wsl.ch/
SwissFungi	Nationales Daten - und Informationszentrum zur Dokumentation, Förderung und Erforschung der Schweizer Pilzflora.	https://swissfungi.wsl.ch/de/
Koordinationsstelle Flusskrebse Schweiz KFKS	Die Koordinationsstelle unterstützt Kantone bei Erhaltungsmaßnahmen für die einheimischen und dem Management nicht-einheimischer Flusskrebse.	https://www.kfks.ch/
Vogelwarte	Die Schweizerische Vogelwarte Sempach überwacht die einheimische Vogelwelt, erforscht ihre Lebensweise und setzt sich für die bedrohte Vogelwelt ein. Informationen zu Arten, Artenschutz und Lebensraumförderung.	https://www.vogelwarte.ch/
Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz	Koordinationsstellen Ost für Fledermausschutz (KOF, zuständig für östliche Landeshälfte und Tessin) und das Centre de coordination chauves-souris (CCO, zuständig für Westschweiz).	https://fledermausschutz.ch/koordinationsstelle https://institutions.ville-geneve.ch/fr/cco/
Beaverwatch	Beaverwatch ist ein gemeinnütziger Verein, dessen Hauptaufgabe das Interesse und die Überwachung des Bibers in der Schweiz, hauptsächlich in der Romandie, ist. Beaverwatch steht zur Verfügung, um Fragen zu beantworten und mit Biberspezialisten direkt vor Ort zu intervenieren.	https://www.beaverwatch.ch/
Biodivers	Verein mit dem Zweck der Wissensvermittlung im Bereich Förderung der Pflanzen, Tiere und Lebensräume. Betreibt Plattform für Naturförderung, welche umsetzungsrelevante Artikel und Information zu vielen Themen der Natur- und Biodiversitätsförderung veröffentlicht.	https://www.biodivers.ch/
Forum Forestier Lémanique	Das Forum Forestier Lémanique (FFL) organisiert Veranstaltungen, um die Diskussion zwischen zahlreichen im französisch-schweizerischen Genferseegebiet ansässigen Akteur:innen der Forstwirtschaft und der Naturverwaltung zu beleben. Seine Aufgabe ist es, Kontakte zu erleichtern und den Austausch zwischen Fachleuten zu fördern, die auf lokaler, nationaler und internationaler Ebene tätig sind.	https://f-f-l.org/
Pro Natura	Grösste Schweizer Naturschutzorganisation. Besondere Erfahrung bei der Einrichtung von Naturschutzgebieten und Artenförderung.	https://www.pronatura.ch/
BirdLife Schweiz	Grosse Naturschutzorganisationen der Schweiz. Besonderer Einsatz bei der Ökologischen Infrastruktur. Gebietsschutz über spezielle Förderinstrumente (BirdLife-Naturjuwelen, Important Bird and Biodiversity Areas (IBA), Netzwerk Smaragd, Wasservogel-Gebiete)	https://www.birdlife.ch/
WWF Schweiz	Internationale Naturschutzorganisation mit Schweizer Projekten zu Moorschutz, Renaturierung und Schutz von Gewässern, lebendigen Wäldern in den Alpen u.a.	https://www.wwf.ch/

Schweizerischer Forstverein: Arbeitsgruppe Waldbiodiversität	Netzwerk für den Erfahrungs- und Informationsaustausch zum Thema Waldbiodiversität. Regelmässige Fach- und Praxistagungen.	https://www.forstverein.ch/de/arbeitsgruppen/waldbiodiversitaet/portraet
Netzwerk Schweizer Pärke	Informationen zu den 20 Schweizer Pärken (Schweizerischer Nationalpark, Regionale Naturpärke inkl. Biosphärenreservate, Naturerlebnisparks).	https://www.parks.swiss/

Liste mit Datenquellen zum Thema Wald, Wasser und Biodiversität

Tabelle 13

Übersicht der wichtigsten Datenquellen für Geodaten, Wälder, Böden und Grundwasservorkommen, Lebensräumen und Biodiversität und Zielarten spezifisch für die Schweiz.

Webseite	Details	Link
Geodaten allgemein		
Swisstopo	Plattform für geolokalisierte Informationen, Daten und Dienste der Bundesverwaltung.	https://map.geo.admin.ch/
Kantonale GIS Daten	Sammlung der Publikationsplattformen der Kantone für Geoinformationen in Form von Geodaten, Geodiensten, Karten und Fachanwendungen. Betrieben von der Konferenz der kantonalen Geoinformations- und Katasterstellen (KGK)	https://www.kgk-cgc.ch/geodaten/kantonale_geoportale
Wälder		
Landesforstinventar LFI	Informations- und Datenplattform zum Schweizer Wald, betrieben von WSL und BAFU. Karten, Methoden, politische Interpretationen, Dienstleistungen etc.	https://www.lfi.ch/
TreeApp	App, die bei der Auswahl geeigneter Baumarten unter verschiedenen Klimawandel-Szenarien. Betrieben vom Forschungsprogramm Klimawandel von BAFU und WSL.	https://www.tree-app.ch/
Baumartenvielfalts- Schätzer für den Schweizer Wald	App mit dem Ziel, die zu erwartende Baumartenvielfalt abhängig von Vegetationshöhenstufe und Waldgrösse in einem Wald zu schätzen. Betrieben von WSL.	https://webapps.wsl.ch/erwartete-baumartenvielfalt/
Fachstelle Gebirgswaldpflege	Informationen und Publikationen zu Waldbau und eng damit verknüpften Fachgebieten im schweizerischen Gebirgs- und Schutzwald. Betrieben von allen Kantonen, dem BAFU und Liechtenstein.	https://www.gebirgswald.ch/
NaiS - Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald	Wegleitung für nachhaltige Schutzwaldpflege inklusive Pflegemassnahmen und Erfolgskontrolle, sowie Profile der Standortstypen im Wald mit ihrer jeweiligen Ökologie, Informationen zu Waldbau und Anforderungen.	https://www.gebirgswald.ch/nais-download.html
Böden und Grundwasser		
NABODAT	Nationale Bodeninformationssystem. Harmonisiert und führt die Bodendaten aus verschiedenen Untersuchungen in der Schweiz zusammen. Steht kantonalen und nationalen Fachstellen und Bundesämtern zur Verfügung. Betrieben von BAFU.	https://www.nabodat.ch
Bodeneignungskarte der Schweiz	Von GEOSTAT bereitgestellten Daten zur Bodeneignung. Basierend auf der Digitalisierung und Konsolidierung der Bodeneignungskarte der Schweiz.	https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodaten-bundesstatistik/bo-den-nutzung-bedeckung-eignung/abgeleitete-und-andere-daten/boden-eignungskarte-schweiz.html

Grundwasser- und Gewässerschutzkarten Schweiz	Relevante Karten zu Grundwasser und Gewässerschutz. Gewässerschutzkarten basierend auf kantonalen Daten. Betrieben vom BAFU.	https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/zustand/karten/karten-und-abgeleitete-daten/grundwasser-und-gewaesserschutzkarten.html
SoilMaps	Hochauflösende Bodenkarten für den Schweizer Wald, die durch Modellierung durch digitale Bodenkartierung auf der Basis von rund 2000 Bodenprofilen erstellt wurden. Enthalten chemische und physikalische Eigenschaften wie pH, Textur oder Kohlenstoffgehalt für verschiedene Bodentiefen.	https://www.wsl.ch/soilmaps/
Lebensräume		
Lebensraumkarte der Schweiz	Geodatensatz zu Schweizer Lebensräumen gemäss der TypoCH-Klassifikation („Lebensräume der Schweiz“, Delarze et al. 2015) flächendeckend. Erstellt von der WSL.	https://opendata.swiss/de/dataset/lebensraumkarte-der-schweiz
Lebensraumtypologie TypoCH	Übersicht der Lebensräume der Schweiz nach Delarze et al., 2015 [95]. Beinhaltet Anleitung Lebensraumanalyse und Kennarten. Betrieben von info flora.	https://www.infoflora.ch/de/lebensraume/typoch-(delarze-et-al.).html
Rote Liste der Lebensräume Schweiz	Die Rote Liste der Lebensräume führt neben Gefährdungsstatus gemäss den von der IUCN vorgeschlagenen Kriterien auf der Roten Liste auch die Verantwortung der Schweiz für jeden Lebensraum auf. Die Typologie der Lebensräume folgt weitgehend TypoCH i mit feineren Einteilungen für Fließgewässer und Wälder.	https://www.infoflora.ch/de/lebensraume/rote-liste.html
Biber-Auenmodell für die Schweiz	Modell, das die Gebiete identifizieren kann, die durch den Biber mittels Dammbauten überflutet werden können. Dient zur proaktiven Identifikation von Flächen, auf denen Feuchtwälder gefördert werden können, sowie von potentiellen Konfliktgebieten. Steht den Kantonen über die Plattform VDC (virtual data center) zur Verfügung und der Öffentlichkeit über die Website der Nationalen Biberfachstelle bei info fauna.	https://www.infofauna.ch/de/conservation/2024_modellierung-von-auen-gebieten-der-schweiz#gsc.tab=0
Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz	Untersuchungen zu den Veränderungen in den Biotopen von nationaler Bedeutung (Hoch- und Flachmoore, Trockenwiesen und -weiden, Auen, Amphibienlaichgebiete) über die Zeit. Betrieben von der WSL und vom BAFU.	https://biotopschutz.wsl.ch/de/
Biodiversität und Zielarten		
Biodiversitätsmonitoring BDM	Daten zur langfristigen Entwicklung der Artenvielfalt Pflanzenarten und ausgewählten Tiergruppen. Basiert auf Erhebung von häufigen und verbreiteten Arten. Hintermann & Weber AG und BAFU.	https://www.biodiversitymonitoring.ch/index.php/
Info Species	Schweizerisches Informationszentrum für Arten. Dachorganisation der nationalen Daten- und Informationszentren und der Koordinationsstellen Artenförderung. Sammelt, validiert und publiziert Verbreitungsnachweise und Artinformationen für alle in der Schweiz wildlebenden Arten, darunter auch gebietsfremde Arten (Neobiota).	https://www.infospecies.ch/
Listen für den Artenschutz (Nationale und regionale Rote Listen, Liste der Prioritären Arten)	Aufgeführt und verlinkt sind die Nationale Rote Liste (2016), die regionale Rote Liste (2019) (Gefässpflanzen), die Liste der Nationalen Prioritären Arten (2019). Betrieben von info flora.	https://www.infoflora.ch/de/artenschutz/listen.html
Faktencheck Artenvielfalt (Deutschland): Literaturdatenbank	Mit der Literaturdatenbank steht ein nützliches Werkzeug für Literaturrecherchen zur Biodiversität in Deutschland zur Verfügung.	https://www.feda.bio/de/literaturdatenbank-faktencheck-artenvielfalt/

Anhang: A1 Waldzielartenliste für feuchte und nasse Waldgesellschaften

Zu den Listen der Waldzielarten der Lebensraumtypen "Wärmeliebende Föhrenwälder" sowie "Gebirgsnadelwälder" muss angemerkt werden, dass diese auch Waldgesellschaften ausserhalb der feuchten oder nassen Waldgesellschaften beinhalten. So gehört die einzige feuchte Waldgesellschaft der wärmeliebenden Föhrenwälder zur Unterkategorie 6.4.2 Subkontinentaler kalkreicher Föhrenwald, und alle feuchten Waldgesellschaften der Gebirgsnadelwälder zur Unterkategorie 6.6.1. Tannen-Fichtenwald. Daher sind nicht alle der gelisteten Waldzielarten in Tabelle A1.2 und A1.4 relevant für die Wiederherstellung von feuchten und nassen Lebensräumen.

