

## NATURSCHUTZPLANUNG FÜR FLIESSGEWÄSSER-AUEN UNTER KLIMAWANDEL

SABINE FINK, CHRISTOPH SCHEIDEGGER

Auenlandschaften wurden durch Landnutzung und Flussverbauungen stark eingeschränkt und sind nun durch den Klimawandel einer weiteren Störungskomponente ausgesetzt. Für die Planung von Renaturierungen entlang von Einzugsgebieten ist es wichtig zu wissen, wie sich Szenarien zu verändertem Temperatur- und Niederschlagsregime auf die Verbreitung von typischen Auenpflanzen des Auenweidengebüschs (*Salicion elaeagni*), Weichholz-Auenwaldes (*Salicion albae*) und des Hartholz-Auenwaldes (*Fraxinion*) auswirken. Lebensraummodelle ermöglichen es mit Hilfe von Simulationen zur Ausbreitung der Arten von heutigen Standorten aus in zukünftig verfügbare Lebensräume, Voraussagen zu Refugien in einem Einzugsgebiet zu machen. Die Ergebnisse sind als Ergänzung zu Monitoring-Programmen und Forschungsprojekten bei der Priorisierung der Nutzung des limitierten Raumes entlang der Fließgewässer nützlich.

### Auenschutz in der Schweiz

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts sind fast 90% der Auenlandschaften in der Schweiz verschwunden. Um die verbleibenden Auen zu erhalten, wurde 1992 die Verordnung zum Schutz von Auengebieten von nationaler Bedeutung in Kraft gesetzt. Im dazugehörigen Inventar sind vielfältige Auenobjekte – von alpinen Schwemmflächen über See-Auen bis hin zu Auen entlang von

großen Fließgewässern – aufgeführt (BUNDESAMT FÜR UMWELT 1992).

Seit der zweiten Revision des Aueninventars 2017 sind 326 Objekte inventarisiert, welche auf einem Anteil von 0,7% der Landesfläche vielfältige Ökosystemleistungen übernehmen und Lebensraum für eine Vielzahl an Arten bieten. Eine Erhebung hat ergeben, dass viele Auen von nationaler Bedeutung einen großen Aufwertungsbedarf haben, allen voran die Fließgewässer-Auen

(BUNDESAMT FÜR UMWELT 2020). Zusätzlich sind die an Fließgewässer gebundenen Lebensräume vom Klimawandel unmittelbar betroffen, wie Berechnungen für hydrologische Szenarien für Ende des Jahrhunderts zeigen (BUNDESAMT FÜR UMWELT 2021).

Um langfristig nachhaltige Aufwertungen zu planen, ist es entscheidend zu wissen, ob Fließgewässer-Auen auch in Zukunft Lebensraum für typische Organismen bieten. Besonders wichtig ist dies für sessile



Abb. 1: Lebensraum der Pflanzengemeinschaft Auenweidengebüsch am alpinen Fluss Moesa (Zubringer zum Ticino) bei Cabbio (Kanton Graubünden) mit einer Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) im Vordergrund. (Foto: Sabine Fink)

