

Blau-grüne Biodiversität erkennen, erhalten und fördern

Erkenntnisse aus
der Forschungs-
initiative «Blue-
Green Biodiversity»
von Eawag
und WSL



Inhalt

Kapitel 1:	Interview: «Der blau-grüne Spirit aus der Forschungsinitiative wird weiterleben»	07
Kapitel 2:	Wasser und Land – eng miteinander verknüpft	12
Kapitel 3:	Zustand und Entwicklung der blau-grünen Biodiversität	21
Kapitel 4:	Eine blau-grüne Erfolgsgeschichte	31
Kapitel 5:	Clevere Städte und Gemeinden schaffen blau-grüne Infrastrukturen	36
Kapitel 6:	Die ökologische Infrastruktur gemeinsam planen und umsetzen	44
Kapitel 7:	Ausblick	53

Weitere Informationen und Hinweis zur zitierten Literatur

Bereits publizierte Forschungsarbeiten aus der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» finden sich in den grünen Boxen. Weitere Publikationen werden laufend auf den Projekt-Websites aufgeschaltet: www.eawag.ch/bgb, www.wsl.ch/bgb

Impressum

Herausgeber

Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» der Eawag (Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs) und der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, ETH-Bereich)

Begleitgruppe

Florian Altermatt (Eawag) und Catherine Graham (WSL) (Co-Projektleitung Forschungsinitiative BGB), Rolf Holderegger (WSL), Manuel Fischer (Eawag)

Koordination

Morgane Brosse

Beteiligte Forschende

Siehe Namensliste S. 55

Autor

Gregor Klaus, Wissenschaftsjournalist, Rothenfluh

Gestaltung und Druck

communicaziun.ch, Ilanz

Empfohlene Zitierweise

Eawag und WSL (Hrsg.) (2024): Blau-grüne Biodiversität erkennen, erhalten und fördern. Erkenntnisse aus der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity». 56 S.

Die vorliegende Publikation liegt auch in französischer Sprache vor.

Die Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» wurde vom ETH-Rat finanziert.