Tabelle A1.1

Waldzielarten für Waldgesellschaften der Bruch- und Auenwälder (6.1.) nach Delarze et al. 2015 [95]

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Amphibien	<i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus, 1758)	Feuersalamander	Salamandre tachetée
Amphibien	<i>Triturus carnifex</i> (Laurenti, 1768)	Italienischer Kammolch	Triton crêté italien
Amphibien	<i>Triturus cristatus</i> (Laurenti, 1768)	Nördlicher Kammolch	Triton crêté
Amphibien	<i>Lissotriton helveticus</i> (Razoumowsky, 1789)	Fadenmolch	Triton palmé
Amphibien	<i>Bombina variegata</i> (Linnaeus, 1758)	Gelbbauchunke	Sonneur à ventra jaune
Amphibien	<i>Rana dalmatina</i> Bonaparte, 1840	Springfrosch	Grenouille agile
Amphibien	<i>Rana latastei</i> Boulanger, 1879	Italienischer Springfrosch	Grenouille de Lataste
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Arthrosporum populorum</i> A. Massal.	Pappel-Gliedersporenflechte	Lichen ponctuation du peuplier
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Strangospora ochrophora</i> (Nyl.) R.A.Anderson	Zimtflechte	Lichen cannelle
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Strigula jamesii</i> (Swinscow) R.C. Harris	James Furchenflechte	Lichen pointe de couteau
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Gyalecta truncigena</i> (Ach.) Hepp	Gestutzte Grubenflechte	Lichen ventouse des troncs
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Anaptychia crinalis</i> (Schleich.) Vezda	Feine Wimpernflechte	Lichen griffon à crinière
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Usnea wasmuthii</i> Räsänen	Wasmuths Bartflechte	Lichen barbe à ulcères
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Biatoridium delitescens</i> (Arnold) Hafellner	Verborgene Rundsporflechte	Lichen tête d'ange
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Caloplaca obscurella</i> (Körb.) Th.Fr.	Dunkler Schönfleck	Lichen confettis obscure
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Candelariella viae-lactae</i> G.Thor & V.Wirth	Milchstrassen-Dotterflechte	Lichen jaune voie-lactée
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Rinodina ventricosa</i> Hinteregger & Giral	Dickbauchige Braunsporflechte	
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Candelariella subdeflexa</i> (Nyl.) Lettau	Lagerlose Dotterflechte	Lichen jaune oeuf au plat
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Agonimia octospora</i> Coppins & P.James	Achtsporige Tönnchenflechte	Lichen tonneau à huit spores

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Physcia vitii</i> Nád. v.	Bandförmige Schwielenflechte	Lichen dendrite à bonnet
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Ramalina dilacerata</i> (Hoffm.) Hoffm.	Kleine Astflechte	Lichen ramuscule minuscule
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Ramalina sinensis</i> Jatta	Chinesische Astflechte	Lichen ramuscule aile de dragon
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Collema fasciculare</i> (L.) F.H.Wigg.	Bündel-Leimflechte	Cyanolichen fasciculé
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Heterodermia speciosa</i> (Wulfen) Trevis.	Schöne Wimperflechte	Lichen varech gris
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Rinodina polysporoides</i> Giralt & H.Mayrhofer	Warzige Braunsporflechte	Lichen petit bouclier ver-rueux
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.	Echte Lungenflechte	Lichen poumon officinal
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Nephroma laevigatum</i> Ach.	Glatte Nierenflechte	Lichen rein lisse
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Pannaria conoplea</i> (Ach.) Bory	Blaugraue Tuchflechte	Cyanolichen varech
Fledermäuse	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	Grosse Hufeisennase	Grand rhinolophe fer à cheval
Fledermäuse	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	Kleine Hufeisennase	Petit rhinolophe fer à cheval
Fledermäuse	<i>Barbastella barbastellus</i> (Schreber, 1774)	Mopsfledermaus	Barbastelle commune
Fledermäuse	<i>Eptesicus nilssonii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)	Nordfledermaus	Sérotine boréale
Fledermäuse	<i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber, 1774)	Breitflügel-fledermaus	Grande sérotine
Fledermäuse	<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817)	Bechsteinfledermaus	Murin de Bechstein
Fledermäuse	<i>Myotis brandtii</i> (Eversmann, 1845)	Brandtfledermaus	Murin de Brandt
Fledermäuse	<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)	Grosses Mausohr	Grand murin
Fledermäuse	<i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus, 1758)	Braunes Langohr	Oreillard brun
Fledermäuse	<i>Plecotus austriacus</i> (Fischer, 1829)	Graues Langohr	Oreillard gris
Fledermäuse	<i>Vespertilio murinus</i> Linnaeus, 1758	Zweifarb-fledermaus	Sérotine bicolore
Fledermäuse	<i>Plecotus macrobullaris</i> Kuzjak, 1965	Alpenlangohr	Oreillard des Alpes
Gefässpflanzen	<i>Cypripedium calceolus</i> L.	Frauenschuh	Sabot de Vénus
Gefässpflanzen	<i>Dryopteris cristata</i> (L.) A. Gray	Kamm-Wurmfarn	Dryoptéris à crêtes

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Gefässpflanzen	<i>Epipactis rhodanensis</i> Gévaudan & Robatsch	Rhone-Ständelwurz	Épipactis du Rhône
Gefässpflanzen	<i>Poa remota</i> Forselles	Entferntähriges Rispengras	Paturin à épillets espacés
Gefässpflanzen	<i>Pseudostellaria europaea</i> Schaeftl.	Knollenmiere	Pseudostellaire d'Europe
Gefässpflanzen	<i>Rosa majalis</i> Herrm.	Zimt-Rose	Rosier cannelle
Gefässpflanzen	<i>Vitis sylvestris</i> C. C. Gmel.	Wilde Rebe	Vigne des bois
Grosspilze	<i>Amanita friabilis</i> (P. Karst.) Bas	Erlen-Scheidenstreifling	Amanite des aulnes
Grosspilze	<i>Haasiella venustissima</i> (Fr.) Kotl. et Pouzar	Orangeroter Goldnabeling	
Grosspilze	<i>Lyophyllum favrei</i> R.Haller et R.Haller	Favres Schwärzling	
Grosspilze	<i>Pluteus aurantiorugosus</i> (Trog.) Sacc.	Orangeroter Dachpilz	Plutée orangé
Grosspilze	<i>Squamanita schreieri</i> Imbach	Gelber Schuppenwulstling	Amanite jaune à écailles
Käfer	<i>Dicerca alni</i> (Fischer von Waldheim, 1824)	Grosser Erlen-Prachtkäfer	
Käfer	<i>Poecilota variolosa</i> (Paykull, 1799)	Grosser Pappel-Prachtkäfer	
Käfer	<i>Anthaxia manca</i> (Linnaeus, 1767)	Kleiner Ulmen-Prachtkäfer	
Käfer	<i>Osmoderma eremita</i> (Scopoli, 1763)	Juchtenkäfer, Eremit	Pique prune, Barbot
Käfer	<i>Lucanus cervus</i> (Linnaeus, 1758)	Hirschkäfer	Lucane Cerf-volant
Käfer	<i>Aegosoma scabricorne</i> (Scopoli, 1763)	Körnerbock	
Käfer	<i>Rhamnusium bicolor</i> (Schrank, 1781)	Beulenkopfbock	
Käfer	<i>Lamia textor</i> (Linnaeus, 1758)	Weberbock	
Käfer	<i>Saperda perforata</i> (Pallas, 1773)	Gefleckter Espenbock	
Landschnecken und Grossmuscheln	<i>Bulgarica cana</i> (Held, 1836)	Graue Schliessmundschnecke	
Reptilien	<i>Zamenis longissimus</i> (Laurenti, 1768)	Äskulapnatter	Couleuvre d'Esculape
Reptilien	<i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758) s.l.	Ringelnatter	Couleuvre é collier
Schmetterlinge	<i>Gastropacha populifolia</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	Grosse Pappelglucke, Auwaldglucke	Feuille morte du peuplier
Schmetterlinge	<i>Apatura ilia</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	Kleiner Schillerfalter	Petit Mars changeant
Schmetterlinge	<i>Lopinga achine</i> (Scopoli, 1763)	Gelbringfalter	Bacchante
Schmetterlinge	<i>Orgyia recens</i> (Hübner, 1819)	Eckfleck-Bürstenspinner, Eichenwald-Bürstenbinder	Soucieuse
Vögel	<i>Actitis hypoleucos</i> Linnaeus, 1758	Flussuferläufer	Chevalier guignette
Vögel	<i>Cuculus canorus</i> Linnaeus, 1758	Kuckuck	Coucou gris
Vögel	<i>Picus canus</i> Gmelin, 1788	Grauspecht	Pic cendré

Tabelle A1.2

Waldzielarten für Waldgesellschaften der Wärmeliebende Föhrenwälder (6.4.) nach Delarze et al. 2015 [95]

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Baum-/Erdbe- wohnende Flechten	<i>Solorinella asteriscus</i> Anzi	Löss-Sternflechte	Lichen étoile des sables
Baum-/Erdbe- wohnende Flechten	<i>Fulgensia fulgens</i> (Sw.) Elenkin	Gewöhnliche Feuerflechte	Lichen soufre foliacé
Baum-/Erdbe- wohnende Flechten	<i>Fulgensia subbracteata</i> (Nyl.) Poelt	Kleinschuppige Feuerflechte	Lichen soufre à squamules
Fledermäuse	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	Kleine Hufeisennase	Petit rhinolophe fer à cheval
Fledermäuse	<i>Barbastella barbastellus</i> (Schreber, 1774)	Mopsfledermaus	Barbastelle commune
Fledermäuse	<i>Eptesicus nilssonii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)	Nordfledermaus	Sérotine boréale
Fledermäuse	<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817)	Bechsteinfledermaus	Murin de Bechstein
Fledermäuse	<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)	Grosses Mausohr	Grand murin
Fledermäuse	<i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus, 1758)	Braunes Langohr	Oreillard brun
Fledermäuse	<i>Plecotus macrobullaris</i> Kuzjakin, 1965	Alpenlangohr	Oreillard des Alpes
Gefässpflanzen	<i>Cypripedium calceolus</i> L.	Frauenschuh	Sabot de Vénus
Gefässpflanzen	<i>Daphne cneorum</i> L.	Flaumiger Seidelbast	Daphné camélée
Gefässpflanzen	<i>Dictamnus albus</i> L.	Diptam	Dictame blanc
Gefässpflanzen	<i>Diphasiastrium complanatum</i> (L.) Holub	Gemeiner Flachbärlapp	Lycopode aplati
Gefässpflanzen	<i>Dorycnium germanicum</i> (Grenli) Rikli	Deutscher Backenkleee	Dorycnium d'Allemagne
Gefässpflanzen	<i>Onosma helvetica</i> (A. DC.) Boiss.	Penninische Lotwurz	Onosma de Suisse
Grosspilze	<i>Hygrophorus latitabundus</i> Britzelm.	Grosser Kiefern-Schneckling	Hygrophore gluant
Grosspilze	<i>Hygrophorus ligatus</i> Fr.	Schleimigberingter Schneckling	
Grosspilze	<i>Inonotus rheades</i> (Pers.) P. Karst.	Fuchsroter Schillerporling	
Grosspilze	<i>Tricholoma colossus</i> (Fr.) Quel.	Riesenritterling	Tricholome colossal
Grosspilze	<i>Chalciporus pseudorubinus</i> (Thirring) Pilat et Dermek	Kleinster Zwergröhrling	
Käfer	<i>Chalcophora mariana</i> (Linnaeus, 1758)	Marien-Prachtkäfer	
Käfer	<i>Dicerca moesta</i> (Fabricius, 1792)		
Käfer	<i>Ergates faber</i> (Linnaeus, 1760)	Mulmbock	
Reptilien	<i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768	Schlingnatter	Coronelle lisse
Reptilien	<i>Zamenis longissimus</i> (Laurenti, 1768)	Äskulapnatter	Couleuvre d'Esculape
Reptilien	<i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758) s.l.	Ringelnatter	Couleuvre é collier
Reptilien	<i>Vipera aspis</i> (Linnaeus, 1758) s.l.	Aspiviper	Vipère aspic
Reptilien	<i>Vipera berus</i> (Linnaeus, 1758)	Kreuzotter	Vipère péliade
Schmetterlinge	<i>Hipparchia semele</i> (Linnaeus, 1758)	Ockerbindiger Samtfalter, Rostbinde, Samtbinde	Agreste
Vögel	<i>Caprimulgus europaeus</i> Linnaeus, 1758	Ziegenmelker	Engoulevent d'Europe
Vögel	<i>Jynx torquilla</i> Linnaeus, 1758	Wendehals	Torcol fourmilier

Tabelle A1.3

Waldzielarten für Waldgesellschaften der Hochmoorwälder (6.5.) nach Delarze et al. 2015 [95]