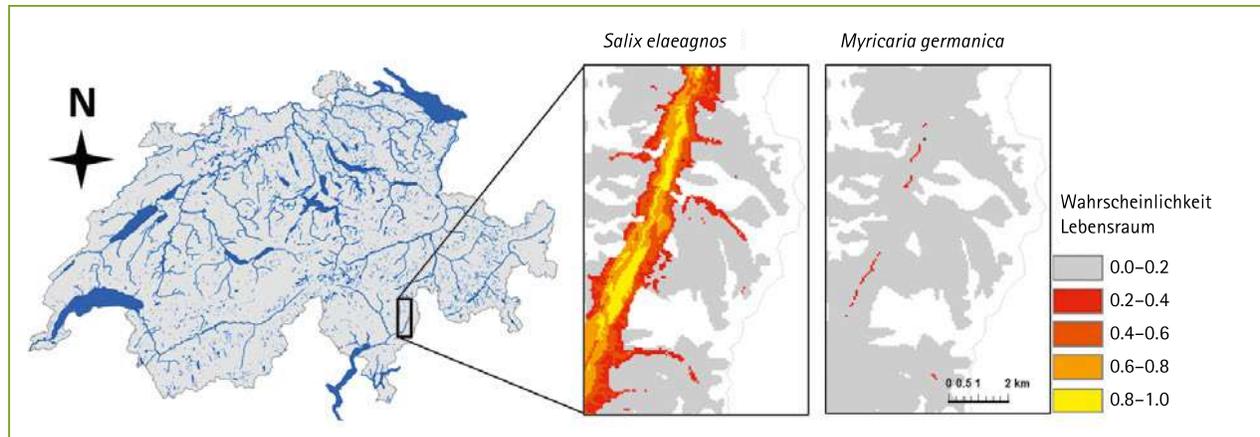


Abb. 2: Modellierter zukünftiger Lebensraum für zwei Pflanzenarten, Lavendel-Weide (*Salix elaeagnos*) und Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*), der Pflanzengemeinschaft Auenweidengebüsch am alpinen Fluss Moesa (Fließrichtung Nord nach Süd), einem Zubringer des Ticino. Während für *S. elaeagnos* in Zukunft (2090–2100) unter Klimawandel viel Lebensraum vorausgesagt wird (orange-gelb entspricht hoher Wahrscheinlichkeit), wird für *M. germanica* nur wenig Habitat verfügbar sein (grau bis dunkelrot entspricht tiefer Wahrscheinlichkeit). Ein Pixel im Modell entspricht einer Fläche von 100 x 100 m. Modifiziert nach FINK und SCHEIDEGGER 2018.

Organismen wie Pflanzen, welche bereits jetzt durch wiederkehrende extreme Ereignisse, wie bspw. Hochwasser, lokal vom Aussterben bedroht sind, wenn die Lebensräume ungenügend vernetzt sind, um Wiederbesiedlungen zu ermöglichen. In alpinen bis hin zu tieferen Höhenlagen sind in der Schweiz vor allem die gefährdeten Auenweidengebüsche (*Salicion elaeagni*) (DELARZE et al. 2013) mit der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*), Sanddorn (*Hyppophaë rhamnoides*) und verschiedenen Weidenarten (*Salix daphnoides*, *S. elaeagnos*, *S. triandra*) im Fokus von Renaturierungsprojekten (DELARZE UND GONSETH 2015, siehe Abb. 1). Die Pflanzengemeinschaft ist auf dynamische Fließgewässer angewiesen und übernimmt zugleich eine wichtige Rolle in der Stabilisierung von Kiesbänken und Ufern (DELARZE UND GONSETH 2015).

### Modelle zeigen Zusammenhänge auf

Modelle, welche die Nische der Pflanzen unter klimatischen, geologischen und topographischen Bedingungen beschreiben, ermöglichen es uns, das Schicksal von Arten in Auen unter Klimawandel-Bedingungen vorauszusagen. Zuerst wird dazu ein Lebensraummodell erstellt, das die Zusammenhänge zwischen den georeferenzierten Fundmeldungen der Pflanzen in der ganzen Schweiz und Umweltinformationen ihres Lebensraumes statistisch herstellt. So zeigt sich beispielsweise, dass eine Pflan-

zenart nur bei bestimmten Temperaturen oder Niederschlagsregimes vorkommt oder besondere Anforderungen an den Boden hat, wie zum Beispiel Wasserdurchlässigkeit oder Kalkgehalt.

Im zweiten Schritt wird die potentielle zukünftige Verbreitung der Art unter den veränderten Temperatur- und Niederschlagsregimes vorausgesagt. Dazu wird der Zusammenhang aus dem zuvor beschriebenen Lebensraummodell auf zukünftige Klimaszenarien angewandt, so dass das Potential für zukünftige Habitate abgeschätzt werden kann. Die Qualität des potentiellen zukünftigen Lebensraumes für die Pflanze wird zum Beispiel stark vermindert, wenn die Erwärmung (beispielsweise mittlere Jahrestemperatur) den maximalen Wert der aktuellen Vorkommen einer Art übersteigt.

Die Voraussagen für die typischen Arten des Auenweidengebüsches in der dynamischen Zone von alpinen Flüssen zeigen, dass für die Pflanzen sehr unterschiedliche Habitatverfügbarkeiten zu erwarten sind (Abb. 2, vgl. FINK UND SCHEIDEGGER 2018). Während für einige Weidenarten wie beispielsweise *Salix elaeagnos* unter Klimawandel (Voraussetzung starke Temperaturzunahme und Niederschlag saisonal verändert, Szenario ohne Klimaschutz gemäß dem fünften Bericht des IPCC (2014) und der Berechnung nach CORDEX) in der Modellierung auch in Zukunft viele Nischen vorausgesagt werden, wird für die eng an die Fließgewässerdyna-

mik gebundene Art *Myricaria germanica* der Lebensraum gemäß den Vorhersagen in Zukunft noch knapper. Dieses Resultat unterstreicht die Wichtigkeit einer Planung zur Erhaltung der typischen Auenarten.