Umschlag: Jael Klaus

Editorial



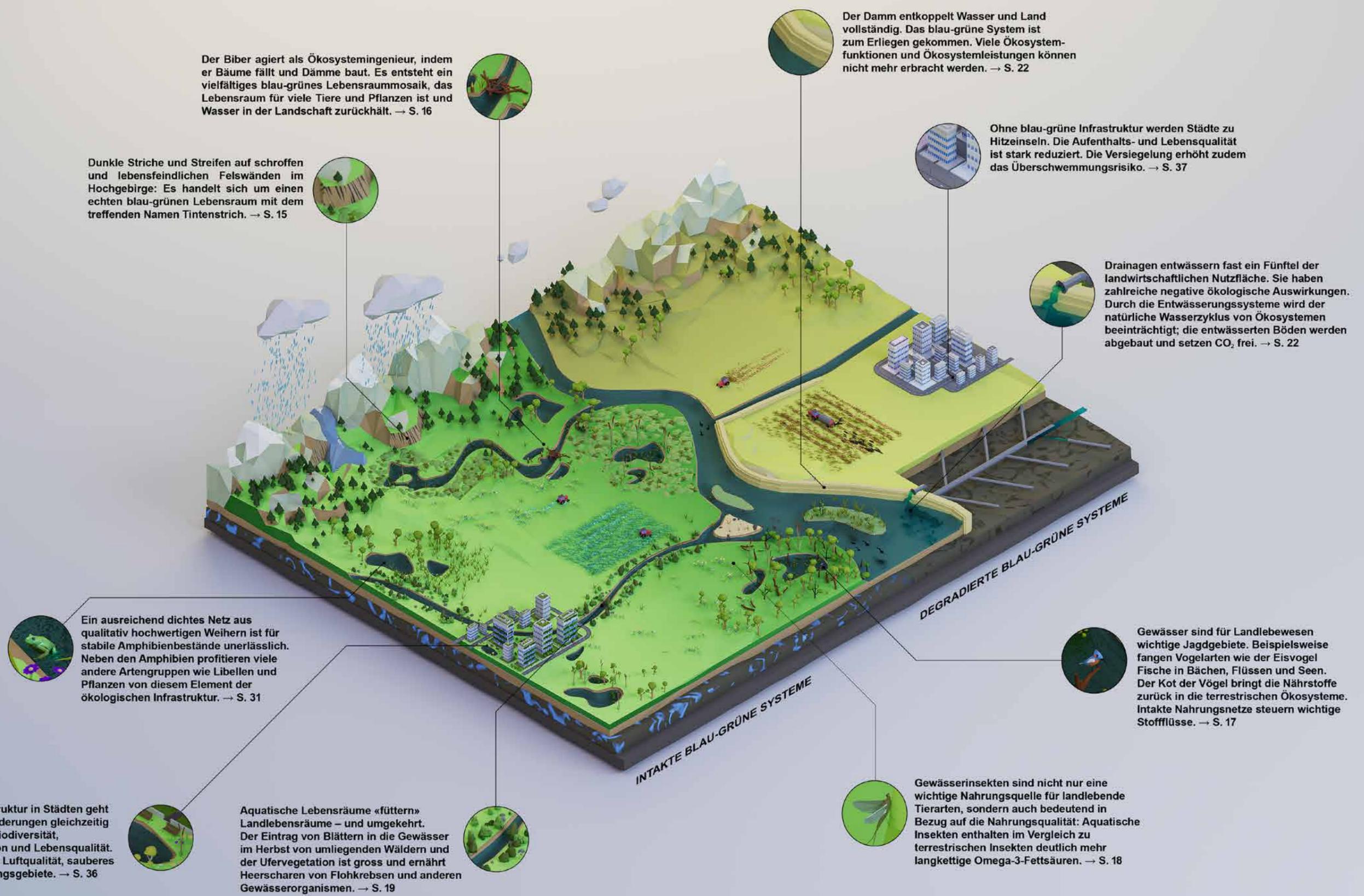
Bodensee-Vergissmeinnicht im Morgentau. Foto Manfred Hertzog

Die Erforschung der Biodiversität und das Verständnis funktionierender Ökosysteme sind unabdingbar für die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. An der Eawag und an der WSL spielt die Biodiversitätsforschung deshalb schon seit langem eine wichtige Rolle. Traditionell fokussiert sich die Eawag dabei vor allem auf die aquatische Biodiversität, die WSL auf die terrestrische. Der Zwischenbereich und die gegenseitige Vernetzung, die «blau-grüne Biodiversität», wurde erst in einigen Projekten untersucht. Mit der vom ETH-Rat geförderten Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity (BGB)» konnten wir diesen Zwischenbereich und die Vernetzung der Biodiversität auf dem Land und im Wasser intensiv studieren. Seit 2020 haben über 60 Forschende von Eawag und WSL

in 24 Projekten untersucht, wie Blau und Grün zusammen gedacht werden müssen – sei dies in Auenlandschaften, im urbanen Raum oder in den Alpen. Wir freuen uns, Ihnen in dieser Broschüre die wichtigsten Resultate der BGB-Initiative zusammengefasst und in einen grösseren Kontext gestellt zu präsentieren. Wir danken allen beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ganz herzlich für die geleistete Arbeit, sei dies als Forscherin, als technischer oder administrativer Mitarbeiter oder in der Vernetzung mit Stakeholdern. Vor allem danken wir ihnen für die offene und konstruktive Zusammenarbeit über die Grenzen unserer Institutionen hinweg. Unsere Umwelt ist ein Kontinuum, und wie auch immer wir das institutionell strukturieren, wird es ein Zusammenarbeiten über institutio-

nelle Grenzen hinweg bedingen, wenn wir unsere Umwelt als Ganzes verstehen wollen. In dem Sinne ist BGB auch ein Rollenmodell dafür, wie wir die Erforschung der Umwelt als Ganzes erfolgreich anpacken können. Wir sind überzeugt, dass wir mit den Ergebnissen der hier vorgestellten BGB-Initiative zu einer fachlich fundierten und sachlichen Auseinandersetzung in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik beitragen, die rund um den Erhalt und die Förderung der Biodiversität stattfindet. In diesem Sinne wünschen wir Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, eine interessante und fruchtbare Lektüre.