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Amphibien	<i>Triturus carnifex</i> (Laurenti, 1768)	Italienischer Kammolch	Triton crêté italien
Amphibien	<i>Triturus cristatus</i> (Laurenti, 1768)	Nördlicher Kammolch	Triton crêté
Amphibien	<i>Lissotriton helveticus</i> (Razoumowsky, 1789)	Fadenmolch	Triton palmé
Amphibien	<i>Bombina variegata</i> (Linnaeus, 1758)	Gelbbauchunke	Sonneur à ventra jaune
Amphibien	<i>Rana dalmatina</i> Bonaparte, 1840	Springfrosch	Grenouille agile
Fledermäuse	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	Grosse Hufeisennase	Grand rhinolophe fer à cheval
Fledermäuse	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	Kleine Hufeisennase	Petit rhinolophe fer à cheval
Fledermäuse	<i>Barbastella barbastellus</i> (Schreber, 1774)	Mopsfledermaus	Barbastelle commune
Fledermäuse	<i>Eptesicus nilssonii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)	Nordfledermaus	Sérotine boréale
Fledermäuse	<i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber, 1774)	Breitflügel-Fledermaus	Grande sérotine
Fledermäuse	<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817)	Bechsteinfledermaus	Murin de Bechstein
Fledermäuse	<i>Myotis brandtii</i> (Eversmann, 1845)	Brandtfledermaus	Murin de Brandt
Fledermäuse	<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)	Grosses Mausohr	Grand murin
Fledermäuse	<i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus, 1758)	Braunes Langohr	Oreillard brun
Fledermäuse	<i>Plecotus austriacus</i> (Fischer, 1829)	Graues Langohr	Oreillard gris
Fledermäuse	<i>Vespertilio murinus</i> Linnaeus, 1758	Zweifarb-Fledermaus	Sérotine bicolore
Fledermäuse	<i>Plecotus macrotus</i> Kuzjak, 1965	Alpenlangohr	Oreillard des Alpes
Grosspilze	<i>Lactarius fascians</i> Fr.	Verhexter Milchling	
Käfer	<i>Dicerca moesta</i> (Fabricius, 1792)		
Moose	<i>Kurzia pauciflora</i> (Dicks.) Grolle	Wenigblütiges Kleinschuppenzweigmoss	Kurzies des tourbières
Reptilien	<i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758) s.l.	Ringelnatter	Couleuvre é collier
Reptilien	<i>Vipera berus</i> (Linnaeus, 1758)	Kreuzotter	Vipère péliade
Vögel	<i>Tetrao tetrix</i> (Linnaeus, 1758)	Birkhuhn	Tétras lyre
Vögel	<i>Tetrao urogallus</i> Linnaeus, 1758	Auerhuhn	Grand Tétras
Vögel	<i>Tetrastes bonasia</i> (Linnaeus, 1758)	Haselhuhn	Gélinotte des bois

Tabelle A1.4

Waldzielarten für Waldgesellschaften der Gebirgsnadelwälder (6.6.) nach Delarze et al. 2015 [95]

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Parmelia laevigata</i> (Sm.) Ach.	Glatte Schüsselflechte	Lichen puzzle pustuleux
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Parmelia taylorensis</i> Mitch.	Taylors Schüsselflechte	Lichen puzzle uni
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Pertusaria hemisphaerica</i> (Flörke) Erichsen	Halbkugelige Porenflechte	Lichen nappe à demi-sphères
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Pertusaria multipuncta</i> (Turner) Nyl.	Vielpunktige Porenflechte	Lichen pseudostérile croché
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Pertusaria oculata</i> (Dicks.) Th.Fr.	Auffällige Porenflechte	Lichen tapis à poils courts
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	Gewöhnliche Porenflechte	Lichen pore globuleux
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Zamenhofia hibernica</i> (P.James & Swinscow) Cl.Roux	Iberische Zamenhofie	Lichen poil de carotte
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	Buschige Astflechte	Lichen ramuscule condensé
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Schismatomma decolorans</i> (Sm.) Clauzade & Vezda	Verfärbte Spaltaugenflechte	Lichen poudre lilas
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Sphaerophorus globosus</i> (Huds.) Vain.	Korallen-Kugelträger	Lichen corail des forêts
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Sphaerophorus melanocarpus</i> (Sw.) DC.	Schwarzfrüchtiger Kugelträger	Lichen corail à poudre noire
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Sticta sylvatica</i> (Huds.) Ach.	Wald-Grübchenflechte	Lichen tacheté des forêts
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Strangospora ochrophora</i> (Nyl.) R.A.Anderson	Zimtflechte	Lichen cannelle
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Usnea longissima</i> Ach.	Engelshaar	Lichen cheveux d'ange
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Usnea ceratina</i> Ach.	Horn-Bartflechte	Lichen barbe en arêtes de poisson
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Usnea cornuta</i> Körb.	Gehörnte Bartflechte	Lichen barbichette
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Fuscidea arboricola</i> Coppins & Tønsberg	Winzige Schwarznapfflechte	

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Gyalecta truncigena</i> (Ach.) Hepp	Gestützte Grubenflechte	Lichen ventouse des troncs
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Pertusaria borealis</i> Erichsen	Nördliche Porenflechte	Lichen nappe boréal
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Anaptychia crinalis</i> (Schleich.) Vezda	Feine Wimpernflechte	Lichen griffon à crinière
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Arthonia faginea</i> Müll.Arg.	Buchen-Fleckflechte	Lichen tache du hêtre
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Arthonia reniformis</i> (Pers.) Nyl.	Nierenförmige Fleckflechte	Lichen tache en rein
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Calicium adpersum</i> Pers.	Sitzende Kelchflechte	Lichen clou doré
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Calicium adaequatum</i> Nyl.	Echte Kelchflechte	Lichen clou de cercueil
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J.R. Laundon	Gelbrötlicher Schönfleck	Lichen confettis jaune rouge
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Caloplaca obscurella</i> (Körb.) Th.Fr.	Dunkler Schönfleck	Lichen confettis obscure
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Heppia adglutinata</i> (Kremp.) A. Massal.	Anliegende Heppflechte	Lichen cuves de tannerie agglutinées
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Cladonia acuminata</i> (Ach.) Norrl.	Zugespitzte Säulenflechte	Lichen paratonnerre
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Rinodina sheardii</i> Tønsberg	Sheards Braunsporflechte	Lichen petit bouclier jaune poudreux
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Arthonia fuliginosa</i> (Turner & Borrer) Flot.	Russige Fleckflechte	Lichen tache de suie
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Caloplaca chrysophthalma</i> Degel.	Gelbkörniger Schönfleck	Lichen confettis à soralies jaunes
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Catapyrenium daedaleum</i> (Kremp.) Stein	Kunstvolle Lederflechte	Lichen cuir labyrinthe
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Cyphelium lucidum</i> (Th.Fr.) Th.Fr.	Leuchtende Staubfruchtflechte	Lichen caviar luisant
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Cyphelium karelicum</i> (Vain.) Räsänen	Karelische Staubfruchtflechte	Lichen caviar de Karélie
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Cetraria oakesiana</i> Tuck.	Gesäumte Tartschenflechte	Lichen passerelle grise
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Cetraria sepincola</i> (Ehrh.) Ach.	Zaun-Tartschenflechte	Lichen à boucliers bruns
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Chaenotheca laevigata</i> Nád.v.	Glatte Stecknadelflechte	Lichen épingle à collier jaune

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Chaenotheca chlorella</i> (Ach.) Müll.Arg.	Grüngelbe Stecknadelflechte	Lichen épingle à granules verts
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Chaenotheca hispidula</i> (Ach.) Zahlbr.	Rauhe Stecknadelflechte	Lichen épingle de sorcière
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Chaenotheca subrosida</i> (Eitner) Zahlbr.	Fichten-Stecknadelflechte	Lichen épingle de l'épicéaw
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Chaenotheca phaeocephala</i> (Turner) Th.Fr.	Dunkelköpfige Stecknadelflechte	Lichen épingle vert olive
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Agonimia octospora</i> Coppins & P.James	Achtsporige Tönnchenflechte	Lichen tonneau à huit spores
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Ramalina roesleri</i> (Schaer.) Hue	Röslers Astflechte	Lichen ramuscule en dentelle
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Usnea madeirensis</i> Motyka	Madeira-Bartflechte	Lichen barbe à papa
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Dimerella lutea</i> (Dicks.) Trevis.	Gelbe Krügleinflechte	Lichen ventouse jaune orangé
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Fellhanera gyrophorica</i> Sérus., Coppins, Diederich & Scheid.	Gyrophor-Ästchenflechte	Lichen poussière des troncs
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Graphis elegans</i> (Sm.) Ach.	Zierliche Schriftflechte	Lichen manuscrit élégant
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Mycoblastus caesius</i> (Coppins & P.James) Tønsberg	Blaugraue Blutstropfenflechte	Lichen étoiles sur ciel d'orage
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Heterodermia obscurata</i> (Nyl.) Trevis.	Dunkle Wimperflechte	Lichen varech obscure
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Hypocenomyce friesii</i> (Ach.) P.James & Gotth.Schneid.	Fries' Schuppenflechte	Lichen peau de léopard
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Lecanactis abietina</i> (Ach.) Körb.	Tannen-Strahlflechte	Lichen cratères de lune
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Rinodina polysporoides</i> Giral & H.Mayrhofer	Warzige Braunsporflechte	Lichen petit bouclier ver-ruqueux
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Catillaria alba</i> Coppins & Vezda	Weisse Kesselflechte	Lichen glace citron
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Biatora rufidula</i> (Graewe) S.Ekman & Printzen	Rötliche Stäbchenflechte	Lichen glace mandarine

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Cliostomum pallens</i> (Kullh.) S.Ekman	Blasse Kesselflechte	
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Lecania fuscella</i> (Schaer.) Körb.	Bräunliche Kückleinflechte	Lichen domino petit brun
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Arthonia vinosa</i> Leight.	Weinrote Fleckflechte	Lichen tache de vin
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Leptogium teretiusculum</i> (Wallr.) Arnold	Walzige Gallertflechte	Cyanolichen petit corail
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.	Echte Lungenflechte	Lichen poumon officinal
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Lobaria scrobiculata</i> (Scop.) DC.	Grubige Lungenflechte	Lichen poumon de mineur
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Massalongia carnosa</i> (Dicks.) Körb.	Fleischige Massalongie	Lichen patte de renard
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Mycoblastus affinis</i> (Schaer.) T.Schauer	Verwandte Blutstropfenflechte	Lichen truffe noire
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Nephroma laevigatum</i> Ach.	Glatte Nierenflechte	Lichen rein lisse
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Ochrolechia pallescens</i> (L.) A. Massal.	Bleiche Bleiflechte	Lichen donut sugar ice
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Ochrolechia subviridis</i> (Høeg) Erichsen	Grünliche Bleiflechte	Lichen naperon crocheté
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Pannaria conoplea</i> (Ach.) Bory	Blaugraue Tuchflechte	Cyanolichen varech
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Parmotrema arnoldii</i> (Du Rietz) Hale	Arnolds Schüsselflechte	Lichen berceau argenté
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Parmotrema crinitum</i> (Ach.) M.Choisy	Behaarte Schüsselflechte	Lichen berceau crénelé
Fledermäuse	<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	Kleine Hufeisennase	Petit rhinolophe fer à cheval
Fledermäuse	<i>Barbastella barbastellus</i> (Schreber, 1774)	Mopsfledermaus	Barbastelle commune
Fledermäuse	<i>Eptesicus nilssonii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)	Nordfledermaus	Sérotine boréale
Fledermäuse	<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817)	Bechsteinfledermaus	Murin de Bechstein
Fledermäuse	<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)	Grosses Mausohr	Grand murin

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Fledermäuse	<i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus, 1758)	Braunes Langohr	Oreillard brun
Gefässpflanzen	<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub	Gemeiner Flachbärlapp	Lycopode aplati
Gefässpflanzen	<i>Trientalis europaea</i> L.	Siebenstern	Trientalis d'Europe
Grosspilze	<i>Hygrophorus ligatus</i> Fr.	Schleimigberingter Schneckling	
Grosspilze	<i>Lactarius fascians</i> Fr.	Verhexter Milchling	
Grosspilze	<i>Tricholoma caligatum</i> (Viv.) Ricken	Krokodil-Ritterling	Tricholome chaussé
Grosspilze	<i>Chalciporus amarellus</i> (Quel.) M.M. Moser	Bitterlicher Röhrling	
Grosspilze	<i>Chalciporus pseudorubinus</i> (Thirring) Pilat et Dermek	Kleinster Zwergröhrling	
Käfer	<i>Ceruchus chrysoelinus</i> (Hochenwart, 1785)	Rindenschröter	
Käfer	<i>Tragosoma deparium</i> (Linnaeus, 1767)	Zottenbock	
Landschnecken und Grossmuscheln	<i>Zoogenetes harpa</i> (Say, 1824)	Studers Schliessmundschnecke	
Moose	<i>Dichelyma falcatum</i> (Hedw.) Myrin	Klauenmoos	Fontinale faucille
Moose	<i>Frullania parvistipula</i> Steph.	Kleinstipeliges Wassersackmoos	Frullanie à petits ampigastres
Moose	<i>Orthotrichum scanicum</i> Gronvall	Weisshaubiges Goldhaarmoos	Houpe de Scanie
Moose	<i>Tayloria rudolphiana</i> (Garov.) Bruch & Schimp.	Rudolph-Trompetenmoos	Taylorie de Rudolphi
Reptilien	<i>Coronella austriaca Laurenti</i> , 1768	Schlingnatter	Coronelle lisse
Reptilien	<i>Vipera aspis</i> (Linnaeus, 1758) s.l.	Aspiviper	Vipère aspic
Reptilien	<i>Vipera berus</i> (Linnaeus, 1758)	Kreuzotter	Vipère péliade
Vögel	<i>Cuculus canorus</i> Linnaeus, 1758	Kuckuck	Coucou gris
Vögel	<i>Tetrao tetrix</i> (Linnaeus, 1758)	Birkhuhn	Tétras lyre
Vögel	<i>Tetrao urogallus</i> Linnaeus, 1758	Auerhuhn	Grand Tétras
Vögel	<i>Tetrastes bonasia</i> (Linnaeus, 1758)	Haselhuhn	Gélinotte des bois

