

Monitoring von naturschutzrelevanten Pflanzen und Flechten in Auenlandschaften

Sabine Fink
Christoph Scheidegger

Zusammenfassung

Die grosse Habitatvielfalt und Störungsdynamik in Auen entlang von Flüssen bietet Lebensraum für gefährdete Pflanzen und Flechten. Nicht mobile Habitatspezialisten sind gute Indikatoren für typische Nischen innerhalb des Auenperimeters. Nicht mobile Arten eignen sich dabei besser, da sie Störungen und Habitatveränderungen stärker ausgesetzt sind als mobile Organismen. Felderhebungen vor und nach Revitalisierungen sowie langjährige Monitoringprojekte zeigen unter Berücksichtigung von Ausbreitungsmechanismen der Zielarten auf, wie sich Auenlebensräume verändern. Genetische Analysen helfen zudem die Vernetzung entlang von Fliessgewässern zu verstehen und Voraussagen für zukünftige Vorkommen zu verbessern. Innerhalb des Auenperimeters sind Indikatoren für dynamische Lebensräume wie Kiesbänke deutlich von Zielarten auf nur periodisch von der Flusssdynamik beeinflussten Habitaten wie dem Hartholzauenwald verschieden. Untersuchungen von baumbewohnenden Flechten mit unterschiedlichen Anforderungen an das Alter der Bäume ermöglichen Aussagen zu unterschiedlichen Zeitskalen. Viele wenig mobile Organismen stehen zudem stellvertretend für andere schützenswerte Arten und repräsentieren so die Qualität des Lebensraumes.

Wirkungskontrollen und Monitoringprojekte sollten Auenlebensräume in ihrer ganzen Vielfalt abdecken und dazu geeignete, wenig mobile Zielarten auswählen. Da einige Flechten im Feld schwierig zu identifizieren sind, sind auch Erhebungsmethoden mittels Umwelt-DNA (eDNA) möglich. Veränderungen in der Verbreitung von spezialisierten Auenarten dienen als Früherkennungssysteme für veränderte Flusssdynamik und Habitatfragmentierung.

Keywords:

Flechten, Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*), Abflusssdynamik, Sedimentdynamik, Trockenstandorte in Auengebieten

Monitoring des plantes et lichens pertinents pour la protection de la nature dans les paysages alluviaux

Résumé

La grande diversité des habitats et la dynamique des perturbations dans les plaines alluviales le long des cours d'eau fournissent un habitat aux plantes et lichens menacés. Les spécialistes de l'habitat non mobile sont de bons indicateurs pour des niches typiques dans le périmètre de la plaine alluviale. Les espèces non mobiles sont mieux adaptées à cette tâche, car elles sont plus exposées

aux perturbations et aux changements d'habitat que les organismes mobiles. Les enquêtes sur le terrain avant et après les projets de revitalisation et de suivi à long terme montrent comment les habitats des plaines alluviales changent, en tenant compte des mécanismes de dispersion des espèces cibles. Les analyses génétiques permettent également de comprendre la connectivité le long des cours d'eau et d'améliorer les prévisions d'occurrences futures.

Dans le périmètre de la plaine alluviale, les indicateurs des habitats dynamiques tels que les bancs de gravier diffèrent considérablement des espèces cibles pour les habitats qui ne sont influencés que périodiquement par la dynamique fluviale, tels que les Frênaies humides. L'étude des lichens arboricoles avec des exigences différentes sur l'âge des arbres permet des déclarations sur des échelles de temps différentes. En outre, de nombreux organismes moins mobiles sont représentatifs d'autres espèces dignes de protection et représentent donc la qualité de l'habitat. Les contrôles des effets et les projets de monitoring devraient couvrir les habitats alluviaux dans toute leur diversité et sélectionner des espèces cibles appropriées et moins mobiles. Comme certains lichens sont difficiles à identifier sur le terrain, des méthodes d'enquête utilisant l'ADN environnemental (eDNA) sont également possibles. Les changements dans la répartition des espèces spécialisées dans les plaines alluviales servent de systèmes de détection précoce des modifications de la dynamique fluviale et de la fragmentation de l'habitat.

Mots-clés

Lichens, Tamarin des Alpes [*Myricaria germanica*], dynamique d'écoulement, dynamique des sédiments, emplacements secs dans les plaines alluviales.

Monitoraggio di piante e licheni importanti per la conservazione della natura nei paesaggi alluvionali

Riassunto

La grande diversità di habitat e le dinamiche di disturbo nelle zone alluvionali lungo i fiumi forniscono habitat per piante e licheni in via di estinzione. Gli specialisti di habitat non mobili sono buoni indicatori delle tipiche nicchie all'interno del perimetro delle pianure alluvionali. Le specie non mobili sono più adatte a questo compito, in quanto sono più esposte ai disturbi e ai cambiamenti dell'habitat rispetto agli organismi mobili. Le indagini sul campo prima e dopo la rivitalizzazione e i progetti di monitoraggio a lungo termine mostrano come cambiano gli habitat alluvionali, tenendo conto dei mecca-

nismi di dispersione e diffusione delle specie bersaglio. Le analisi genetiche aiutano anche a comprendere la connettività lungo i corsi d'acqua e a migliorare le previsioni di eventi futuri.

All'interno del perimetro delle zone alluvionali, gli indicatori per gli habitat dinamici, come i banchi di ghiaia, differiscono in modo significativo dalle specie bersaglio degli habitat influenzati solo periodicamente dalle dinamiche fluviali, come le foreste alluvionali in legno duro. Le indagini sui licheni che vivono sugli alberi con requisiti diversi sull'età degli alberi stessi consentono di ottenere risultati su scale temporali diverse. Inoltre, molti organismi meno mobili sono rappresentativi di altre specie degne di protezione e rappresentano quindi la qualità dell'habitat.