Martin Ackermann (Direktor Eawag)
Christoph Hegg (Acting Director WSL)



Der Biber agiert als Ökosystemingenieur, indem er Bäume fällt und Dämme baut. Es entsteht ein vielfältiges blau-grünes Lebensraummosaik, das Lebensraum für viele Tiere und Pflanzen ist und Wasser in der Landschaft zurückhält. → S. 16

Dunkle Striche und Streifen auf schroffen und lebensfeindlichen Felswänden im Hochgebirge: Es handelt sich um einen echten blau-grünen Lebensraum mit dem treffenden Namen Tintenstrich. → S. 15

Der Damm entkoppelt Wasser und Land vollständig. Das blau-grüne System ist zum Erliegen gekommen. Viele Ökosystemfunktionen und Ökosystemleistungen können nicht mehr erbracht werden. → S. 22

Ohne blau-grüne Infrastruktur werden Städte zu Hitzeinseln. Die Aufenthalts- und Lebensqualität ist stark reduziert. Die Versiegelung erhöht zudem das Überschwemmungsrisiko. → S. 37

Drainagen entwässern fast ein Fünftel der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Sie haben zahlreiche negative ökologische Auswirkungen. Durch die Entwässerungssysteme wird der natürliche Wasserzyklus von Ökosystemen beeinträchtigt; die entwässerten Böden werden abgebaut und setzen CO₂ frei. → S. 22

Ein ausreichend dichtes Netz aus qualitativ hochwertigen Weihern ist für stabile Amphibienbestände unerlässlich. Neben den Amphibien profitieren viele andere Artengruppen wie Libellen und Pflanzen von diesem Element der ökologischen Infrastruktur. → S. 31

Gewässer sind für Landlebewesen wichtige Jagdgebiete. Beispielsweise fangen Vögelarten wie der Eisvogel Fische in Bächen, Flüssen und Seen. Der Kot der Vögel bringt die Nährstoffe zurück in die terrestrischen Ökosysteme. Intakte Nahrungsnetze steuern wichtige Stoffflüsse. → S. 17