Tabelle A1.5

Waldzielarten für den Lebensraumtyp Gewässer (1.) nach Delarze et al. 2015 [95]

Organismengruppe	Taxon Name	Deutscher Name	Französischer Name
Amphibien	<i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus, 1758)	Feuersalamander	Salamandre tachetée
Amphibien	<i>Triturus carnifex</i> (Laurenti, 1768)	Italienischer Kammolch	Triton crêté italien
Amphibien	<i>Triturus cristatus</i> (Laurenti, 1768)	Nördlicher Kammolch	Triton crêté
Amphibien	<i>Lissotriton helveticus</i> (Razoumowsky, 1789)	Fadenmolch	Triton palmé
Amphibien	<i>Bombina variegata</i> (Linnaeus, 1758)	Gelbbauchunke	Sonneur à ventra jaune
Amphibien	<i>Rana dalmatina</i> (Bonaparte, 1840)	Springfrosch	Grenouille agile
Amphibien	<i>Rana latastei</i> (Boulanger, 1879)	Italienischer Springfrosch	Grenouille de Lataste
Baum-/Erdbewohnende Flechten	<i>Chaenotheca phaeocephala</i> (Turner) Th.Fr.	Dunkelköpfige Stecknadelflechte	Lichen épingle vert olive
Fledermäuse	<i>Eptesicus nilssonii</i> (Keyserling & Blasius, 1839)	Nordfledermaus	Sérotine boréale
Fledermäuse	<i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber, 1774)	Breitflügel-Fledermaus	Grande sérotine
Fledermäuse	<i>Myotis brandtii</i> (Eversmann, 1845)	Brandt-Fledermaus	Murin de Brandt
Fledermäuse	<i>Vespertilio murinus</i> (Linnaeus, 1758)	Zweifarb-Fledermaus	Sérotine bicolore
Libellen	<i>Lestes dryas</i> (Kirby, 1890)	Glänzende Binsenjungfer	Leste dryade
Reptilien	<i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758) s.l.	Ringelnatter	Couleuvre é collier
Vögel	<i>Actitis hypoleucos</i> (Linnaeus, 1758)	Flussuferläufer	Chevalier guignette

7. Literaturliste

1. N. Imesch, B. Stadler, M. Bolliger, und O. Schneider, «Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald», Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1503, 2015.
2. BAFU, «Strategie Biodiversität Schweiz und Aktionsplan». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/biodiversitaetspolitik/strategie-biodiversitaet-schweiz-und-aktionsplan.html>.
3. «Methods», *Eklipse*, 19-Nov-2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://eklipse.eu/methods/>. [Zugegriffen: 13-Aug-2024].
4. H. Lee und J. Romero, *Climate change 2023: Synthesis Report*. 2023.
5. G. E. Grant, C. L. Tague, und C. D. Allen, «Watering the forest for the trees: an emerging priority for managing water in forest landscapes», *Front. Ecol. Environ.*, Bd. 11, Nr. 6, S. 314–321, Aug. 2013.
6. A. Kahmen u. a., «Root water uptake depth determines the hydraulic vulnerability of temperate European tree species during the extreme 2018 drought», *Plant Biol.*, Bd. 24, Nr. 7, S. 1224–1239, Dez. 2022.
7. N. Brinkmann, W. Eugster, N. Buchmann, und A. Kahmen, «Species-specific differences in water uptake depth of mature temperate trees vary with water availability in the soil», *Plant Biol.*, Bd. 21, Nr. 1, S. 71–81, Jan. 2019.
8. K. Meusburger u. a., «Soil-plant interactions modulated water availability of Swiss forests during the 2015 and 2018 droughts», *Glob. Chang. Biol.*, Bd. 28, Nr. 20, S. 5928–5944, Okt. 2022.
9. M. Arend, R. M. Link, R. Patthey, G. Hoch, B. Schuldt, und A. Kahmen, «Rapid hydraulic collapse as cause of drought-induced mortality in conifers», *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, Bd. 118, Nr. 16, Apr. 2021.
10. A. Gauthey u. a., «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.*, Bd. 75, Nr. 10, S. 3141–3152, Mai 2024.
11. X. Chen und Q. Hu, «Groundwater influences on soil moisture and surface evaporation», *J. Hydrol.*, Bd. 297, Nr. 1, S. 285–300, Sep. 2004.
12. A. Martínez-de la Torre und G. Miguez-Macho, «Groundwater influence on soil moisture memory and land-atmosphere fluxes in the Iberian Peninsula», *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Bd. 23, Nr. 12, S. 4909–4932, Dez. 2019.
13. M. S. Malik, J. P. Shukla, und S. Mishra, «Effect of Groundwater Level on Soil Moisture, Soil Temperature and Surface Temperature», *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Bd. 49, Nr. 9, S. 2143–2161, Sep. 2021.
14. E. R. Frei u. a., «European beech dieback after premature leaf senescence during the 2018 drought in northern Switzerland», *Plant Biol.*, Bd. 24, Nr. 7, S. 1132–1145, Dez. 2022.
15. H. J. Fowler und H. Ali, «Analysis of extreme rainfall events under the climatic change», in *Rainfall*, Elsevier, 2022, S. 307–326.
16. X. Zhang, H. Wan, F. W. Zwiers, G. C. Hegerl, und S.-K. Min, «Attributing intensification of precipitation extremes to human influence: Human Influencee on extreme precipitation», *Geophys. Res. Lett.*, Bd. 40, Nr. 19, S. 5252–5257, Okt. 2013.

17. E. M. Fischer und R. Knutti, «Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes», *Nat. Clim. Chang.*, Bd. 5, Nr. 6, S. 560–564, Juni 2015.
18. F. C. Pavesi und M. Pezzagno, «From sponge cities to sponge landscapes with nature-based solutions: A multidimensional approach to map suitable rural areas for flood mitigation and landscaping», in *The Handbook of Environmental Chemistry*, Cham: Springer International Publishing, 2021, S. 355–376.
19. C. Soulsby, J. Dick, B. Scheliga, und D. Tetzlaff, «Taming the flood-How far can we go with trees?», *Hydrol. Process.*, Bd. 31, Nr. 17, S. 3122–3126, Aug. 2017.
20. M. R. Marshall u. a., «The impact of rural land management changes on soil hydraulic properties and runoff processes: results from experimental plots in upland UK», *Hydrol. Process.*, Bd. 28, Nr. 4, S. 2617–2629, 2014.
21. D. Brogna, C. Vincke, Y. Brostaux, H. Soyeurt, M. Dufrêne, und N. Dendoncker, «How does forest cover impact water flows and ecosystem services? Insights from “real-life” catchments in Wallonia (Belgium)», *Ecol. Indic.*, Bd. 72, S. 675–685, Jan. 2017.
22. K. Bhattacharjee und B. Behera, «Does forest cover help prevent flood damage? Empirical evidence from India», *Glob. Environ. Change*, Bd. 53, S. 78–89, Nov. 2018.
23. G. Schüler, «Identification of flood-generating forest areas and forestry measures for water retention», *For. Snow Landsc. Res.*, Bd. 80, Nr. 1, S. 99–114, 2006.
24. E. Aps te u. a., «Impact of climate variability, drainage and land-cover changes on hemiboreal streamflow», *Hydrol. Sci. J.*, Bd. 62, Nr. 15, S. 2558–2570, Nov. 2017.
25. V. Černohous, V. Švihla, F. Šach, und D. Kacalek, «Influence of Drainage System Maintenance on Storm Runoff from a Reforested, Waterlogged Mountain Catchment», *Soil and Water Research*, Bd. 9, Nr. 2, S. 90–96, Juni 2014.
26. M. W. Menberu, A. T. Haghighi, A. Ronkanen, H. Marttila, und B. Kløve, «Effects of Drainage and Subsequent Restoration on Peatland Hydrological Processes at Catchment Scale», *Water Resour. Res.*, Bd. 54, Nr. 7, S. 4479–4497, Juli 2018.
27. S. Ahmad, H. Liu, A. Günther, J. Couwenberg, und B. Lennartz, «Long-term rewetting of degraded peatlands restores hydrological buffer function», *Sci. Total Environ.*, Bd. 749, S. 141571, Dez. 2020.
28. C. S. Word u. a., «Peatland drainage alters soil structure and water retention properties: Implications for ecosystem function and management», *Hydrol. Process.*, Bd. 36, Nr. 3, S. e14533, März 2022.
29. M. Scholz, «Ecological effects of water retention in the River Rhine valley: a review assisting future retention basin classification», *International Journal of Environmental Studies*, Bd. 64, Nr. 2, S. 171–187, Apr. 2007.
30. M. M. D. Cooper, S. D. Patil, T. R. Nisbet, H. Thomas, A. R. Smith, und M. A. McDonald, «Role of forested land for natural flood management in the UK: A review», *WIREs Water*, Bd. 8, Nr. 5, S. e1541, Sep. 2021.
31. W. S. Keeton, E. M. Copeland, S. M. P. Sullivan, und M. C. Watzin, «Riparian forest structure and stream geomorphic condition: implications for flood resilience», *Can. J. For. Res.*, Bd. 47, Nr. 4, S. 476–487, Apr. 2017.
32. A. M. Milner u. a., «The forgotten forests: Incorporating temperate peat forming wet woodlands as nature based solutions into policy and practice», *Ecol Sol and Evidence*, Bd. 5, Nr. 2, S. e12346, Apr. 2024.
33. P. De Frenne u. a., «Global buffering of temperatures under forest canopies», *Nat. Ecol. Evol.*, Bd. 3, Nr. 5, S. 744–749, Mai 2019.