Il controllo degli effetti e i progetti di monitoraggio dovrebbero coprire gli habitat alluvionali in tutta la loro diversità e selezionare specie bersaglio adatte e meno mobili. Poiché alcuni licheni sono difficili da identificare sul campo, sono possibili anche metodi di indagine che utilizzano il DNA ambientale (eDNA). I cambiamenti nella distribuzione delle specie specializzate nelle zone alluvionali servono come sistemi di rilevamento precoce delle dinamiche fluviali alterate e della frammentazione dell'habitat.

Parole chiave

Licheni, tamerici alpino [*Myricaria germanica*], dinamica di deflusso, dinamica dei sedimenti, habitat secchi nelle zone alluvionali

Zielarten in vielfältigen Auenlandschaften

Auenlandschaften in Flussnähe beherbergen eine grosse Habitatvielfalt und bieten Nischen sowohl für hochspezialisierte Arten als auch für Generalisten (Werth et al. 2011). Nicht mobile Organismen wie Pflanzen und Flechten am Ufer und auf Kiesbänken oder Inseln im Fluss müssen an saisonale oder auch kurzfristige Schwankungen der Abflussmenge angepasst sein (Fink et al. 2017). Auch die Sedimentdynamik des Flusses mit wiederkehrenden Erosionen und Sedimentationen trägt zum ständigen Wandel in Auenlandschaften bei.

Der Einfluss von kleineren und grösseren Störungen wie Hochwasser oder Trockenperioden ist bei nicht mobilen Organismen besser sicht- und messbar, da diese nicht wie Vögel oder Käfer aus eigener Kraft neue Habitate aufsuchen können. Genetische Analysen zeigen indirekt die Vernetzung zwischen lokalen Vorkommen oder die Verwandtschaft von angesiedelten Organismen in neu gebildeten oder geschaffenen Habitaten auf. Dies sind wichtige

Informationen für eine umfassende Wirkungskontrolle von Revitalisierungen.

Flussrevitalisierungen wirken dem grossen Rückgang von Auenlandschaften in der Schweiz entgegen [Lachat et al. 2010]. Viele gefährdete und geschützte Arten kommen innerhalb der Auenperimeter vor und sollen als National Prioritäre Arten in Revitalisierungsprojekten besonders gefördert werden. Deshalb bieten sie sich gemeinsam mit charakteristischen Auenarten [Delarze et al. 2015] als Zielarten für Monitoringprojekte und Wirkungskontrollen an.

Die grosse Habitatvielfalt im Auenperimeter beinhaltet Lebensräume, welche unterschiedlich häufig durch die Flussdynamik [bspw. Überschwemmungen, Sedimentation, Erosion] gebildet werden: Wiederkehrzeiten von wenigen Jahren bei Kiesbänken, Jahrzehnte beim Weichholzauenwald und bis ca. 150 Jahre beim Hartholzauenwald [Scheidegger et al. 2012]. Die Lebensräume variieren auch in Bezug auf Feuchtigkeit stark: von immerfeuchten Habitaten bis hin zu jahreszeitlich stark austrocknenden Standorten können alle Typen innerhalb des Auenperimeters vorkommen. Für ein Monitoring sollten für alle Habitate charakteristische Arten ausgewählt werden, damit ein differenziertes Bild der Entwicklung der Habitatvielfalt während der Zeit des Monitorings entsteht.

Bei der Wahl der Zielorganismen für ein Projekt sind lokale Bedingungen ausschlaggebend: Aktuelle Vorkommen aus den Datenbanken von InfoSpezies, dem Schweizerischen Informationszentrum für Arten, www.infospecies.ch, geben Hinweise auf bereits bekannte Vorkommen von verschiedenen Organismen im Einzugsgebiet. Bei Revitalisierungsprojekten kann so das Potential für die natürliche Einwanderung von terrestrischen Organismen über Wind- oder Wasserausbreitung aus bereits bestehenden Populationen abgeschätzt werden.

Wichtig ist die Kenntnis von Ausbreitungsmechanismen der nicht mobilen Organismen: Pflanzen produzieren Samen, die an Wind- oder Wasserausbreitung angepasst sind oder auch mit Tieren verfrachtet werden. Zudem vermehren sich viele Pflanzen vegetativ, bspw. durch die Anwurzlung von abgebrochenen Ästchen an neuen Standorten.

Bei den Flechten ist die Ausbreitung über den Wind und übers Wasser in Form von speziell ausgebildeten Bruchstücken am häufigsten. Da Flechten aus einer Symbiose von Pilz und Algen bestehen, können sie auch Pilzsporen zur Ausbreitung der Art produzieren, wobei sich diese auf geeignetem Substrat mit einer Alge zu einer neuen Symbiose verbinden müssen. Die erfolgreiche Flechtenausbreitung

ist häufig abhängig vom Vorhandensein einer geeigneten Trägerstruktur, bspw. einem Trägerbaum oder Gesteinsbrocken.

Eine Feldbegehung und die Kenntnis zu vorhandenen oder geplanten Strukturen im und am Fluss sind weitere wichtige Schritte für die Auswahl von Zielarten für das Monitoring. Da hochspezialisierte Arten eine spezifische Nische besiedeln, sind Kleinststrukturen wichtig. Wenig mobile Organismen wirken auch als Indikatoren für teilweise äusserlich nur schwer sichtbare Unterschiede, beispielsweise zwischen Kiesbänken, die unterschiedlichen Dynamiken ausgesetzt sind.

Untersuchungen in hochdynamischen Auenhabitaten

Auengebiete entlang von Fliessgewässern bilden häufig einen Lebensraumverbund, wenn die Vernetzung zwischen den Standorten intakt ist. Dabei stehen die Habitate untereinander in Beziehung und Arten können von einem Standort aus einen neu entstandenen Lebensraum besiedeln. Dies ist wichtig für die am stärksten von der Abfluss- und Sedimentdynamik beeinflussten Lebensräume in Flussaunen, die dynamischen Kiesbänke mit einer Lebensdauer von 3–20 Jahren. Diese werden von Pionierpflanzen besiedelt, die periodisch überschüttet oder weggeschwemmt werden, jedoch später durch Individuen oder Samen von Standorten flussaufwärts oder -abwärts ersetzt werden. Eine intakte Vernetzung ermöglicht das Überleben von Arten trotz Störungen entlang eines Einzugsgebietes.