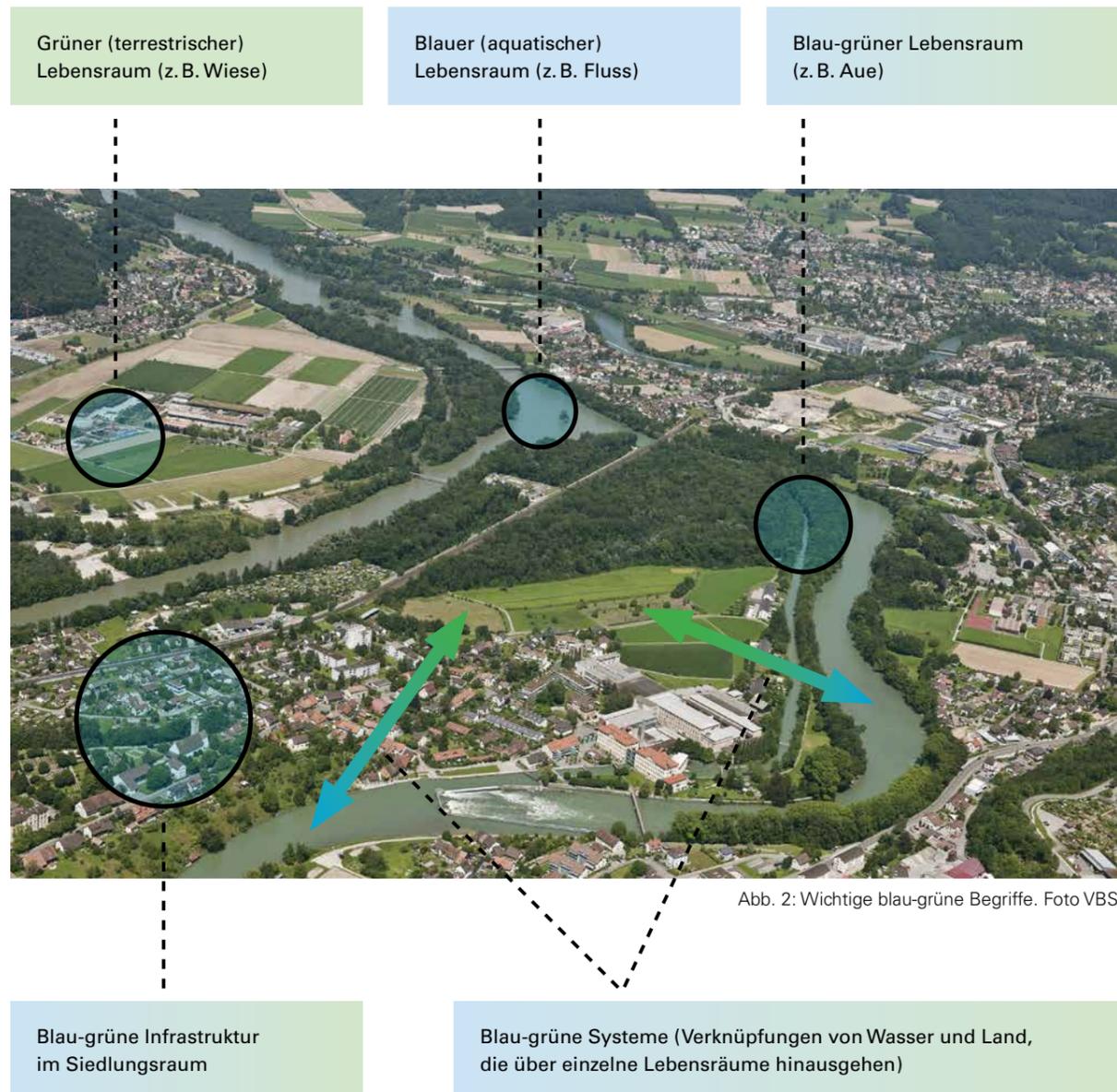
Eine blau-grüne Infrastruktur in Städten geht vier wichtige Herausforderungen gleichzeitig an: Klimaanpassung, Biodiversität, Naturgefahrenprävention und Lebensqualität. Hinzu kommen bessere Luftqualität, sauberes Wasser und Naherholungsgebiete. → S. 36

Aquatische Lebensräume «füttern» Landlebensräume – und umgekehrt. Der Eintrag von Blättern in die Gewässer im Herbst von umliegenden Wäldern und der Ufervegetation ist gross und ernährt Heerscharen von Flohkrebse und anderen Gewässerorganismen. → S. 19

Gewässerinsekten sind nicht nur eine wichtige Nahrungsquelle für landlebende Tierarten, sondern auch bedeutend in Bezug auf die Nahrungsqualität: Aquatische Insekten enthalten im Vergleich zu terrestrischen Insekten deutlich mehr langkettige Omega-3-Fettsäuren. → S. 18

Abb. 1: Die Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» hat spannende und zum Teil überraschende Verflechtungen zwischen Wasser und Land aufgedeckt. In der linken Hälfte der Illustration funktioniert das blau-grüne System. Die rechte Hälfte zeigt eine Landschaft, in der Wasser und Land scharf voneinander getrennt sind. Infografik: VISIMON STUDIO

Blau-grün: Die wichtigsten Begriffe und Definitionen



Kapitel 1

«Der blau-grüne Spirit aus der Forschungsinitiative wird weiterleben»

Ein Gespräch mit Catherine Graham von der WSL und Florian Altermatt von der Eawag über den Innovationswert der BGB-Forschungsinitiative, über die enge Zusammenarbeit zwischen den beiden Forschungsinstituten sowie über blau-grüne Denkweisen.