Nach Erstellen von Potentialkarten, die den aktuellen und zukünftigen Lebensraum abbilden, können Simulationen zeigen, wie sich die Pflanzen ausgehend von heutigen Vorkommen durch Wind, Wasser oder Tiere entlang von Fließgewässern ausbreiten und die potentiellen Lebensräume besiedeln könnten. Das Ausbreitungs- und Überlebenspotential von Pflanzen unter veränderten Umweltbedingungen kann eingeschätzt, und die Vernetzung zwischen aktuellen Schutzgebieten wie Auen von nationaler Bedeutung und möglichen zukünftigen Habitaten sichtbar gemacht werden.

### Lebensraum in Auengebieten von nationaler Bedeutung

Auen von nationaler Bedeutung entlang von Fließgewässern benötigen Aufwertungen, da u.a. Defizite im Sedimentregime oder bei der Landnutzung bekannt sind (BUNDESAMT FÜR UMWELT 2020). Die geschützten Auengebiete wurden nun erstmals mit Vegetationsanalysen im Rahmen eines nationalen Monitorings untersucht (PROJEKT WIRKUNGS-KONTROLLE BIOTOPSCHUTZ SCHWEIZ, BERGAMINI et al. 2020). Auch Potentialkarten können Informationen liefern, ob innerhalb der geschützten Auenperimeter Lebensraum für



Abb. 3: Lebensraum der Pflanzengemeinschaft Weichholz-Auenwald im Auengebiet von nationaler Bedeutung „Rhäzünser Rheinauen“ (Kanton Graubünden) am Hinterrhein. (Foto: Christoph Scheidegger)

die Arten vorhanden ist und ob diese Gebiete das Überleben von gefährdeten Arten ermöglichen.

Für das Schweizer Tiefland ist in Auen von nationaler Bedeutung die Pflanzengemeinschaft des Weichholz-Auenwalds (*Salicion albae*) im Fokus, bspw. bei Flussaufweitung (ROHDE 2005). Dieser Waldtyp ist

einer starken Flusssdynamik ausgesetzt und besteht daher aus einer Gemeinschaft von verschiedenen Weiden- (*Salix alba*, *S. fragilis*, *S. myrsinifolia*, *S. purpurea*, *S. triandra*, *S. viminalis*) und Pappelarten (*Populus alba*, *P. nigra*), welche an jährlich wiederkehrende Hochwasser angepasst sind (DELARZE et al. 2013, DELARZE UND GONSETH 2015, siehe Abb. 3).

Einen hohen ökologischen Wert hat der Weichholz-Auenwald aufgrund seiner Bedeutung für uferbrütende Vögel, die in Hohlräumen der Bäume Nistplätze finden, und auch für holzbewohnende Insekten (DELARZE UND GONSETH 2015). Der Lebensraum ist aufgrund der Regulierungen der Fließgewässer gefährdet (DELARZE UND GONSETH 2015), und auch nach Renaturierungen dauert es mindestens fünfzehn Jahre, bis sich die typische Lebensraumgemeinschaft einstellt (WERTH et al. 2012). Daher ist es für die Planung von Renaturierungen innerhalb und außerhalb von Auengebieten von nationaler Bedeutung wichtig zu wissen, ob die Arten auch unter veränderten klimatischen Bedingungen geeignete Lebensraumbedingungen finden.

Die Pflanzengemeinschaft *Salicion albae* ist in den großen Einzugsgebieten (Inn, Rhein, Rhône, Ticino) in isolierten Lebensräumen verbreitet. In diesen Einzugsgebieten werden auch die unter aktuellen und zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsregimes modellierten Habitate vorausgesagt (FINK UND SCHEIDEGGER 2021). Modelle unter Berücksichtigung von extremem Klimawandel, ohne Klimaschutz, CO<sub>2</sub>-Äquivalenzkonzentration RCP 8.5, (siehe IPCC 2021) und moderatem Klimawandel mit Klimaschutz, CO<sub>2</sub>-Äquivalenzkonzentration RCP 4.5, zeigen für typische Pflanzenarten des Weichholz-