Wie sich wenig mobile Organismen ausbreiten, kann an neu angelegten Flussabschnitten untersucht werden. Im Jahr 2003 wurden die Bauarbeiten am neuen, 3,4 km langen



Abbildung 1: Rosa blühende adulte Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) am Ufer des vor 17 Jahren neu angelegten Flussabschnittes des Flaz. Im Hintergrund sind Kiesbänke mit Jungpflanzen sichtbar. Foto: Sabine Fink. | Figure 1 : Tamarin des Alpes [*Myricaria germanica*] adulte à fleurs roses sur les rives du tronçon de cours d'eau de la Flaz, nouvellement créé il y a 17 ans. En arrièreplan, des bancs de gravier avec de jeunes plantes sont visibles. Photo : Sabine Fink.

Abschnitt des Flaz bei Samedan abgeschlossen. Vierzehn Jahre danach zeigten Untersuchungen, dass sich die Deutsche Tamariske [*Myricaria germanica*] am Ufer und auf Kiesbänken [Vonwiller et al. 2010] wieder angesiedelt hatte [Abbildung 1]. Am Ufer sind ältere, blühende Sträucher vorherrschend, während auf den periodisch überfluteten und dynamischen Kiesbänken viele Jungpflanzen wachsen. Für Pionierstandorte wie dynamische Kiesbänke gibt es häufig eine grosse Konkurrenz von gebietsfremden Arten [Neophyten, Wittenberg 2006], welche die Deutsche Tamariske zurückdrängen, obwohl sie an mehreren Standorten

viele mobile terrestrische Arten wie Spinnen und Insekten [Rust-Dubié et al. 2006].

Auf nach Regen rasch abtrocknenden Gesteinsbrocken auf stabilen Kiesbänken findet die durch das Natur- und Heimatschutzgesetz geschützte Inkrustierte Korallenflechte [*Stereocaulon incrustatum*] eine ideale Nische [Abbildung 2]. Diese Flechte ist nur noch von wenigen Standorten entlang der Rhone, Maggia und Moesa bekannt und vom Aussterben bedroht [Stofer et al. 2008]. Als Indikator für langfristig stabile Kiesbänke ist diese gesteinsbewohnende

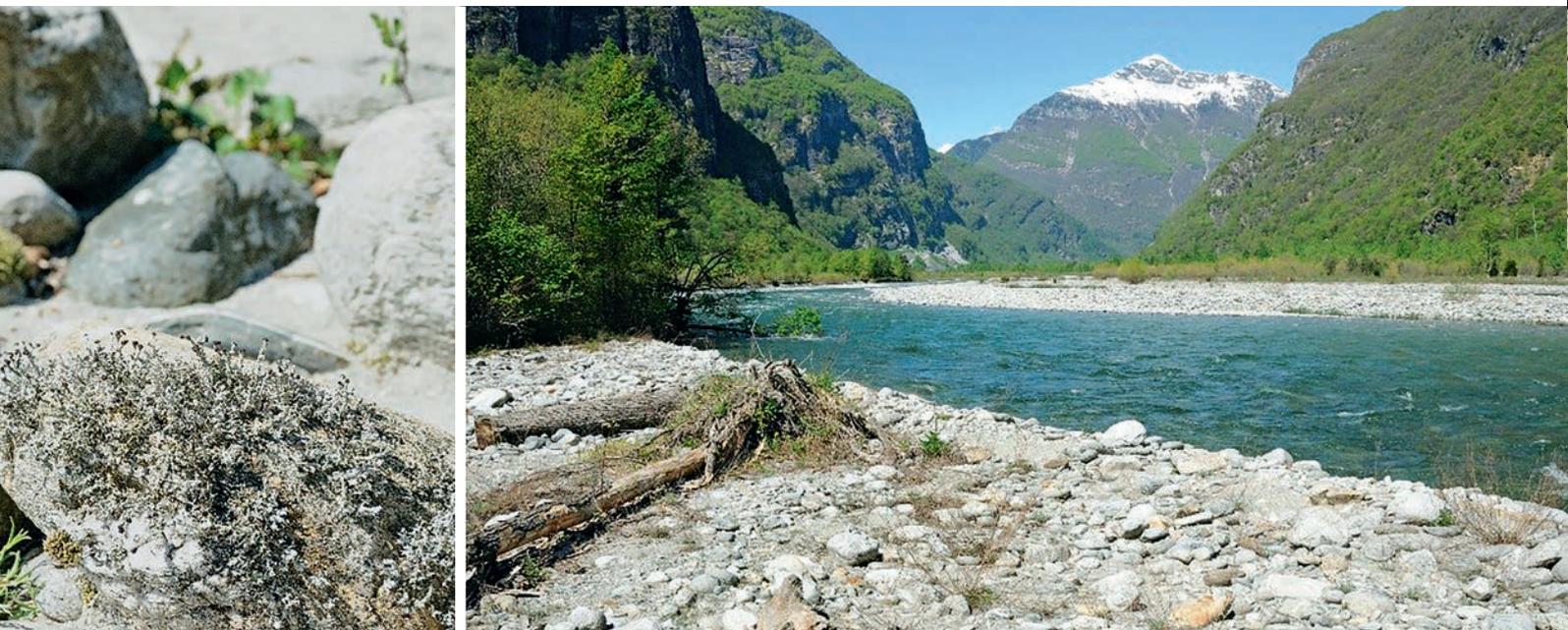


Abbildung 2: Die Inkrustierte Korallenflechte [*Stereocaulon incrustatum*] mit hellgrauem Lager und dunklen Fruchtkörpern auf einem Stein [links]. Der Lebensraum der geschützten Flechte besteht aus stabileren Kiesbänken, die selten überspült werden und wenig bis sehr lichte Vegetation aufweisen [rechts, Kiesbank an der Maggia]. Fotos: Christoph Scheidegger. | Figure 2 : Le lichen corallien incrusté blanc-gris [*Stereocaulon incrustatum*] avec des un thalle gris claiert corpuscules reproducteurs foncés sur une pierre [à gauche]. L'habitat du lichen protégé est constitué de bancs de gravier plus stables, rarement inondés et dont la végétation est faible ou très clairsemée [à droite, banc de gravier sur la Maggia]. Photos : Christoph Scheidegger.