Abb. 3: Wenn sich Land und Wasser treffen: Eisvogel mit Libellenlarve. Foto Beat Schaffner

Wir befinden uns inmitten einer globalen Biodiversitätskrise. Wie sieht es in der Schweiz aus?

Florian Altermatt: Auch in der Schweiz befindet sich die Biodiversität in einem besorgniserregenden Zustand. Über ein Drittel aller Arten ist gefährdet. Das ist mehr als in den umliegenden Ländern. Gleichzeitig haben wir ein sehr grosses Biodiversitäts-Potenzial. Unser Land im Herzen Europas ist Teil von ganz unterschiedlichen biogeografischen Regionen und weist einen überdurchschnittlich hohen Anteil an aquatischen Lebensräumen wie Seen, Flüsse, Bäche und Kleingewässer auf. Gerade die Arten der Übergangsbereiche zwischen Wasser und Land sind besonders stark gefährdet.

Die Bevölkerung sieht das ganz anders: Eine Umfrage hat ergeben, dass der Zustand der Biodiversität mehrheitlich als gut bis sehr gut eingeschätzt wird.

Catherine Graham: Der Landschaftswandel ist ein schleichender Prozess. Die Menschen gewöhnen sich rasch an kleinere Veränderungen: Hier ein neues Haus, dort ein trockengelegter Tümpel. Das provoziert noch keinen Aufschrei. Die Leute wandern durch die Landschaft und sehen immer noch viel Natur. In der Summe betrachtet sind die Veränderungen über die Jahrzehnte allerdings dramatisch.

«Es gibt unzählige blau-grüne Wechselwirkungen, die nur interdisziplinär aufgedeckt werden können.»

Catherine Graham, WSL

Altermatt: Biodiversität benötigt Platz und einen gewissen Grad an «Unordnung». Die Schweizerinnen und Schweizer sehen Wildnis gerne in einem Nationalpark oder weit weg auf ihren Reisen, aber vor der eigenen Haustüre wird sie nicht unbedingt geschätzt. Der Drang,

alles aufzuräumen und natürliche Dynamik zu verhindern, ist für die Biodiversität und die Landschaftsqualität fatal. Hinzu kommt teilweise ein kleinräumiges und sektorales Denken. Beispielsweise grenzen Naturschutzgebiete oft direkt an intensiv genutzte Landwirtschaftsflächen ohne genügende Übergangs- und Pufferbereiche. Es gibt zwar wertvolle Feuchtgebiete, aber der Bach, der hinein und wieder hinausfließt, kann kanalisiert und damit naturfern sein.

Die Forschung kann eine entscheidende Rolle bei der Bewältigung der Biodiversitätskrise spielen, indem sie das Verständnis vertieft, Lösungen entwickelt und die Grundlage für effektive Massnahmen zum Schutz der Biodiversität legt. 2020 haben Eawag und WSL die Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity BGB» gestartet, die die Verflechtungen zwischen aquatischen und terrestrischen Ökosystemen interdisziplinär beleuchtet. Was ist daran neu? Immerhin begann die Ökosystemforschung vor über 200 Jahren.

Graham: Die Ökosystemforschung hat tatsächlich eine lange Geschichte. Schritt für Schritt kommen wir zu einem immer besseren Verständnis der Prozesse, die um uns herum ablaufen. Manchmal macht der Wissenszuwachs einen Sprung. Das ist unter anderem dann der Fall, wenn neue Technologien angewendet werden und Forschende mit unterschiedlichen Hintergründen interdisziplinär zusammenarbeiten und Ideen austauschen. Genau dies waren auch die Erfolgsfaktoren der Forschungsinitiative der beiden Forschungsanstalten. Die Beteiligten sind Biodiversitätsforschende, die bisher oft entweder auf blaue oder grüne Lebensräume fokussiert waren. Nun haben sie gemeinsam blau-grüne Schnittstellen bearbeitet.