- 34.** C. Greiser, L. Hederová, G. Vico, J. Wild, M. Macek, und M. Kopecký, «Higher soil moisture increases microclimate temperature buffering in temperate broadleaf forests», *Agric. For. Meteorol.*, Bd. 345, S. 109828, Feb. 2024.
- 35.** S. F. Stickley und J. M. Fraterrigo, «Understory vegetation contributes to microclimatic buffering of near-surface temperatures in temperate deciduous forests», *Landsc. Ecol.*, Bd. 36, Nr. 4, S. 1197–1213, Apr. 2021.
- 36.** K. T. Davis, S. Z. Dobrowski, Z. A. Holden, P. E. Higuera, und J. T. Abatzoglou, «Microclimatic buffering in forests of the future: the role of local water balance», *Ecography*, Bd. 42, Nr. 1, S. 1–11, Jan. 2019.
- 37.** J. Jiang, L. Zhao, Y. Zeng, und Z. Zhai, «Experimental study of the effect of shallow groundwater table on soil thermal properties», *Front. Earth Sci.*, Bd. 10, Nr. 1, S. 29–37, März 2016.
- 38.** C. Meeussen u. a., «Microclimatic edge-to-interior gradients of European deciduous forests», *Agric. For. Meteorol.*, Bd. 311, S. 108699, Dez. 2021.
- 39.** T. Riutta u. a., «Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition», *Soil Biol. Biochem.*, Bd. 49, S. 124–131, Juni 2012.
- 40.** J. Rathmann, C. Beck, S. Flutura, A. Seiderer, I. Aslan, und E. André, «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 For. Urban Greening*, Bd. 49, Nr. 126622, S. 126622, März 2020.
- 41.** M. Jestaedt, «Experiences in the management of urban recreational forests in Germany», in *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests*, New York, NY: Springer New York, 2007, S. 301–311.
- 42.** S. J. Davidson u. a., «The unrecognized importance of carbon stocks and fluxes from swamps in Canada and the USA», *Environ. Res. Lett.*, Bd. 17, Nr. 5, S. 053003, Mai 2022.
- 43.** J. Beaulne, M. Garneau, G. Magnan, und É. Boucher, «Peat deposits store more carbon than trees in forested peatlands of the boreal biome», *Sci. Rep.*, Bd. 11, Nr. 1, S. 2657, Jan. 2021.
- 44.** M. Peacock, G. Granath, M. B. Wallin, L. Högbom, und M. N. Futter, «Significant emissions from forest drainage ditches—an unaccounted term in anthropogenic greenhouse gas inventories?», *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, Bd. 126, Nr. 10, Okt. 2021.
- 45.** D. Köhn, C. Welpelo, A. Günther, und G. Jurasinski, «Drainage Ditches Contribute Considerably to the CH₄ Budget of a Drained and a Rewetted Temperate Fen», *Wetlands*, Bd. 41, Nr. 6, S. 71, Juni 2021.
- 46.** S. Kareksela, T. Haapalehto, R. Juutinen, R. Matilainen, T. Tahvanainen, und J. S. Kotiaho, «Fighting carbon loss of degraded peatlands by jump-starting ecosystem functioning with ecological restoration», *Sci. Total Environ.*, Bd. 537, S. 268–276, Dez. 2015.
- 47.** D. Escobar, S. Belyazid, und S. Manzoni, «Back to the Future: Restoring Northern Drained Forested Peatlands for Climate Change Mitigation», *Front. Environ. Sci. Eng. China*, Bd. 10, 2022.
- 48.** J. Zou u. a., «Rewetting global wetlands effectively reduces major greenhouse gas emissions», *Nat. Geosci.*, Bd. 15, Nr. 8, S. 627–632, Aug. 2022.
- 49.** A. L. Creevy, R. J. Payne, R. Andersen, und J. G. Rowson, «Annual gaseous carbon budgets of forest-to-bog restoration sites are strongly determined by vegetation composition», *Sci. Total Environ.*, Bd. 705, S. 135863, Feb. 2020.
- 50.** N. Liu u. a., «Elevating water table reduces net ecosystem carbon losses from global drained wetlands», *Glob. Chang. Biol.*, Bd. 30, Nr. 9, S. e17495, Sep. 2024.

- 51.** S. Dubra u. a., «Effects of Drainage on Carbon Stock in Hemiboreal Forests: Insights from a 54-Year Study», *Sustain. Sci. Pract. Policy*, Bd. 15, Nr. 24, S. 16622, Dez. 2023.
- 52.** P. Ojanen, K. Minkkinen, und T. Penttilä, «The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands», *For. Ecol. Manage.*, Bd. 289, S. 201–208, Feb. 2013.
- 53.** J. P. Krüger, C. Alewell, K. Minkkinen, S. Szidat, und J. Leifeld, «Calculating carbon changes in peat soils drained for forestry with four different profile-based methods», *For. Ecol. Manage.*, Bd. 381, S. 29–36, Dez. 2016.
- 54.** A. Schindlbacher, J. Heinzle, G. Gollobich, W. Wanek, K. Michel, und B. Kitzler, «Soil greenhouse gas fluxes in floodplain forests of the Danube National Park: effects of flooding and soil microclimate», *Biogeochemistry*, Bd. 159, Nr. 2, S. 193–213, Juni 2022.
- 55.** T. Riis u. a., «Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation», *Bioscience*, Bd. 70, Nr. 6, S. 501–514, Juni 2020.
- 56.** S. Schindler u. a., «Multifunctional floodplain management and biodiversity effects: a knowledge synthesis for six European countries», *Biodivers. Conserv.*, Bd. 25, Nr. 7, S. 1349–1382, Juni 2016.
- 57.** T. Erős, L. Kuehne, A. Dolezsai, N. Sommerwerk, und C. Wolter, «A systematic review of assessment and conservation management in large floodplain rivers – Actions postponed», *Ecol. Indic.*, Bd. 98, S. 453–461, März 2019.
- 58.** A. Havrdová, J. Douda, und J. Doudová, «Threats, biodiversity drivers and restoration in temperate floodplain forests related to spatial scales», *Sci. Total Environ.*, Bd. 854, Nr. 158743, S. 158743, Jan. 2023.
- 59.** J. Liang u. a., «Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests», *Science*, Bd. 354, Nr. 6309, S. aaf8957–aaf8957, Okt. 2016.
- 60.** B. B. N. Strassburg u. a., «Global congruence of carbon storage and biodiversity in terrestrial ecosystems», *Conservation Letters*, Bd. 3, Nr. 2, S. 98–105, Apr. 2010.
- 61.** H. A. Shupe, T. Hartmann, M. Scholz, K. Jensen, und K. Ludewig, «Carbon stocks of hardwood floodplain forests along the middle Elbe: The influence of forest age, structure, species, and hydrological conditions», *Water*, Bd. 13, Nr. 5, S. 670, März 2021.
- 62.** M. Nieminen, M. Palviainen, S. Sarkkola, A. Laurén, H. Marttila, und L. Finér, «A synthesis of the impacts of ditch network maintenance on the quantity and quality of runoff from drained boreal peatland forests», *Ambio*, Bd. 47, Nr. 5, S. 523–534, Sep. 2018.
- 63.** M. Nieminen u. a., «Ditch network maintenance in peat-dominated boreal forests: Review and analysis of water quality management options», *Ambio*, Bd. 47, Nr. 5, S. 535–545, Sep. 2018.
- 64.** N. W. Shah, B. R. Baillie, K. Bishop, S. Ferraz, L. Högbom, und J. Nettles, «The effects of forest management on water quality», *For. Ecol. Manage.*, Bd. 522, S. 120397, Okt. 2022.
- 65.** M. Nieminen, T. Sallantausta, L. Ukonmaanaho, T. M. Nieminen, und S. Sarkkola, «Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing», *Sci. Total Environ.*, Bd. 609, S. 974–981, Dez. 2017.
- 66.** S. Holopainen und A. Lehikoinen, «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 Environ.*, Bd. 806, Nr. Pt 4, S. 151477, Feb. 2022.

- 67.** C. R. Walton u. a., «Wetland buffer zones for nitrogen and phosphorus retention: Impacts of soil type, hydrology and vegetation», *Sci. Total Environ.*, Bd. 727, Nr. 138709, S. 138709, Juli 2020.
- 68.** R. Lowrance, R. Todd, J. Fail Jr, O. Hendrickson Jr, R. Leonard, und L. Asmussen, «Riparian forests as nutrient filters in agricultural watersheds», *Bioscience*, Bd. 34, Nr. 6, S. 374–377, Juni 1984.
- 69.** BAFU (Hrsg.), «Der Wald aus Sicht der Schweizer Bevölkerung. Ergebnisse der dritten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos 3)», *Umwelt-Wissen*, Bd. 2212, 2022.
- 70.** M. Giergiczny, M. Czajkowski, T. Żylicz, und P. Angelstam, «Choice experiment assessment of public preferences for forest structural attributes», *Ecological Economics*, Bd. 119, S. 8–23, Nov. 2015.
- 71.** J. Abildtrup, S. Garcia, S. B. Olsen, und A. Stenger, «Spatial preference heterogeneity in forest recreation», *Ecol. Econ.*, Bd. 92, S. 67–77, Aug. 2013.
- 72.** A. Filyushkina, F. Agimass, T. Lundhede, N. Strange, und J. B. Jacobsen, «Preferences for variation in forest characteristics: Does diversity between stands matter?», *Ecol. Econ.*, Bd. 140, S. 22–29, Okt. 2017.
- 73.** F. Agimass, T. Lundhede, T. E. Panduro, und J. B. Jacobsen, «The choice of forest site for recreation: A revealed preference analysis using spatial data», *Ecosystem Services*, Bd. 31, S. 445–454, Juni 2018.
- 74.** M. Termansen, C. J. McClean, und H. Skov-Petersen, «Recreational Site Choice Modelling Using High-Resolution Spatial Data», *Environ. Plan. A*, Bd. 36, Nr. 6, S. 1085–1099, Juni 2004.
- 75.** U. Sikström und H. Hökkä, «Interactions between soil water conditions and forest stands in boreal forests with implications for ditch network maintenance», *Silva Fenn.*, Bd. 50, Nr. 1, 2016.
- 76.** «Schutzwald Schweiz». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.schutzwald-schweiz.ch/de/>. [Zugegriffen: 16-Aug-2024].
- 77.** M. Frehner, B. Wasser, und R. Schwitter, «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion», Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, VU-7005-D, 2005.
- 78.** B. Lange, S. Losey, und Z. S., «Neues NaiS-Anforderungsprofil für Gerinneschutzwälder», *Wald und Holz*, Bd. 104, Nr. 6, S. 24–27, 2022.
- 79.** L. Gerra-Inohosa, Z. L. biete, und I. Matisone, «Vegetation response to forest ditch reconstruction: Promoting a potential habitat for insect-pollinated plant species?», *For. Stud. China*, Bd. 79, Nr. 1, S. 135–150, Dez. 2023.
- 80.** L. Remm u. a., «Restoration dilemmas between future ecosystem and current species values: The concept and a practical approach in Estonian mires», *J. Environ. Manage.*, Bd. 250, Nr. 109439, S. 109439, Nov. 2019.
- 81.** S. Müller-Kroehling, «Biodiversitätskriterien für Nachhaltigkeit im Wald», *LWF Wissen*, Bd. 72, S. 59–71, Jan. 2013.
- 82.** H. Moor u. a., «Blau-grüne Biodiversität ist ein wichtiger Teil des Waldes». *WaldSchweiz*, S. 30–33, 01-Apr-2022.
- 83.** H. Moor u. a., «Besserer Biodiversitätsschutz in Blau-Grünen Ökosystemen. Des écosystèmes bleus-verts pour mieux protéger la biodiversité», *Nature et Paysage. Natur und Landschaft: Inside*, Nr. 1, S. 25–29, 2022.
- 84.** Pluspunkt, «Grundlagen für die Wiedervernässung von Wäldern im Kanton Aargau», (in Vorbereitung), 2025.
- 85.** C. Wüst-Galley, A. Grünig, und J. Leifeld, «Locating organic soils for the Swiss greenhouse gas inventory», *Agroscope Science*, Bd. 26, S. 1–100, 2015.

- 86.** BAFU, «Ökologische Infrastruktur». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet--fachinformationen/oekologische-infrastruktur.html>. [Zugegriffen: 13-Aug-2024].
- 87.** Lidberg William u. a., «Mapping Drainage Ditches in Forested Landscapes Using Deep Learning and Aerial Laser Scanning», *J. Irrig. Drain. Eng.*, Bd. 149, Nr. 3, S. 04022051, März 2023.
- 88.** S. Tian, M. A. Youssef, R. W. Skaggs, D. M. Amatya, und G. M. Chescheir, «DRAINMOD-Forest: Integrated modeling of hydrology, soil carbon and nitrogen dynamics, and plant growth for drained forests», *J. Environ. Qual.*, Bd. 41, Nr. 3, S. 764–782, Mai 2012.
- 89.** BAFU (Hrsg.), «Quell-Lebensräume erfassen – erhalten – aufwerten. Eine Arbeitsgrundlage für die Praxis», Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 2122, 2022.
- 90.** D. Küry, V. Lubini-Ferlin, und P. Stucki, «Quell-Lebensräume – Anleitung zur systematischen Erhebung und Ermittlung ihrer Bedeutung im Naturschutz», Expert report. Federal Office of the Environment FOEN, Bern, 2019.
- 91.** BAFU, «Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2025–2028», Bundesamt für Umwelt, Bern, 2023.
- 92.** BAFU, «Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume», Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1709, 2019.
- 93.** BAFU (Hrsg.), «Konzept Artenförderung Schweiz», Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern., 2012.
- 94.** N. Imesch, R. Spaar, und B. Stöckli, «Aktionsplan zur Zielartenförderung im lichten Wald. Anleitung zur Kopplung der Zielarten- und Lebensraumförderung», InfoSpecies und AG Waldbiodiversität SFV, 2020.
- 95.** R. Delarze, Y. Gonseth, S. Eggenberg, und M. Vust, *Lebensräume der Schweiz : Ökologie - Gefährdung - Kennarten*, 3., Vollständig überarbeitete Auflage. Thun: Ott der Sachbuchverlag, 2015.
- 96.** J. Douda, J. Doudová-Kochánková, K. Boublík, und A. Drašnarová, «Plant species coexistence at local scale in temperate swamp forest: test of habitat heterogeneity hypothesis», *Oecologia*, Bd. 169, Nr. 2, S. 523–534, Juni 2012.
- 97.** R. Pielech und M. Malicki, «Changes in species composition in alder swamp forest following forest dieback», *Forests*, Bd. 9, Nr. 6, S. 316, Juni 2018.
- 98.** L. Remm, P. Löhmus, M. Leis, und A. Löhmus, «Long-term impacts of forest ditching on non-aquatic biodiversity: conservation perspectives for a novel ecosystem», *PLoS One*, Bd. 8, Nr. 4, S. e63086, Apr. 2013.
- 99.** H. Ellenberg und F. Klötzli, *Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz*. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen., 1972.
- 100.** R. Delarze u. a., «Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013», Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, 2016.
- 101.** P. Lüscher, M. Frehner, G. Carraro, und U. Rutishauser, «Zuordnung und Darstellung der Bodenprofile der WSL-Bodendatenbank für die NaiS-Standortseinheiten», Fachstelle für Gebirgswaldpflege, Apr. 2016.
- 102.** I. Bufková, «Report on the restoration of wetlands, springs and streams in a mountain landscape», *Eur. J. Environ. Sci.*, Bd. 14, Nr. 2, S. 105–119, Dez. 2024.
- 103.** Convention on Wetlands, «Global guidelines for peatland rewetting and restoration. Ramsar Technical Report No. 11», Secretariat of the Convention on Wetlands, Gland, Switzerland, 2021.