entlang des Inn-Einzugsgebietes Populationen aufweist. Für das Monitoring sind jährliche Feldbegehungen nötig, um die Populationsdynamik zu überprüfen. Genetische Untersuchungen zu weiteren Revitalisierungsprojekten wie in Bever [2017 und 2020] sowie flussabwärts erlauben, die Ausbreitung der Deutschen Tamariske zu verfolgen.

Monitoring von Auenlebensräumen mit reduzierter Dynamik

Naturnahe Tieflandflüsse verfügen über viele Verzweigungen mit unterschiedlich tiefen Nebenflussbetten. Daher sind in Auen auch stabilere Kiesbänke vorhanden, die bereits seit über 20 Jahren keine Umlagerung mehr erfahren haben. Diese bieten durch eine gute Sonnenexposition und geschützt vor Überschwemmungen Lebensraum für

Flechte für ein Monitoringprojekt eine wichtige Zielart. Da sie während einer Feldbegehung häufig nicht eindeutig bestimmt werden kann, ist die Kontrolle von Spezialisten durchzuführen. Jedoch ist die ganze Gattung *Stereocaulon* geschützt, so dass ein Monitoring hier auf die ganze Gattung ausgerichtet werden kann, welche auch Nicht-Spezialisten ansprechen können.

Die Bindung der *Stereocaulon*-Artengruppe an die spezifische Nische mit zeitlich stark verzögerter Sukzession hin zu Weichholzauen zeigt auf, wie wichtig bei einem Monitoring die Untersuchung von diversen Arten von Kiesbänken ist. Stabilere Kiesbänke sind auch Bruthabitate für bodenbrütende Vögel wie den Flussuferläufer [*Actitis hypoleucos*] und Flussregenpfeifer [*Charadrius dubius*]. Beide Vögel



Abbildung 3: Die stark gefährdete Kleine Astflechte (*Ramalina dilacerata*), hier auf einem Stamm einer Grauerle (links). Früher wurde die Kleine Astflechte im Unterengadin auch auf Nadelbäumen gefunden. Aktuelle Funde stammen jedoch ausschliesslich von Grauerlen (*Alnus incana*) als Trägerbäume (rechts, Grauerlen am Inn). Fotos: Christoph Scheidegger. | Figure 3 : Le lichen ramuscule minuscule (*Ramalina dilacerata*), très menacé, ici sur un tronc d'aulne blanchâtre (à gauche). Dans le passé, le lichen était également présent sur les conifères en Basse-Engadine. Cependant, les découvertes actuelles proviennent exclusivement de l'aulne gris (*Alnus incana*) comme arbre porteur (à droite, aulne blanchâtre sur l'Inn). Photos : Christoph Scheidegger.

sind auf der Roten Liste als gefährdet vermerkt. Da während der Brutsaison die Kiesbänke oft nicht betreten werden dürfen, um die Brut zu schützen, kann das Flechtenmonitoring zu einem späteren Zeitpunkt Informationen zur Habitatqualität liefern.

Felderhebungen und Prognosen zu nicht mobilen Organismen in Weichholzauen

Weichholzauen bestehen je nach Höhenlage aus unterschiedlichen Pflanzengesellschaften, da die in tieferen Lagen vorherrschenden Weidengebüsche in höheren Lagen von Grauerlenwäldern abgelöst werden (Delarze et al. 2015). Beide Pflanzengesellschaften beherbergen Trägerbäume für unterschiedliche Flechtenarten. Junge Bäume weisen meist eine glatte Struktur der Rinde auf, die von anderen Arten besiedelt wird als bei älteren Bäumen mit aufgerissener, teilweise tiefe Borkenrisse aufweisender Rinde. Im Kanton Graubünden wurden auf alten Grauerlen mehr Arten gefunden als auf jungen Bäumen, unabhängig vom Standort (Breitenmoser 2014).

Monitoring über längere Zeiträume ist wertvoll, um langfristige Veränderungen besonders bei gefährdeten Arten zu dokumentieren. Eduard Frey hat von 1949 bis 1969 die Flechtenflora im Unterengadin dokumentiert (Frey 1975). Im Jahr 2010 wurde eine neue Bestandesaufnahme zur Kleinen Astflechte (*Ramalina dilacerata*, Abbildung 3) gemacht (Walter and Stofer 2011). Durch die gute Doku-

mentation von Frey konnten die Standorte wiedergefunden werden, aber die Kleine Astflechte wuchs nicht mehr auf Nadelbäumen, sondern nur noch auf Grauerlen. Diese Studie zeigt die Veränderung des Standortes nach über vierzig Jahren.

In tieferen Höhenlagen sind gefährdete Auenweidengebüsche (*Salicion elaeagni*, Delarze et al. 2013; Delarze et al. 2015), mit verschiedenen Weidenarten (*Salix daphnoides*, *S. elaeagnos*, *S. triandra*), Sanddorn (*Hyppophae rhamnoides*) und der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) wichtige Flussauenhabitats. Lebensraummodelle mit Angaben zu klimatischen, geologischen und topographischen Bedingungen zeigen für alle Arten in Zukunft unterschiedlich geeignete Standorte an, vor allem wenn Klimaveränderungen mit berücksichtigt werden (Abbildung 4, siehe auch Fink and Scheidegger 2018). Für ein langfristiges Monitoring muss deshalb beachtet werden, dass viele Pflanzenvorkommen zukünftig nicht mehr an den gleichen Standorten zu erwarten sind.