Was sind das für Schnittstellen?

Graham: Es gibt unzählige blau-grüne Wechselwirkungen, die nur interdisziplinär aufgedeckt werden können. Bisher war es doch so: Ist der Forschungsgegenstand eine Vogelart, wird untersucht, in welchen Lebensräumen die Tiere leben, von was sie sich ernähren, wie die Überlebensrate der Jungtiere ist und so weiter. Ist der Forschungsgegenstand ein Fluss,

werden die Wasserqualität und der Strukturreichtum beleuchtet. Bei dieser isolierten Betrachtung bleiben viele Wechselwirkungen und Einflussfaktoren unentdeckt. Gemeinsam betrachtet ergeben sich viele überraschende Zusammenhänge: Eine unserer Studien hat beispielsweise herausgefunden, dass Gewässerinsekten qualitativ viel wertvollere Ressourcen für Vögel sind als terrestrische Insekten (Kapitel 2). Für viele insektenfressende Vogelarten sind intakte und vielfältige Gewässer lebensnotwendig, auch wenn sie auf den ersten Blick nichts mit aquatischen Lebensräumen zu tun haben. Diese Verbindung konnten wir nur mit einer institutionsübergreifenden Forschungsinitiative beleuchten und quantifizieren.

«Die künstlichen, teilweise in unserem Denken verhafteten Abgrenzungen zwischen blauen und grünen Lebensräumen sind hartnäckig.»

*Florian Altermatt,
Eawag*

Altermatt: Was auch anders ist als vor 50 Jahren, oder sogar vor 10 Jahren: Wir verfügen heute über riesige Datensätze und neue Methoden, beispielsweise Umwelt-DNA oder Fernerkundung, die neue und grössere quantitative Ansätze ermöglichen. Unsere Forschungsinitiative konnte auf solche Datensätze aus aquatischen und terrestrischen Ökosystemen zurückgreifen und diese zusammenführen. So haben wir beispielsweise gezeigt, dass terrestrische und aquatische Nahrungsnetze unterschiedlich strukturiert sind.

Graham: In der ersten Phase der Forschungsinitiative, die nur ein Jahr dauerte, haben wir keinen einzigen neuen Datenpunkt gesammelt, sondern nur bestehende Daten aus nationalen oder kantonalen Monitorings ausgewertet. Wichtig sind auch Citizen Science-Projekte, bei denen oftmals grosse und wertvolle Datenmengen zusammenkommen. Die Beteiligung der Bevölkerung in Forschungsprojekten führt gleichzeitig zur

Sensibilisierung für Anliegen der Biodiversitätserhaltung.

Sind die Forschungsergebnisse relevant für die Praxis?

Altermatt: Alle Projekte haben von Anfang an nicht nur die Publikation in Fachzeitschriften im Kopf gehabt, sondern auch die Zusammenarbeit mit Bund, Kantonen sowie Praktikerinnen und Praktikern gesucht. Ziel vieler Projekte war es, die Bedürfnisse der Praxis abzuholen und die Forschungsergebnisse möglichst effizient und rasch in die Anwendung zu bringen. Ein Beispiel ist das Projekt zur Effektivität bei der ökologischen Infrastruktur für Amphibien im Kanton Aargau (Kapitel 4).

Wie genau kam es dazu, dass die Eawag – als Wasserforschungsinstitut – und die WSL – mit ihrem Fokus vorwiegend auf terrestrische Lebensräume – in diesem Umfang und dieser Breite biodiversitätsbezogen zusammenspannen?