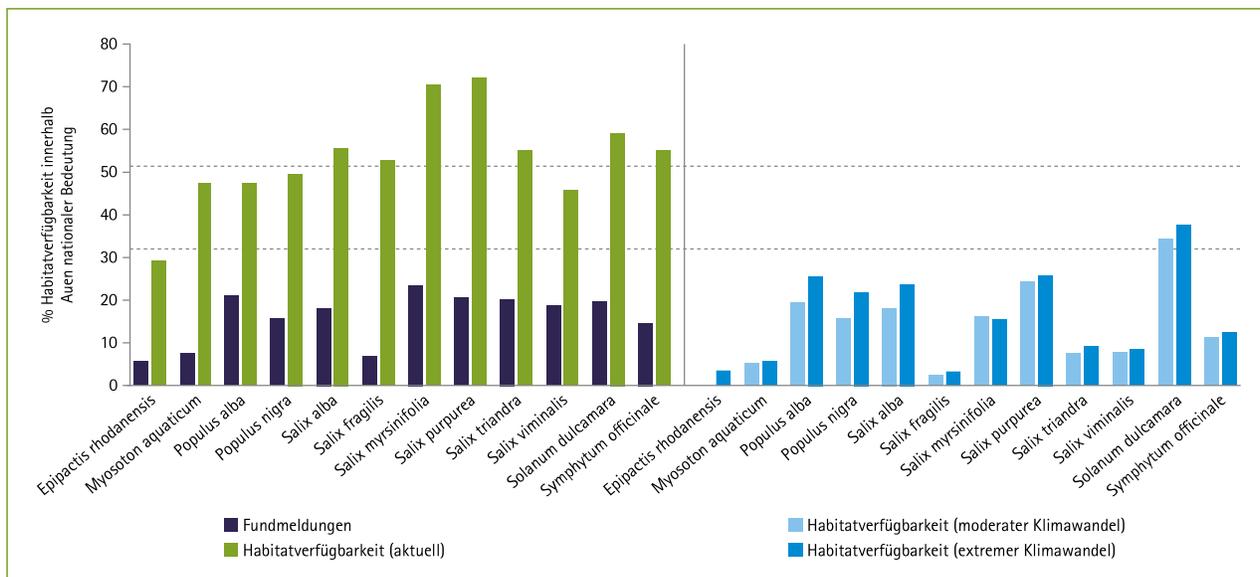


Abb. 4: Habitatverfügbarkeit für typische Pflanzenarten des Weichholz-Auenwaldes innerhalb der Auengebiete von nationaler Bedeutung in der Schweiz. Links: Auf weniger als 30% der Fläche innerhalb der Auenperimeter sind die Arten gemeldet worden, aber das Modell sagt eine größere Fläche an möglichem Lebensraum voraus. Rechts: Voraussagen des verfügbaren Lebensraumes unter moderaten und extremen Klimaveränderungen zeigen, dass deutlich weniger Habitate innerhalb der Auen von nationaler Bedeutung verfügbar sein werden. Modifiziert nach FINK und SCHEIDEGGER 2021.

Auenwälder, dass die Habitatverfügbarkeit innerhalb der heutigen Schutzgebiete in Zukunft abnimmt (Abb. 4, siehe auch in FINK UND SCHEIDEGGER 2021). Abhängig von den individuellen Ansprüchen an den Lebensraum ist die Abnahme der Habitatverfügbarkeit innerhalb der Auen von nationaler Bedeutung unterschiedlich stark, bspw. auch zwischen verschiedenen Weidenarten (Abb. 4). Für die Naturschutzplanung zur Erhaltung des Weichholz-Auenwaldes muss berücksichtigt werden, dass viele Pflanzenvorkommen zukünftig nicht mehr an den gleichen Fundorten zu erwarten sind.

### Zeitlich beschränkte Lebensräume oder langfristige Refugien

Bei der langfristigen Planung zur Habitatverfügbarkeit für typische Arten der Auenvegetation sind räumlich explizite Potentialkarten hilfreich, damit zeitlich beschränkte Habitate von langfristigen Lebensräumen unterschieden werden können. Letztere bilden wichtige Refugien, welche den Pflanzenarten ermöglichen, auch unter extremen Klimaveränderungen an geeigneten Standorten zu bestehen. Dies ist besonders für Lebensräume mit Wiederkehrzeiten von mehreren Dekaden wichtig, wie bspw. den Hartholz-Auenwald mit über 30 Jahren Entstehungszeit (WERTH et al. 2012).