Besonders artenreiche und schützenswerte Habitate von Flussauen

Einige Auenlebensräume wie der Hartholzauenwald zeigen eine hohe Artenvielfalt an terrestrischen Organismen und benötigen eine lange Entwicklungszeit. Sie gelten als besonders schützenswert. Eschen (*Fraxinus excelsior*) sind zwar typische Bäume von Hartholzauen, kommen aber auch ausserhalb des Auenperimeters vor. Die Zinnoberrote

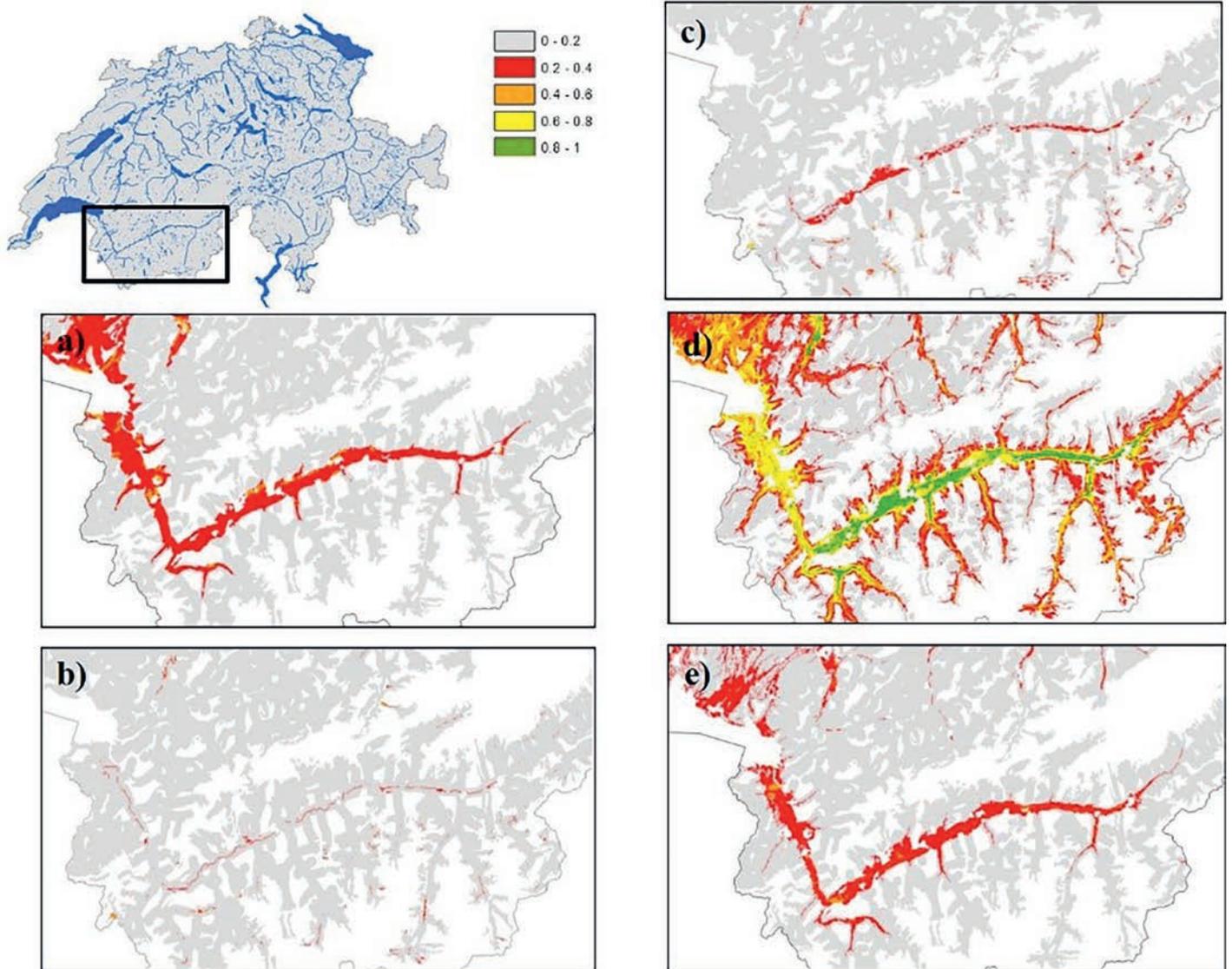


Abbildung 4: Modellierte Habitateignung entlang der Rhone für Pflanzenarten des Auenweidengebüschs (*Salicion eleagni*). In rot sind Habitate mit einer schlechten zukünftigen Eignung eingezeichnet, in gelb und grün Habitate mit mittlerer und guter Eignung. a) Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*), b) Deutsche Tamariske [*Myricaria germanica*], c) Reif-Weide [*Salix daphnoides*], d) Lavendel-Weide [*Salix elaeagnos*], e) Mandel-Weide [*Salix triandra*]. Nur die Prognose für die Lavendel-Weide zeigt für die Zukunft unter verändertem Klima viele geeignete Habitate entlang der Rhone an. Abbildung: Sabine Fink. | Figure 4 : Modélisation de l'adéquation de l'habitat le long du Rhône pour les espèces végétales des saulaies buissonnantes à *Saulaie buissonnante alluviale* [*Salicion eleagni*]. Les habitats peu adaptés à l'avenir sont indiqués en rouge, tandis que le jaune et le vert montrent les habitats moyennement et bien adaptés. a) Argousier [*Hyppophae rhamnoides*], b) Tamarin des Alpes [*Myricaria germanica*], c) Saule pruineux [*Salix daphnoides*], d) Saule drapé [*Salix elaeagnos*], e) Saule à trois étamines [*Salix triandra*]. Seul le pronostic pour le saule drapé indique de nombreux habitats appropriés le long du Rhône sous un climat modifié pour le futur. Photo : Sabine Fink..