- 104.** V. Rowinsky, «Quellmoorrenaturierung Beesenberg (Uckermark, Brandenburg)», TELMA, Bd. 44, S. 83–114, 2014
- 105.** P. Mollet, «Dringliche Massnahmen zur Förderung des Auerhuhns. Faktenblatt Auerhuhn», Schweizerische Vogelwarte Sempach, 2002.
- 106.** A. Bring u. a., «Effects on groundwater storage of restoring, constructing or draining wetlands in temperate and boreal climates: a systematic review», Environ. Evid., Bd. 11, Nr. 1, S. 1–30, Dez. 2022.
- 107.** A. Mazziotta, J. Heilmann-Clausen, H. H. Bruun, Ö. Fritz, E. Aude, und A. P. Tøttrup, «Restoring hydrology and old-growth structures in a former production forest: Modelling the long-term effects on biodiversity», For. Ecol. Manage., Bd. 381, S. 125–133, Dez. 2016.
- 108.** J. Douda, A. Čejková, K. Douda, und J. Kochánková, «Development of alder carr after the abandonment of wet grasslands during the last 70 years», Ann. For. Sci., Bd. 66, Nr. 7, S. 712–712, Jan. 2009.
- 109.** A. Bönsel, «Schnelle und individuenreiche Besiedlung eines revitalisierten Waldmoores durch *Leucorrhinia pectoralis* (Odonata: Libellulidae)», Libellula, Bd. 25, Nr. 3/4, S. 151–157, 2006.
- 110.** S. Dunger, K. Dunger, C. Oertel, und N. Wellbrock, «Handlungsempfehlungen und Baumarteneignung auf organischen Böden Ergebnisse aus dem Projekt MoorWald», Sep. 2023.
- 111.** A. Anadon-Rosell u. a., «Growth and wood trait relationships of *Alnus glutinosa* in peatland forest stands with contrasting water regimes», Front. Plant Sci., Bd. 12, S. 788106, 2021.
- 112.** A. Barthelmes u. a., «Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren», ALNUS Leitfaden. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Institut für Landschaftsökologie und Botanik, 2005.
- 113.** P. Ammann, «Waldbau auf Nässtandorten», Zürcher Wald, Bd. 1, S. 4–8, 2021.
- 114.** M. Tulik, A. Grochowina, J. Jura-Morawiec, und S. Bijak, «Groundwater level fluctuations affect the mortality of black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.)», Forests, Bd. 11, Nr. 2, S. 134, Jan. 2020.
- 115.** J. Laganis, A. Pečkov, und M. Debeljak, «Modeling radial growth increment of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) tree», Ecol. Modell., Bd. 215, Nr. 1–3, S. 180–189, Juli 2008.
- 116.** Klaus, G. (Red.), «Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz», Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Zustand Nr. 0730, 2007.
- 117.** M. Küchler u. a., Moore der Schweiz: Zustand, Entwicklung, Regeneration. Haupt Verlag, 2022.
- 118.** BAFU, «Handbuch Moorschutz in der Schweiz», Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, VU-8809-D, 2002.
- 119.** A. Ssymank u. a., Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie und der Vogelschutzrichtlinie. Band 2.2: Lebensraumtypen des Grünlandes, der Moore, Sümpfe und Quellen, der Felsen und Schutthalden, der Gletscher sowie der Wälder. 2023.
- 120.** BAFU, «Moore». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-biodiversitaet/biodiversitaet-fachinformationen/oekologische-infrastruktur/biotope-von-nationaler-bedeutung/moore.html>. [Zugegriffen: 30-Aug-2024].
- 121.** A. Bergamini u. a., «Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS): Zustand und Veränderungen in den Biotopen von nationaler Bedeutung nach zwei Erhebungsperioden», WSL, 174, 2025.
- 122.** B. Hasch, J. Zeitz, H. Lotsch, V. Luthardt, und R. Meier, «A decision support system for management of mires in the forest», in Proceedings of the 13th International Peat Congress, 2008.

- 123.** A. Bergamini u. a., «Zustand und Entwicklung der Biotope von nationaler Bedeutung: Resultate 2011–2017 der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz», WSL Berichte, Bd. 85, S. 104 S, 2019.
- 124.** J. Hammerich, V. Luthardt, und J. Zeitz, «Moorschutz in den Wäldern Brandenburgs», Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Nov. 2022.
- 125.** J. Karaśkiewicz und R. Wójcik, «Modelling optimal water retention in hydrogenic habitats using LIDAR laser data», *Sci. Total Environ.*, Bd. 912, Nr. 168983, S. 168983, Feb. 2024.
- 126.** I. Urzainki u. a., «Canal blocking optimization in restoration of drained peatlands», *Biogeosciences*, Bd. 17, Nr. 19, S. 4769–4784, Okt. 2020.
- 127.** E. Calvar, S. Moncorge, L. Bettinelli, P. Durllet, und G. Magnon, «Program LIFE+“Bogs of the Jura”: 60 bogs to restore in six years», *Inventory, value and restoration of peatlands and mires: recent contributions*, S. 105 S., 2018.
- 128.** M. J. Mazerolle, M. Poulin, C. Lavoie, L. Rochefort, A. Desrochers, und B. Drolet, «Animal and vegetation patterns in natural and man made bog pools: implications for restoration», *Freshw. Biol.*, Bd. 51, Nr. 2, S. 333–350, Feb. 2006.
- 129.** M. Vaikre, M. Voode, und E. Soomets-Alver, «From shady ditches to artificial pools – Does mire restoration benefit aquatic invertebrates?», *Limnologica*, Bd. 104, Nr. 126141, S. 126141, Jan. 2024. people, climate, and planet. Publications Office of the European Union, 2022.
- 130.** P. Tomingas, R. Kont, A. Löhmus, und M. Vaikre, «Diversity of small waterbodies sustains aquatic biodiversity in drained forest landscapes», *Hydrobiologia*, S. 1–16, Dez. 2024.
- 131.** M. Bernrieder, «Renaturierung von land und forstwirtschaftlich genutzten Hoch und Übergangsmoorflächen», *Laufener Seminarbeiträge*, Bd. 1, Nr. 03, S. 121, 2003.
- 132.** D. Zak u. a., «Topsoil removal to minimize internal eutrophication in rewetted peatlands and to protect downstream systems against phosphorus pollution: A case study from NE Germany», *Ecol. Eng.*, Bd. 103, S. 488–496, Juni 2017.
- 133.** «Lebensraum Moor». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.marais.ch/de/index.html>. [Zugegriffen: 30-Aug-2024].
- 134.** K. Marti, B. O. Krüsi, J. Heeb, und E. Theis, «Pufferzonenschlüssel Leitfaden zur Ermittlung von ökologisch ausreichenden Pufferzonen für Moorbiotope», Bundesamt für Umwelt, Bern., Vollzug Umwelt Nr. 8803, 1997.
- 135.** Verordnung über den Schutz der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung (Hochmoorverordnung). 1991.
- 136.** Grosvernier Ph. und Staubli P. (Hrsg.), «Regeneration von Hochmooren. Grundlagen und technische Massnahmen», Bundesamt für Umwelt, Bern., Umwelt-Vollzug Nr. 0918, 2009.
- 137.** C. Schulz, «DSS-WAMOS. Ein Entscheidungsunterstützungssystem für das Management von Waldmooren», Deutsche Bundesstiftung Umwelt in Zusammenarbeit mit der Humboldt-Universität zu Berlin und der HNE Eberswalde, DBU23634, 2010.
- 138.** T. Sperle und H. Bruelheide, «Climate change aggravates bog species extinctions in the Black Forest (Germany)», *Divers. Distrib.*, Bd. 27, Nr. 2, S. 282–295, Feb. 2021.
- 139.** F. Essl, S. Dullinger, D. Moser, W. Rabitsch, und I. Kleinbauer, «Vulnerability of mires under climate change: implications for nature conservation and climate change adaptation», *Biodivers. Conserv.*, Bd. 21, Nr. 3, S. 655–669, März 2012.

- 140.** M. J. Carroll, P. Dennis, J. W. Pearce-higgins, und C. D. Thomas, «Maintaining northern peatland ecosystems in a changing climate: effects of soil moisture, drainage and drain blocking on craneflies: MOISTURE AND CRANEFLIES IN PEATLANDS», Glob. Chang. Biol., Bd. 17, Nr. 9, S. 2991–3001, Sep. 2011.
- 141.** P. Hedberg, W. Kotowski, P. Saetre, K. Mälson, H. Rydin, und S. Sundberg, «Vegetation recovery after multiple-site experimental fen restorations», Biol. Conserv., Bd. 147, Nr. 1, S. 60–67, März 2012.
- 142.** G. Bertrand u. a., «Statistical hydrology for evaluating peatland water table sensitivity to simple environmental variables and climate changes application to the mid-latitude/altitude Frasne peatland (Jura Mountains, France)», Sci. Total Environ., Bd. 754, Nr. 141931, S. 141931, Feb. 2021.
- 143.** Bundesamt für Umwelt BAFU, «Auen». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-biodiversitaet/oekologische-infrastruktur/biotope-von-nationaler-bedeutung/auen.html>. [Zugegriffen: 24-Feb-2025].
- 144.** BAFU (Hrsg.), «Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung – Stand und Handlungsbedarf», Bundesamt für Umwelt, Bern, 2020.
- 145.** I. Ambord und G. Thoms, «Revitalisierung Fließgewässer Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer», Bundesamt für Umwelt (BAFU), UV-1208-D, 2023.
- 146.** EC, Water Framework Directive, «Directive 2000/60», Off. J. Eur. Communities, L. Legis., Bd. 327, Nr. 1, S. 1–71, 2000.
- 147.** European Commission: Directorate-General for Environment, Nature restoration law – For people, climate, and planet. Publications Office of the European Union, 2022.
- 148.** Verordnung über den Schutz der Auengebiete von nationaler Bedeutung (Auenverordnung). 1992.
- 149.** BAFU, «Revitalisierungen». [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-wasser/wasser-fachinformationen/massnahmen-zum-schutz-der-gewaesser/renaturierung-der-gewaesser/revitalisierungen.html>. [Zugegriffen: 29-Aug-2024].
- 150.** Bundesamt für Umwelt BAFU, «Lebensraum Gewässer – Sedimentdynamik und Vernetzung. Praxisorientierte Forschung im Bereich Wasserbau und Ökologie», UW-2302-D, 2023.
- 151.** «Revitalisierungen - um was geht es?», Plattform Renaturierung. [Online]. Verfügbar unter: <https://plattform-renaturierung.ch/revitalisierung/revitalisierung/revitalisierungen-um-was-geht-es/>. [Zugegriffen: 15-Aug-2024].
- 152.** Wasserbau & Ökologie, «Forschungsprogramm Wasserbau & Ökologie», Rivermanagement. [Online]. Verfügbar unter: <https://rivermanagement.ch/>. [Zugegriffen: 29-Aug-2024].
- 153.** M. Döring, D. Tonolla, und C. T. Robinson, «Künstliches Hochwasser an der Saane : eine Massnahme zum nachhaltigen Auenmanagement», Bd. 110, Nr. 2, S. 119–127, 2018.
- 154.** B. Arheimer, N. Hjerdt, und G. Lindström, «Artificially induced floods to manage forest habitats under climate change», Front. Environ. Sci., Bd. 6, S. 370007, Sep. 2018.
- 155.** C. T. Robinson, G. Consoli, und J. Ortlepp, «Importance of artificial high flows in maintaining the ecological integrity of a regulated river», Sci. Total Environ., Bd. 882, Nr. 163569, S. 163569, Juli 2023.
- 156.** E. Mosner, S. Schneider, B. Lehmann, und I. Leyer, «Hydrological prerequisites for optimum habitats of riparian *Salix* communities - identifying suitable reforestation sites: Optimum habitats of riparian *Salix* communities», Appl. Veg. Sci., Bd. 14, Nr. 3, S. 367–377, Aug. 2011.