Für den Hartholz-Auenwald (*Fraxinion*) in der Schweiz typische Arten sind Seggen (*Carex brizoides*, *C. pendula*, *C. remota*, *C. strigosa*) sowie der Riesenschachtelhalm (*Equisetum telmateia*, in DELARZE UND GONSETH 2015). Auch Arten auf der Roten Liste der Gefäßpflanzen bspw. *Malaxis monophyllos* und *Ulmus laevis* sind charakteristisch für den Hartholz-Auenwald (DELARZE UND GONSETH 2015, siehe Abb. 5). Viele seltene Pflanzenarten sind an die Lebensraumbedingungen im Hartholz-Auenwald angepasst und daher durch die Fragmentierung der Lebensräume und die Waldnutzung beeinträchtigt (DELARZE UND GONSETH 2015).

Hartholz-Auenwälder sind Lebensräume mit einer hohen Strukturvielfalt und einer hohen Biodiversität, aber sie sind in der Schweiz nur noch selten mit einer funktionalen Auendynamik vernetzt und daher stark gefährdet (DELARZE et al. 2013). Wei-



Abb. 5: Hartholz-Auenwald (*Fraxinion*) an der Mündung der Rhône in den Genfersee im Auengebiet von nationaler Bedeutung „Les Grangettes“ (Kanton Waadt). (Foto: Sabine Fink)

ter sind isolierte Habitate, die nicht mehr an die Auendynamik angebunden sind, von Absenkungen des Grundwassers betroffen (DELARZE UND GONSETH 2015). Als wichtige Lebensräume des Europäischen Smaragd-Netzwerkes sind Hartholz-Auenwälder – wie auch Weichholz-Auenwälder – besonders schützenswerte Habitate (DELARZE et al. 2003).

Um abzuschätzen, welche Regionen langfristig stabile Lebensräume und für Pflanzen des *Fraxinion* Refugien bieten, kann die Habitatverfügbarkeit unter verschiedenen Klimaszenarien verglichen werden. Für die Arten der Roten Liste ist die Habitatverfügbarkeit in Zukunft kleiner als unter aktuellen klimatischen Bedingungen, und viele Lebensräume könnten unter Bedingungen des Klimawandels nicht langfristig besiedelt werden (Abb. 6). Bei der Planung von Renaturierungen in einem Einzugsgebiet kann diese Information genutzt werden: Am Beispiel der Rhône müsste für die vier untersuchten Arten (Abb. 6) der Fokus auf dem Mündungsgebiet liegen, da dort Refugien für einen Teil der Arten vorausgesetzt sind. Für die bereits auf der Roten Liste verzeichneten Arten, für welche die Habitatverfügbarkeit in Zukunft abnehmen könnte, müsste die Naturschutzplanung auf einer aktuellen Förderung der Art liegen, um

bestmögliche Voraussetzungen für resilientere Bestände für die Zukunft zu schaffen.

### Einschränkungen bei der Anwendung der Lebensraummodelle

Lebensraummodelle sind Voraussagen, die langfristige Monitoring-Programme und Felddaufnahmen im Rahmen von Projektarbeiten ergänzen können. Bei großräumigen Planungen bspw. auf Einzugsgebietsebene sind lückenlose Vegetationskartierungen aller Auenlebensräume nicht zu bewältigen. Da bieten Lebensraummodelle basierend auf Informationen aus Datenbanken gute Alternativen.

In der Schweiz werden Funddaten im Schweizerischen Informationszentrum für Arten gesammelt und können für Projektplanungen bezogen werden ([www.infospecies.ch](http://www.infospecies.ch)). Da die Informationszentren viele Daten von freiwilligen Mitarbeitenden wie auch von Forschungsprojekten enthalten, muss vor der Anwendung der Daten in Modellen eine unabhängige Datenkontrolle erfolgen. Die Verwendung der Fundkoordinaten in Forschungsprojekten bietet auch eine große Chance, die von Freiwilligen erarbeitete Leistung sichtbar zu machen und die Bevölkerung für Artenaufnahmen zu gewinnen.