Fleckflechte (*Arthonia cinnabarina*, Abbildung 5) wächst bevorzugt an jungen Eschen und ihre Vorkommen sind weitgehend auf den Auenperimeter beschränkt. In einer Studie zu den Vorkommen dieser seltenen Flechtenart entlang dem Einzugsgebiet der Töss im Kanton Zürich wurden an wenig dynamischen Flussabschnitten weniger Vorkommen der Flechte kartiert als in den naturnahen Hartholzauen (Abbildung 5, Streit 2018). Obwohl diese Standorte selten überflutet werden, ist die Anbindung an dynamische Fließgewässer von grosser Wichtigkeit für die relativ lichtreiche Bestandesstruktur und den periodischen Eintrag von Nährstoffen. Die Resultate von Streit (2018)

zeigen, dass die Zinnoberrote Fleckflechte ein wichtiger Indikator für dynamische Hartholzauen mit naturnaher Uferböschung ist.

Während die Zinnoberrote Fleckflechte primär jüngere Bäume besiedelt (Streit 2018) gibt es auch spezialisierte Flechtenarten für alte Bäume. Ein wichtiger Indikator in alten Hartholzauenwäldern ist die Eichenstabflechte (*Bactrospora dryina*), welche auf über 100-jährigen Eichen vorkommt (Abbildung 6). Die Eichenstabflechte wächst auf der regengeschützten Stammseite von leicht schräg stehenden Bäumen und besiedelt zuerst die Borkenrisse und

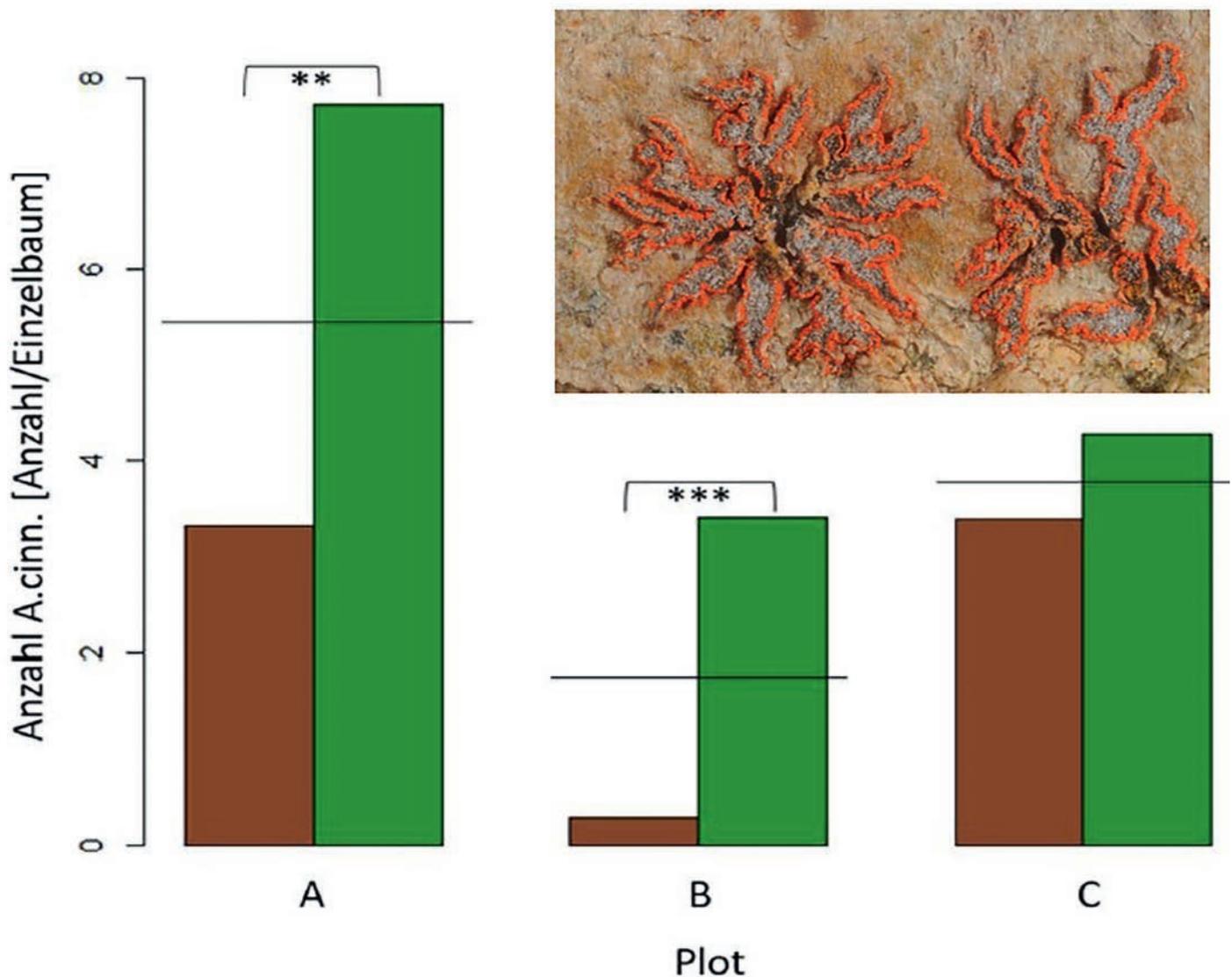


Abbildung 5: Vergleich der Anzahl von Vorkommen der Zinnberroten Fleckflechte [*Arthonia cinnabarina*, Foto rechts oben] auf Einzelbäumen in beeinträchtigten (braun) und natürlichen Hartholzauen (grün) auf drei Lebensraumplots entlang der Töss, Kanton Zürich 2018. Zwei der drei Standorte zeigen signifikante Unterschiede zwischen den natürlich-dynamischen und menschlich beeinträchtigten Standorten auf (** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$). Abbildung: Anita Streit. Foto: Christoph Scheidegger. | Figure 5 : Comparaison du nombre d'occurrences du lichen tache de cinnahre [*Arthonia cinnabarina*, photo en haut à droite] sur des arbres isolés dans des frênaies humides altérées (en brun) et naturelles (en vert) sur trois parcelles d'habitat le long de la Töss, canton de Zurich 2018 ; deux des trois sites présentent des différences significatives entre les sites naturels-dynamiques et les sites altérés par l'homme (** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$). Figure : Anita Streit. Photo : Christoph Scheidegger.