- 157.** R. A. Francis, A. M. Gurnell, G. E. Petts, und P. J. Edwards, «Survival and growth responses of *Populus nigra*, *Salix elaeagnos* and *Alnus incana* cuttings to varying levels of hydric stress», For. Ecol. Manage., Bd. 210, Nr. 1-3, S. 291-301, Mai 2005.
- 158.** S. Müller-Kroehling und O. Schmidt, «Eschentriebsterben und Naturschutz: 7 Fragen, 7 Antworten», Anliegen Natur, Bd. 41, Nr. 1, S. 145-156, 2019.
- 159.** M. M. Gossner u. a., «A glimmer of hope - ash genotypes with increased resistance to ash dieback pathogen show cross-resistance to emerald ash borer», New Phytol., Bd. 240, Nr. 3, S. 1219-1232, Nov. 2023.
- 160.** S. Henkel u. a., «Floodplain forests under stress: how ash dieback and hydrology affect tree growth patterns under climate change», Aug. 2024.
- 161.** I. Machar, M. Schlossarek, V. Pechanec, L. Uradnicek, L. Praus, und A. Sivacio lu, «Retention forestry supports bird diversity in managed, temperate hardwood floodplain forests», Forests, Bd. 10, Nr. 4, S. 300, Apr. 2019.
- 162.** S. Fink u. a., «Dynamik und Biodiversität in Auen. In: Geschiebe- und Habitatsdynamik. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie», Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, Merkblatt 5, 2017.
- 163.** G. L. Mackenthun, «The role of *Ulmus laevis* in German floodplain landscapes», For. Syst., Bd. 13, Nr. 1, S. 55-63, Apr. 2004.
- 164.** B. Mettendorf, «Die Flatterulme trotz dem Ulmensterben», FVA-einblick, Bd. 1, S. 30-31, 2019.
- 165.** G. Janssen, «Flatterulmen in Schleswig-Holstein: von der Auenrenaturierung bis zur Umweltbildung», LWF Wissen, Bd. 83, S. 102-116, 2019.
- 166.** S. Müller-Kroehling, «Die Flatterulme in Bayern-ein Überblick über ihr Vorkommen und Erfahrungen zu Eignung und Verwendung», LWF Wissen, Bd. 83, S. 19-30, 2019.
- 167.** BAFU (Hrsg.), «Gebietsfremde Arten in der Schweiz. 1. aktualisierte Auflage 2022. Erstausgabe 2006», Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 2220.
- 168.** F. Curry, «Thurauen: Die Entwicklung des Auenwaldes nach der Revitalisierung», Zürcher Wald, Bd. 1, S. 14-17, 2021.
- 169.** Y. Fagnière u. a., «Relict of riparian floodplain forests: Natural distribution and ecology of *Ulmus laevis* in Switzerland», J. Nat. Conserv., Bd. 78, Nr. 126574, S. 126574, März 2024.
- 170.** M. Li u. a., «Greater resistance to flooding of seedlings of *Ulmus laevis* than *Ulmus minor* is related to the maintenance of a more positive carbon balance», Trees (Berl. West), Bd. 29, Nr. 3, S. 835-848, Juni 2015.
- 171.** S. Müller-Kroehling, «Krankheiten, Schädlinge und Schäden an der Flatterulme», LWF Wissen, Bd. 83, S. 19-30, 2019.
- 172.** E. A. Thurm, W. Falk, und S. Müller-Kroehling, «Die Flatterulme als Alternative bei der Baumartenwahl: Standorts- und Leistungspotenzial», LWF Wissen, Bd. 83, S. 31-41, 2019.
- 173.** O. Koch, A. L. de Avila, H. Heinen, und A. T. Albrecht, «Retreat of major European tree species distribution under climate change-minor natives to the rescue?», Sustainability, Bd. 14, Nr. 9, S. 5213, Apr. 2022.
- 174.** S. Müller-Kroehling, «Biodiversität an Ulmen, unter besonderer Berücksichtigung der Flatterulme», LWF Wissen, Bd. 83, S. 49-64, 2019.

- 175.** A. Lenk, S. Waha, und C. Wirth, «Elevated tree mortality as a regeneration niche for oak? Testing different management approaches in a meliorated floodplain forest», *For. Ecol. Manage.*, Bd. 586, Nr. 122678, S. 122678, Juni 2025.
- 176.** BAFU (Hrsg.), «Biotop von nationaler Bedeutung. Die fünf Biotopinventare Hoch- und Flachmoore, Auen, Amphibienlaichgebiete und Trockenwiesen/-weiden im Überblick», Bundesamt für Umwelt BAFU, UZ-2404-D, 2024.
- 177.** C. Roulier, F. Teuscher, und W. B., «Bewirtschaftungskonzept für Auenwälder. Vollzug Umwelt - Empfehlungen», Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, VU-8806-D, 1999.
- 178.** S. C. Jähnig u. a., «A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers: Comparative analysis of river restoration measures», *J. Appl. Ecol.*, Bd. 47, Nr. 3, S. 671–680, Apr. 2010.
- 179.** A. W. Lorenz, P. Haase, K. Januschke, A. Sundermann, und D. Hering, «Revisiting restored river reaches - Assessing change of aquatic and riparian communities after five years», *Sci. Total Environ.*, Bd. 613–614, S. 1185–1195, Feb. 2018.
- 180.** P. Lang und J. Ewald, «Predictive modelling and monitoring of Ellenberg moisture value validates restoration success in floodplain forests», *Appl. Veg. Sci.*, Bd. 17, Nr. 3, S. 543–555, Juli 2014.
- 181.** K. Januschke u. a., «Biozönotische Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen an Gewässerufern und in Auen», *BfN-Schriften*, Bd. 655, 2023.
- 182.** K. Januschke, S. Brunzel, P. Haase, und D. Hering, «Effects of stream restorations on riparian mesohabitats, vegetation and carabid beetles», *Biodivers. Conserv.*, Bd. 20, Nr. 13, S. 3147–3164, Dez. 2011.
- 183.** K. Januschke, S. C. Jähnig, A. W. Lorenz, und D. Hering, «Mountain river restoration measures and their success(ion): Effects on river morphology, local species pool, and functional composition of three organism groups», *Ecol. Indic.*, Bd. 38, S. 243–255, März 2014.
- 184.** W. Rehklau u. a., «Synergien bei der Umsetzung von Wasserrahmenrichtlinie und Natura 2000 in Bayern - Lebensräume der Gewässer und Auen gemeinsam aufwerten», *Auenmagazin*, Bd. 23, S. 4–12, 2023.
- 185.** M. Roeder u. a., «Auwaldbewirtschaftung in unsicheren Zeiten - die Suche nach Baumarten für den Auwald der Zukunft», *Auenmagazin*, Bd. 23, S. 43–50, 2023.
- 186.** S. J. Dixon, D. A. Sear, und K. H. Nislow, «A conceptual model of riparian forest restoration for natural flood management: Riparian Forest Restoration for NFM», *Water Environ. J.*, Bd. 33, Nr. 3, S. 329–341, Aug. 2019.
- 187.** S. Fink und C. Scheidegger, «Changing climate requires shift from refugia to sanctuaries for floodplain forests», *Landsc. Ecol.*, Bd. 36, Nr. 5, S. 1423–1439, Mai 2021.
- 188.** P. Meli, J. M. Rey Benayas, P. Balvanera, und M. Martínez Ramos, «Restoration enhances wetland biodiversity and ecosystem service supply, but results are context-dependent: a meta-analysis», *PLoS One*, Bd. 9, Nr. 4, S. e93507, Apr. 2014.
- 189.** V. Matzek, S. Warren, und C. Fisher, «Incomplete recovery of ecosystem processes after two decades of riparian forest restoration», *Restor. Ecol.*, Bd. 24, Nr. 5, S. 637–645, Sep. 2016.
- 190.** K. E. Dybala, K. Steger, R. G. Walsh, D. R. Smart, T. Gardali, und N. E. Seavy, «Optimizing carbon storage and biodiversity co benefits in reforested riparian zones», *J. Appl. Ecol.*, Bd. 56, Nr. 2, S. 343–353, Feb. 2019.

- 191.** M. Roeder, R. Unseld, A. Reif, und G. Egger, «Leitfaden zur Auwaldbewirtschaftung – Eigenschaften der Baumarten, Anbaueignung und Beispiele von Oberrhein und Donau», Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2021.
- 192.** Bundesamt für Umwelt BAFU, Office fédéral de l'environnement OFEV, und U. F. D. Ufam, «Rote Listen: Gefährdete Arten der Schweiz». [Online]. Verfügbar unter: https://www.infoflora.ch/de/assets/content/documents/download/CH_RL_Lebensraeume_2017_v171130.pdf. [Zugegriffen: 10-Feb-2025].
- 193.** R. Hotzy und J. Römheld, «Aktionsprogramm Quellen in Bayern - Teil 3: Massnahmenkatalog für den Quellschutz», Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 2008.
- 194.** P. Stucki, «Schutz und Revitalisierung von Quellen – Projekte und erste Erfahrungen», Aqua viva, Bd. Quellen im Fokus, Nr. 3, S. 27-30, 2015.
- 195.** E. Contesse und D. Küry, «Quell-Lebensräume im Wald erhalten (Praxismerkblatt)», Beratungsstelle Quell-Lebensräume im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, BAFU, 2022.
- 196.** «Beratung Quell-Lebensräume». [Online]. Verfügbar unter: <https://xn--quell-lebensraume-7nb.ch>. [Zugegriffen: 10-Feb-2025].
- 197.** C. Imesch und D. Küry, «Empfehlungen zum Schutz von Quell-Lebensräumen (Praxismerkblatt)», Beratungsstelle Quell-Lebensräume im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, BAFU., 2023.
- 198.** J. Biggs, S. Von Fumetti, und M. Kelly-Quinn, «The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers», Hydrobiologia, Bd. 793, Nr. 1, S. 3-39, Juni 2017.
- 199.** P. H. Zedler, «Vernal pools and the concept of "isolated wetlands"», Wetlands, Bd. 23, Nr. 3, S. 597-607, Sep. 2003.
- 200.** J. Pellet, Temporäre Gewässer für gefährdete Amphibien schaffen. Leitfaden für die Praxis, Bd. 35. Basel: Pro Natura, 2014, S. 25 S.
- 201.** K. Proios, D.-E. Michailidou, M. Lazarina, M. A. Tsianou, und A. S. Kallimanis, «Climate and land use changes impact the future of European amphibian functional diversity», Land (Basel), Bd. 13, Nr. 8, S. 1206, Aug. 2024.
- 202.** E. Soomets, A. Löhmus, und R. Rannap, «Restoring functional forested peatlands by combining ditch-blocking and partial cutting: An amphibian perspective», Ecol. Eng., Bd. 192, S. 106968, Juli 2023.
- 203.** J. M. Beadle, L. E. Brown, und J. Holden, «Biodiversity and ecosystem functioning in natural bog pools and those created by rewetting schemes: Biodiversity and ecosystem functioning», WIREs Water, Bd. 2, Nr. 2, S. 65-84, März 2015.
- 204.** B. Vági, T. Kovács, R. B. ncil, T. Hartel, und B. P. Anthony, «A landscape-level study on the breeding site characteristics of ten amphibian species in Central Europe», Amphib-reptil., Bd. 34, Nr. 1, S. 63-73, Jan. 2013.
- 205.** H. Moor u. a., «Building pondsapes for amphibian metapopulations», Conserv. Biol., Bd. 38, Nr. 6, S. e14165, Dez. 2024.
- 206.** «Synergien beim Erhalt von Quell-Lebensräumen und bei der Amphibienförderung», Praxismerkblatt der Beratungsstelle Quell-Lebensräume, 2022.
- 207.** C. Schmid und P. Dermond, «Kleine Fließgewässer – Ökologische Funktion und Bedeutung für Fische», FIBER, 2019.