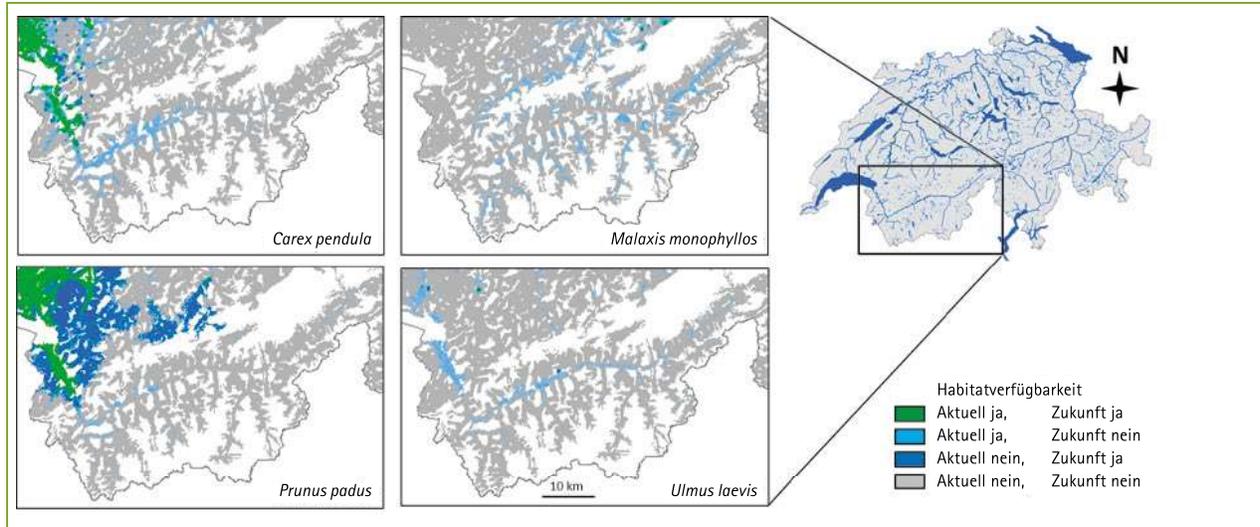


Abb. 6: Vorausgesagte Veränderungen in der Habitatverfügbarkeit für vier Arten der Pflanzengemeinschaft Fraxinion entlang dem Fluss Rhône (Fließrichtung Nord-Ost nach Westen), bis zur Mündung in den Genfersee. Für zwei Arten, *Carex pendula* und *Prunus padus*, sind Refugien vorausgesagt, die das längerfristige Bestehen der Art auch unter Klimawandel ermöglichen könnten. Für *Malaxis monophyllos* und *Ulmus laevis* ist die Habitatverfügbarkeit entlang der Rhône und ihren Zubringerflüssen nur unter aktuellen Klimabedingungen vorausgesagt. Ein Pixel im Modell entspricht einer Fläche von 100x100 m. Modifiziert nach FINK und SCHEIDEGGER 2021.

Bei den vorgestellten Lebensraummodellen handelt es sich um statistische Modelle, deren Güte und Abweichungen mit berechnet werden. Wie bei allen Modellen sind die berechneten Zusammenhänge abhängig davon, welche Faktoren zur Beschreibung des Habitats angewandt wurden. In den hier beschriebenen Beispielen sind klimatische, geologische und topographische Faktoren berücksichtigt worden, die nicht direkt durch Bewirtschaftung beeinflussbar sind. Pflanzen in Auengebieten sind stark von der Flussdynamik abhängig, welche in den vorliegenden Studien nicht direkt berücksichtigt wurde, aber über die Topographie wie bspw. Gefälle indirekt zur Beschreibung des Lebensraumes im Modell beitragen. Mit der Publikation von hydrologischen Szenarien unter verschiedenen klimatischen Entwicklungen (BUNDESAMT FÜR UMWELT 2021) steht für die Schweiz seit diesem Jahr ein Datensatz zur Verfügung, der zukünftige Lebensraummodelle verbessern könnte.

### Lebensraummodelle als Chance, die Nische zu charakterisieren

Großräumige Lebensraummodelle basierend auf klimatischen, geologischen und topographischen Faktoren führen sicher zu

einer Überbewertung des effektiv verfügbaren Habitats, da sie wichtige Standortfaktoren (bspw. Mikroklima) nicht berücksichtigen, die für kleinräumige Vorkommen von Arten wesentlich sind. So wird beispielsweise die Sonneneinstrahlung am Wuchsort oder die Bewirtschaftung im Lebensraum einer einzelnen Pflanze nicht in den vorliegenden Modellen erfasst. Diese Anforderungen an das Habitat müssen als zusätzliche Faktoren oder Maßnahmen beschrieben werden, die innerhalb von möglichen verfügbaren Habitats vorhanden sein oder angewendet werden müssen.