später auch Borkenstege (Abbildung 6). Die Beprobung von vielen solchen Rindenformationen an Eichen in den Kantonen Aargau, Thurgau und Zürich hat gezeigt, dass die genetische Vielfalt der Eichenstabflechte auf jedem einzelnen Baum hoch ist (Nadyeina et al. 2017). Dies deutet auf eine mehrfache Besiedlung der Bäume hin, welche jedoch nur bei guter Vernetzung von Eichen innerhalb eines Bestandes möglich ist. Ein langfristiges Monitoring mit Hilfe von genetischen Analysen kann zeigen, wie sich die Vernetzung von Beständen in Zukunft entwickelt, wenn Eichen in Hartholzauenwälder sowohl durch die Flusssdynamik als auch durch waldbauliche Massnahmen gefördert werden.

Schlussfolgerungen

Die aufgeführten Beispiele von verschiedenen terrestrischen Organismen mit unterschiedlichen Habitatansprüchen zeigen, dass für einen vielseitigen Auenlebensraumverbund auch verschiedenste Zielarten in ein Monitoring oder eine Wirkungskontrolle aufgenommen werden sollten. Arten mit sehr spezifischen Ansprüchen sind wertvolle Indikatoren für autotypische Dynamik und Störungen, wie der Entwicklung der Flusssdynamik oder der Vernetzung von Lebensräumen. Nicht mobile Organismen zeigen aufgrund ihrer beschränkten Ausbreitungsradien Lebensraumveränderungen oft zuverlässiger an als mobile Organismen.



Abbildung 6: Die genetische Vielfalt von Eichenstabflechten (*Bactrospora dryina*, Foto links oben) mit schwarzen Fruchtkörpern auf alten Eichen in Hartholzauenwald (rechts) wurde untersucht. Für die Beprobung wurden unterschiedliche Stellen der Rinde untersucht (links unten): R= Barkenstege [erhöhte Stellen], C= Barkenrisse [vertiefte Stellen]. Die genetische Analyse hat gezeigt, dass sogar innerhalb kleinster Distanzen genetische Unterschiede nachweisbar sind, welche auf eine mehrfache Besiedlung des Baumes hinweisen. Abbildung Beprobung adaptiert nach Nadyeina et al. [2017]. Fotos: Christoph Scheidegger. | Figure 6 : La diversité génétique des lichens manteau de chêne (*Bactrospora dryina*, photo en haut à gauche) avec des corpuscules reproducteurs noirs sur de vieux chênes dans les frênaies humides feuillus (à droite) a été étudiée. Pour l'échantillonnage, différents endroits de l'écorce ont été examinés (en bas à gauche) : R= crêtes de l'écorce [zones surélevées], C= fissures de l'écorce [zones approfondies]. L'analyse génétique a montré que même sur de plus petites distances, des différences génétiques sont détectables, ce qui indique une colonisation multiple de l'arbre. Figure de l'échantillonnage adapté de Nadyeina et al [2017]. Photos : Christoph Scheidegger.

Informationen zu Ausbreitungsmechanismen (Verdriftung in Wasser, Windausbreitung oder durch mobile Tiere) helfen bei der Einschätzung der Vernetzung sowie des Besiedlungspotentials von revitalisierten Standorten. Genetische Analysen können indirekte Nachweise liefern und so Felderhebungen und Funddaten von InfoSpezies komplettieren. Obwohl die Genetik bei Flechten durch die Anwesenheit von Algen und Pilzen komplexer ist als bei Pflanzen, gibt es bereits etablierte Abläufe zu Umweltproben-Analysen (eDNA), welche Untersuchungen aus Sporenfallen ermöglichen. Die Methoden werden laufend verbessert, kostengünstiger und unabhängig von Labors zugänglich gemacht, so dass sie zukünftig eine gute Ergänzung sein werden (vgl. auch Csencsics und Gugerli 2017). Genetische Methoden können auch eingesetzt werden, wenn bspw. Pilze nur während einem kurzen saisonalen Zeitfenster auffindbar sind und die Beprobung über eine längere Periode mit Sporenfallen durchgeführt werden kann.

Effektive Wirkungskontrollen und Monitoring in Auen fokussieren nicht nur auf die bekannten, mobilen Tiere wie die Forelle (*Salmo trutta*) oder Vögel wie Flussregenpfeifer oder Flussuferläufer. Das Spektrum von Zielarten sollte um nicht mobile Organismen erweitert werden, da diese viele Vorteile bieten, wenn Felderhebungen zu speziellen saisonalen Bedingungen durchgeführt werden müssen, bspw. ausserhalb von Brutzeiten oder bei Niedrigwasser im Frühling. Die weniger häufigen, nicht mobilen Indikatorarten können so stellvertretend für Tiere, Pflanzen und Pilze die Qualität eines Lebensraumes im Auenperimeter beurteilen.