- 208.** S. Durrer, G. Masé, und U. Chrétien, «So befreien wir die kleinen Gewässer! Ein Leitfaden zur Ausdolung und Revitalisierung von Kleingewässern in der Gemeinde», Pro Natura Baselland, 2008.
- 209.** F. Witschi, S. Zumbach, M. Mermod, und I. Bregenzer, «Amphibienschonende Entwässerung. Praxismerkblatt Artenschutz», info fauna - karch, 2024.
- 210.** A.-M. Hekkala, M. Jönsson, S. Kärvmö, J. Strengbom, und J. Sjögren, «Habitat heterogeneity is a good predictor of boreal forest biodiversity», *Ecol. Indic.*, Bd. 148, Nr. 110069, S. 110069, Apr. 2023.
- 211.** J. Tews u. a., «Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures: Animal species diversity driven by habitat heterogeneity», *J. Biogeogr.*, Bd. 31, Nr. 1, S. 79–92, Jan. 2004.
- 212.** M. Pabijan u. a., «Amphibian decline in a Central European forest and the importance of woody debris for population persistence», *Ecol. Indic.*, Bd. 148, Nr. 110036, S. 110036, Apr. 2023.
- 213.** N. J. Rappa, M. Staab, J. Frey, N. Winiger, und A.-M. Klein, «Multiple forest structural elements are needed to promote beetle biomass, diversity and abundance», *For. Ecosyst.*, Bd. 9, Nr. 100056, S. 100056, Jan. 2022.
- 214.** D. B. Lindenmayer, J. F. Franklin, und J. Fischer, «General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation», *Biol. Conserv.*, Bd. 131, Nr. 3, S. 433–445, Aug. 2006.
- 215.** M. G. Floriancic, S. T. Allen, R. Meier, L. Truniger, J. W. Kirchner, und P. Molnar, «Potential for significant precipitation cycling by forest floor litter and deadwood», *Ecohydrology*, Bd. 16, Nr. 2, S. e2493, Nov. 2022.
- 216.** T. Lachat u. a., «Totholz im Wald - Entstehung, Bedeutung und Förderung. 2. überarbeitete Auflage», Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt WSL, Merkblatt für die Praxis 52, 2019.
- 217.** «Wie das «Käferholz» allen Käfern zugute kommt», Pro Natura. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.pronatura.ch/de/2021/wie-das-kaeferholz-allen-kaefern-zugute-kommt>. [Zugegriffen: 21-März-2025].
- 218.** C. Angst, C. Auberson, und C. Nienhuis, «Biberbestandeserhebung 2022 in der Schweiz und Liechtenstein», info fauna – Biberfachstelle und Fornat AG, S. 140 S., 2023.
- 219.** S. Capt, «Rote Liste der Säugetiere (ohne Fledermäuse). Gefährdete Arten der Schweiz», Bundesamt für Umwelt (BAFU); info fauna (CSCF), Umwelt-Vollzug 2202, 2022.
- 220.** R. S. Sommer, V. Zahner, und V. Z. & Messlinger, «Der Einfluss des Bibers auf die Artenvielfalt semiaquatischer Lebensräume: Sachstand und Metaanalyse für Europa und Nordamerika», *Naturschutz Landschaftsplan.*, Bd. 51, Nr. 3, S. 108–115, März 2019.
- 221.** A. Larsen, J. R. Larsen, und S. N. Lane, «Dam builders and their works: Beaver influences on the structure and function of river corridor hydrology, geomorphology, biogeochemistry and ecosystems», *Earth Sci. Rev.*, Bd. 218, Nr. 103623, S. 103623, Juli 2021.
- 222.** M. M. Pollock, N. Weber, und G. Lewallen, «Chapter 6–Beaver Dam Analogues (BDAs)», in *The beaver restoration guidebook. Working with Beaver to Restore Streams, Wetlands, and Floodplains. Version 2.02.*, M. M. Pollock, G. M. Lewallen, K. Woodruff, C. E. Jordan, und J. M. Castro, Hrsg. Portland, Oregon: United States Fish and Wildlife Service, 2023, S. 85–99.
- 223.** BAFU, «Ordnung im Schweizer Gewässernetz?! Flussordnungszahlen nach Strahler für das digitale Gewässernetz 1:25'000 der Schweiz», 2015.
- 224.** S. Minnig, N. Werdenberg, T. Polli, A. Widmer, und C. Angst, «Der Natur abgeschaut: «Beaver Dam Analogs» - Innovative und kostengünstige Revitalisierungsmethode für natürlichere Fließgewässer», *Aqua & Gas*, Bd. 4, S. 38–45, 2022.

- 225.** N. Werdenberg und A. Widmer, Beaver Dam Analogs - Klimaresilienz und Biodiversität für unsere Bäche - facts & figures. 2022.
- 226.** M. Dennis, C. Angst, J. R. Larsen, E. Rey, und A. Larsen, «A national scale floodplain model revealing channel gradient as a key determinant of beaver dam occurrence and inundation potential can anticipate land-use based opportunities and conflicts for river restoration», Glob. Ecol. Conserv., Bd. 56, Nr. e03304, S. e03304, Dez. 2024.
- 227.** L. Remm, M. Vaikre, R. Rannap, und M. Kohv, «Amphibians in drained forest landscapes: Conservation opportunities for commercial forests and protected sites», For. Ecol. Manage., Bd. 428, S. 87–92, Nov. 2018.
- 228.** A. Ulevicius, M. Jasiulionis, N. Jakstiene, und V. Zilys, «Morphological alteration of land reclamation canals by beavers (*Castor fiber*) in Lithuania», Estonian Journal of Ecology, Bd. 58, Nr. 2, S. 126–141, 2009.
- 229.** R. Rakowska und A. Stachurska-Swakoń, «Consequences of the activities of Eurasian beaver on local plants and vegetation cover - an overview», Environ. Socio-econ. Stud., Bd. 11, Nr. 3, S. 33–42, Sep. 2023.
- 230.** A. Zwolicki, «Can beavers canopy alterations affect managed forests more than natural forests?», For. Ecol. Manage., Bd. 577, Nr. 122407, S. 122407, Feb. 2025.
- 231.** R. Gawrys, M. Wróbel, O. Hrynyk, und K. A. Gabrysiak, «Regeneration of woody plants in beaver inhabited river valleys», Sylwan, 2024.
- 232.** M. J. O Connell, S. R. Atkinson, K. Gamez, S. P. Pickering, und J. S. Dutton, «Forage Preferences of the European Beaver *Castor fiber*: Implications for Re-introduction», Conserv. Soc., Bd. 6, Nr. 2, S. 190, 2008.
- 233.** K. Jones, D. Gilvear, N. Willby, und M. Gaywood, «Willow (*Salix* spp.) and aspen (*Populus tremula*) regrowth after felling by the Eurasian beaver (*Castor fiber*): implications for riparian woodland conservation in Scotland», Aquat. Conserv., Bd. 19, Nr. 1, S. 75–87, Jan. 2009.
- 234.** K. A. Wilson, A. Law, A. J. Hester, M. J. Gaywood, und N. J. Willby, «Tree felling by beaver promotes regeneration in riparian woodlands whilst increasing resource availability for deer», For. Ecol. Manage., Bd. 562, Nr. 121910, S. 121910, Juni 2024.
- 235.** E. Juhász, K. Katona, Z. Molnár, I. Hahn, und M. Biró, «A reintroduced ecosystem engineer species may exacerbate ongoing biological invasion: Selective foraging of the Eurasian beaver in floodplains», Glob. Ecol. Conserv., Bd. 24, Nr. e01383, S. e01383, Dez. 2020.
- 236.** E. Juhász, Á. Bede-Fazekas, K. Katona, Z. Molnár, und M. Biró, «Foraging decisions with conservation consequences: Interaction between beavers and invasive tree species», Ecol. Evol., Bd. 12, Nr. 5, S. e8899, Mai 2022.
- 237.** L. Dalbeck, M. Hachtel, und R. Campbell Palmer, «A review of the influence of beaver *Castor fiber* on amphibian assemblages in the floodplains of European temperate streams and rivers», Herpetological Journal, Bd. 30, S. 135–146, Juli 2020.
- 238.** S. Washko, N. Willby, und A. Law, «How beavers affect riverine aquatic macroinvertebrates: a review», PeerJ, Bd. 10, S. e13180, Apr. 2022.
- 239.** S. Minnig u. a., «Expert:innenbericht: Einfluss des Bibers auf die Biodiversität - eine Meta-Analyse», Genossenschaft umweltbildner.ch. Bern, 2024.
- 240.** S. Minnig, «Biber und Biodiversität», info fauna, 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.infofauna.ch/de/artenfoerderung/2024_biber-und-biodiversitaet#gsc.tab=0. [Zugegriffen: 30-Jan-2025].

- 241.** Moser V, Capitani L, Zehnder L, Hürbin A, Obrist M, Ecker K, Boch S, Minnig S, Angst, Ch, Pomati F, Risch A, Habitat heterogeneity and food availability in beaver-engineered streams foster bat richness, activity and feeding , J. Anim. Ecol., 00, 1-18, Sep. 2025.
- 242.** BAFU, «Konzept Biber Schweiz. Vollzugshilfe des BAFU zum Bibermanagement in der Schweiz», Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 1612, 2016.
- 243.** K. Prach, G. Durigan, S. Fennessy, G. E. Overbeck, J. M. Torezan, und S. D. Murphy, «A primer on choosing goals and indicators to evaluate ecological restoration success», Restor. Ecol., Bd. 27, Nr. 5, S. 917–923, Sep. 2019.
- 244.** A. Cupertino, S. Dufour, und P. M. Rodríguez-González, «Chasing success: A review of vegetation indicators used in riparian ecosystem restoration monitoring», Ecol. Indic., Bd. 166, Nr. 112371, S. 112371, Sep. 2024.
- 245.** C. Fischer und B. Traub, Hrsg., Swiss national forest inventory – methods and models of the fourth assessment, 2019. Aufl. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2019.
- 246.** U.-B. Brändli, M. Abegg, C. Düggelin, und B. Traub, «Baummikrohabitate im Schweizer Wald und im Buchenurwald Uholka-Schyrokyj Luh», Schweiz. Z. Forstwes., Bd. 172, Nr. 5, S. 286–299, Sep. 2021.
- 247.** A. Acloque, L. Larrieu, N. Goux, und F. Revers, «Recording tree-related microhabitats to assess riparian forest contribution to biodiversity in landscapes dominated by conifer plantations», Biol. Conserv., Bd. 286, Nr. 110261, S. 110261, Okt. 2023.
- 248.** Bütler, F. Krumm, und D. Kraus, Taschenführer der Baummikrohabitate – Beschreibung und Schwellenwerte. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt WSL, 2020.
- 249.** J. Portier u. a., «Plot size matters: Toward comparable species richness estimates across plot-based inventories», Ecol. Evol., Bd. 12, Nr. 6, S. e8965, Juli 2022.
- 250.** B. Rohner, R. Wüest Karpati, M. Abegg, und J. Portier, «Web-App zur erwarteten Baumartenvielfalt in Abhängigkeit der Waldfläche», Schweiz. Z. Forstwes., Bd. 175, Nr. 5, S. 268–269, Aug. 2024.
- 251.** BAFU (Hrsg), «Konzept Wirkungsanalyse Waldbiodiversität», Bundesamt für Umwelt, Bern.
- 252.** Verordnung über den Schutz der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nationaler Bedeutung (Moorlandschaftverordnung). 1966.
- 253.** Verordnung über den Schutz der Flachmoore von nationaler Bedeutung (Flachmoorverordnung). 1994.
- 254.** Verordnung über den Schutz der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (Amphibienlaichgebiete-Verordnung; AlgV). 2001.
- 255.** D. Weigerstorfer, «Wälder nasser Standorte - Waldmoore und Auwälder in der Gesamtkonzeption Waldnaturschutz», FVA-einblick, Nr. 2, S. 14–16, 2016.
- 256.** R. Jöhl, M. Martin, L. Bonnard, und C. Huber, «Gute Lösungen für die Biodiversität in komplexen Situationen. Leitfaden», Infohabitat im Auftrag des Bundesamt für Umwelt (BAFU), 2020.



Leitfaden zur Förderung der Biodiversität Synthesezentrum Biodiversität (2025)

Adresse

Swiss Federal Research Institute WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
044 739 28 97
info@wsl.ch
www.synthesebiodiv.ch

ETH zürich



eawag
aquatic research 000