Wichtig für das Überleben einer Pflanze ist auch die Konkurrenz durch andere Pflanzenarten oder die Einbindung in Lebensgemeinschaften mit anderen Organismen. Für einige Arten von Flechten, die Indikatoren für autochthone Auenwälder sind (Abb. 7), konnten die Lebensraummodelle mit Daten zur Waldstruktur entscheidend verbessert werden (DYMUTOVA et al. 2016). Für Pilze in Fließgewässernähe ist es jedoch gelungen, ohne Informationen zu typischen Wirtspflanzen Potentialkarten zu erstellen, unter anderem auch für stark von Wirtspflanzen abhängige Mykorrhizapilze (FINK et al. 2021).

Lebensraummodelle ermöglichen durch die Berechnung von Zusammenhängen und durch Rückschlüsse auf die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren im Modell, die Nische der untersuchten Art besser zu verstehen. Bei schlecht identifizierbaren oder nur saisonal sichtbaren Arten, wie z. B. Pilze in Auenlandschaften, können Fundmeldungen von diversen Jahren gemeinsam in einem Modell analysiert neue Erkenntnisse liefern. Wenn eine Art noch wenig bekannt oder die Vorkommen in einem Habitat relativ neu sind (beispielsweise eingewanderte Arten), können Lebensraummodelle basierend auf Fundorten in anderen Regionen Zusammenhänge aufzeigen. Dies ist eine Chance, die Nische von Neobiota in Auenlandschaften zu erkennen, wie von BEENKEN UND SENN-IRLET (2016) für Neomyceten beschrieben.

Bei vielen Renaturierungsprojekten wird das Management von Neobiota bereits bei der Planung berücksichtigt. Die mögliche Veränderung der Pflanzengemeinschaften durch den Klimawandel hingegen ist noch wenig bekannt. Für die langfristige Planung sind Szenarien wichtig, um die Resilienz der typischen Auenarten gegenüber Klimaveränderungen abzuschätzen und rechtzeitig unterstützende Maßnahmen zur Erhaltung der hohen Biodiversität in Auenlebensräumen treffen zu können.

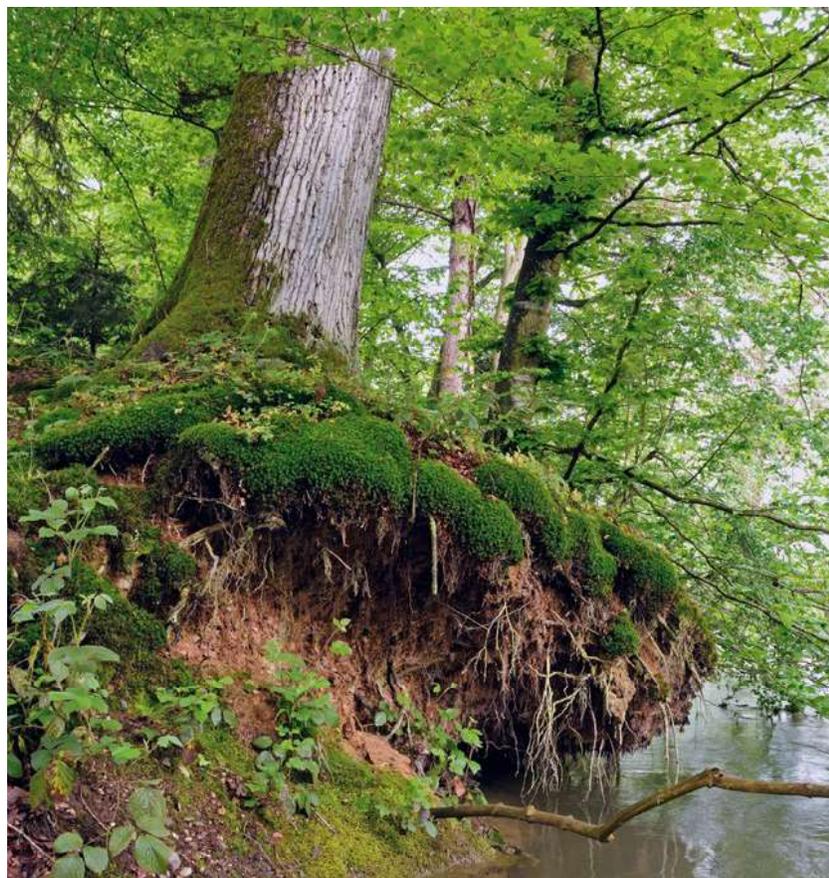


Abb. 7: Die Eichenstabflechte (*Bactrosphora dryina*) sichtbar in weiß an der vom Regen abgewandten Seite an einer alten Eiche in einem autochthonen Hartholz-Auenwald (Frauenthal, Kanton Zug). (Foto: Christoph Scheidegger)