Für alle Zielarten einer Wirkungskontrolle ist eine gute Ersterfassung vor den geplanten Revitalisierungs-Massnahmen wichtig. Bei einer solchen Felderhebung werden naturschutzrelevante Werte erfasst und Informationen zum Zustand des Einzugsgebietes sowie der Vernetzung eingeholt. Sie sind eine wichtige Basis zum Verständnis

der Besiedlungsprozesse, die nach einer Revitalisierung ablaufen. Von grosser Bedeutung ist, dass gefährdete und seltene Arten, die bereits an einem Standort existieren, nicht durch eine geplante Massnahme bedrängt werden, wie bei Aufweitung, bei denen Zielarten zugunsten einer Dynamisierung des Fliessgewässers aufgegeben werden. Als Ersatzmassnahmen bieten sich allenfalls Umsiedlungen an, die bereits erfolgreich bei der oben beschriebenen Kleinen Astflechte durchgeführt wurden.

Monitoring von naturnahen, vielfältigen Auenlandschaften sind wichtig, um die Standortanforderungen von Zielarten zu analysieren. Bei Flussauen können einzelne Störungseignisse wie Überschwemmungen zu grossen Habitatveränderungen und lokalem Aussterben von Zielarten führen. Modelle unter Berücksichtigung von Klimaveränderungen prognostizieren ein häufigeres Auftreten von solchen Extremereignissen, was die Wichtigkeit von Auenschutz zur Sicherung der aktuellen Bestände unterstreicht. Monitorings können schleichende Veränderungen frühzeitig mit Hilfe von Indikatoren sichtbar machen. Daher eignen sich spezialisierte, nicht mobile Organismen wie spezialisierte Flechten und Pflanzen als Frühwarnsysteme für unzureichende Flussdynamik, Habitatfragmentierung und -veränderungen.

Verdankungen:

Wir danken Romy Wöllner, Andrea Wiedmer, Mirjam Schibler und Nina Pagani für die Mithilfe bei den Untersuchungen im Feld. Steffen Boch danken wir für Kommentare zu diesem Artikel.

Literaturverzeichnis:

Breitenmoser T [2014] Flechtenvorkommen in Grauerle-nauen im Kanton Graubünden. BSc-Arbeit, ETH Zürich und WSL.

Csencsics D, Gugerli F [2017] Naturschutzgenetik. Forum für Wissen 2017, WSL Birmensdorf vol 60.

Delarze R, Eggenberg S, Steiger P, Bergamini A, Fivaz F, Gonseth Y, Guntern J, Hofer G, Sager L, Stucki P [2013] Liste Rouge des habitats de Suisse et Liste des habitats prioritaires de Suisse. Office fédéral de l'environnement OFEV, Bern

Delarze R, Gonseth Y, Eggenberg S, Vust M [2015] Lebensräume der Schweiz : Ökologie, Gefährdung, Kennarten, 2. vollständig überarbeitete Auflage. Ott, Thun

Fink S, Döring M, Franca M J, Martin Sanz E, Nadyeina O, Robinson C, Schleiss A, Scheidegger C [2017] Dynamik und Biodiversität in Auen. Vol Merkblatt 5. Bundesamt für Umwelt, BAFU, Bern

Fink S, Scheidegger C [2018] Effects of barriers on functional connectivity of riparian plant habitats under climate change *Ecological engineering* 115:75-90

Frey E [1975] Beitrag zur Flechtenflora und -vegetation des Unterengadins zwischen Scuol [Schuls] und Martina [Martinsbruck]. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung des schweizerischen Nationalparks:286-333

Lachat T, Pauli D, Gonseth Y, Klaus G, Scheidegger C, Vittoz P, Walter T [2010] Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900 : ist die Talsohle erreicht? Bristol-Schriftenreihe. Haupt, Bern

Nadyeina O, Zarabska-Bozejewicz D, Wiedmer A, Cornejo C, Scheidegger C [2017] Polymorphic fungus-specific microsatellite markers of *Bactrospora dryina* reveal multiple colonizations of trees. *The Lichenologist* 49:561-577

Rust-Dubié C, Schneider K, Walter T [2006] Fauna der Schweizer Auen : Eine Datenbank für Praxis und Wissenschaft. Bristol-Schriftenreihe. Haupt, Bern

Scheidegger C, Werth S, Gostner W, Schleiss A, Peter A [2012] Förderung der Dynamik bei Revitalisierungen. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie, Merkblatt 1

Stofer S et al. [2008] SwissLichens - Webatlas der Flechten der Schweiz / Modul Verbreitung [Version 2, 19.08.2020]. www.swisslichens.ch.

Streit A [2018] Vorkommen von *Arthonia cinnabarina* auf *Fraxinus excelsior* in den Hartholzauenwälder des Einzugsgebiets der oberen Töss [ZH, Schweiz]. Universität Bern

Vonwiller L, Weitbrecht V, von Pfuhlstein M, Boes R [2010] Flussbauliches Monitoring am Flaz - Hydraulische 2D-Modellierung und ökologische Bewertung. *Wasser Energie Luft* 102:5

Walter A, Stofer S [2011] Bestandesaufnahme der *Ramalina dilacerata* im Unterengadin im Rahmen einer Bachelorarbeit. *Meylania* 47:19-23

Werth S, Weibel D, Alp M, Junker J, Karpati T, Peter A, Scheidegger C [2011] Lebensraumverbund Fliessgewässer: Die Bedeutung der Vernetzung. *Integrales Flussgebietsmanagement, Sonderdruck Wasser Energie Luft* 103:10-20

Wittenberg R [ed] [2006] Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Eine Übersicht über gebietsfremde Arten und ihre Bedrohung für die biologische Vielfalt und die Wirtschaft in der Schweiz Vol 0629. *Umwelt Wissen*, Bern

Kontaktdaten:

Sabine Fink
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf ZH
sabine.fink@wsl.ch
044 739 28 36



Sabine Fink

Christoph Scheidegger
Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf ZH
christoph.scheidegger@wsl.ch
044 739 24 39



Christoph Scheidegger



Wildblumen?

Lassen Sie sich Ihre Fragen be**Antworten.** 044 879 17 19