#### Kontakt:

Die beschriebenen Analysen wurden im Rahmen vom Forschungsprogramm „Wasserbau und Ökologie“ mit Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt durchgeführt. Weitere Informationen unter [www.rivermanagement.ch](http://www.rivermanagement.ch).

Dr. Sabine Fink

Prof. Dr. Christoph Scheidegger  
Eidg. Forschungsanstalt für Wald,  
Schnee und Landschaft (WSL)  
Zürcherstrasse 111  
8903 Birmensdorf, Schweiz  
[sabine.fink@wsl.ch](mailto:sabine.fink@wsl.ch)  
+41 44 739 28 36

#### Literatur

- BEENKEN, L., SENN-IRLET B. (2016): Neomyzeten in der Schweiz. Stand des Wissens und Abschätzung des Schadpotentials der mit Pflanzen assoziierten gebietsfremden Pilze. WSL, Birmensdorf.
- BERGAMINI, A., GINZLER, C.; SCHMIDT, B.R., BELLADOLLA, A., BOCH, S., ECKER, K., GRAF, U., KÜCHLER, M., DOSCH, O., HOLDEREGGER, R. (2020): Wie verändern sich die Biotope von nationaler Bedeutung? Resultate aus der Ersterhebung der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz. *Natur & Landschaft: Inside (KBNL)* 20(1): 12–16; <https://biotopschutz.wsl.ch>
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (2020): Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung – Stand und Handlungsbedarf. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT (2021): Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer. *Hydrologie, Gewässerökologie und Wasserwirtschaft*. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BUNDESRAT DER SCHWEIZ (1992): Verordnung über den Schutz der Auengebiete von nationaler Bedeutung (Auenverordnung). SR 451.31
- DELARZE, R., BERGAMINI, A., EGGENBERG, S., VON GUNTERN, J., HOFER, G., SAGER, L., STEIGER, P., STUCKI, P. (2013): Liste Rouge des habitats de Suisse et Liste des habitats prioritaires de Suisse. Office fédéral de l'environnement OFEV.
- DELARZE, R., CAPT, S., GONSETH, Y., GUIBAN A. (2003): Smaragd-Netz in der Schweiz – Ergebnisse der Vorarbeiten. *Schriftenreihe Umwelt* Nr. 347. BUWAL, Bern.
- DELARZE, R., GONSETH, Y. (2015): Lebensräume der Schweiz : Ökologie, Gefährdung, Kennarten. 2., vollst. überarb. Aufl. Ott, Thun.
- DYMYTROVA, L., STOFER, S., GINZLER, C., BREINER, F., SCHEIDEGGER, C. (2016): Forest-structure data improve distribution models of threatened habitat specialists: Implications for conservation of epiphytic lichens in forest landscapes. *Biological Conservation* 196:31–38.
- FINK, S., GROSS, A., SENN-IRLET, B., SCHEIDEGGER, C. (2021): Citizen science data predict high potential for macro-fungal refugia outside protected riparian areas. *Fungal Ecology* 49:100981.
- FINK, S., SCHEIDEGGER, C. (2018): Effects of barriers on functional connectivity of riparian plant habitats under climate change. *Ecological engineering* 115:75–90.
- FINK, S., SCHEIDEGGER, C. (2021): Changing climate requires shift from refugia to sanctuaries for floodplain forests. *Landscape Ecology* 36:1423–1439.
- IPCC (INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (2021): *Climate Change 2021: Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, in press.
- Rohde, S. (2005): Flussaufweitungen lohnen sich! Ergebnisse aus einer Erfolgskontrolle aus ökologischer Sicht. *Wasser Energie Luft* 97:105–111.
- WERTH, S., ALP, M., KARPATI, T., GOSTNER, W., SCHEIDEGGER, C., PETER, A. (2012): Biodiversität in Fließgewässern. *Merklblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie*. BAFU, Bern.