Altermatt: Es ist ja nicht so, dass Eawag und WSL bisher nicht zusammengearbei-

tet haben! In diversen Bereichen, beispielsweise bei Gewässerrevitalisierungen, gab es immer schon Kooperationen. 2019 hat der ETH-Rat aber die Möglichkeit geschaffen, spezifische Forschungsinitiativen zwischen Institutionen einzu-

«Bei einer isolierten Betrachtung der Ökosysteme bleiben viele blau-grüne Wechselwirkungen und Einflussfaktoren unentdeckt.»

*Catherine Graham,
WSL*

reichen. Die Direktionen von WSL und Eawag nutzten diese Möglichkeit, und in einer kleinen Gruppe von Forschenden haben wir über die Weihnachtsferien die BGB-Forschungsinitiative skizziert. Es war eine energiegeladene und spannende Dynamik, die da ausgelöst wurde.

Wenige Wochen später bekamen wir grünes Licht vom ETH-Rat. Dann kam Covid. Wir mussten alles in Online-Meetings aufgleisen, haben uns monatelang nicht gesehen. Gleichzeitig begann eine sehr enge und erfolgreiche Zusammenarbeit.

Keine guten Voraussetzungen für ein interdisziplinäres Projekt, in dem neue Kontakte und Beziehungen geknüpft werden sollten.

Altermatt: Aber es hat geklappt! Rückblickend glaube ich, dass das mit den Online-Meetings gar nicht so schlecht war. Wir mussten uns beispielsweise nie überlegen, ob die Sitzung jetzt an der WSL oder an der Eawag stattfindet. Der virtuelle Raum ermöglichte einfache Treffen. Dadurch haben wir uns viel häufiger ausgetauscht, als dies physisch durch die unterschiedlichen Standorte der Forschungsinstitutionen möglich gewesen wäre. Ich war etwas erstaunt, dass sich Forschende der beiden Anstalten trotz institutioneller Nähe teilweise gar nicht gekannt hatten. Viele arbeiteten mit Kolleginnen und Kollegen aus der ganzen Welt zusammen, aber nicht innerhalb



Abb. 4: Wasser und Wald verschmelzen zu einem blau-grünen System. Foto Beat Schaffner

des ETH-Bereichs. Hier hat die Initiative auch langfristig einen sehr wichtigen Impuls gegeben.

Graham: Nachdem das Geld genehmigt war, ging es um die Verteilung der Gelder. Die Projektideen sollten von der Basis kommen und nicht von oben bestimmt werden. Der Fantasie waren keine Grenzen gesetzt. Jeder und jede hatte die Möglichkeit, etwas einzubringen, auch Leute, die im blau-grünen Bereich noch gar nicht viel gemacht hatten, aber vor Ideen sprudelten. Alle waren enthusiastisch und hochmotiviert – und mit ganzem Herzen dabei!

Und wie fand Blau und Grün zusammen?

Graham: Alle bewilligten 24 Projekte hatten eines gemeinsam: Die Projektleitung bestand immer aus zwei Personen: Eine von der Eawag und eine von der WSL. Das gilt auch für die Projektoberleitung. Ohne diese Gleichberechtigung hätte es nicht funktioniert.

Altermatt: Dieses Tandemprinzip hat zu einem grossen Mehrwert geführt! Ein klassisches Beispiel: Jemand an der WSL forscht zu Stadtökologie, und an der

Eawag arbeitet eine Umweltingenieurin im Bereich Siedlungsentwässerung. Diese beiden Forschenden hätten ohne die Forschungsinitiative wohl kein Projekt zum Thema Biodiversität im Siedlungsraum entwickelt und durchgeführt. 1 + 1 hat definitiv mehr als zwei ergeben!

«Es ist wichtig, dass unsere Forschungsergebnisse in politische Entscheidungsprozesse, in konkrete Massnahmen und in die Bildungslandschaft einfliessen, um positive Veränderungen zu bewirken.»

Florian Altermatt,
Eawag

Verlief die Zusammenarbeit immer harmonisch?

Graham: Es lief viel besser, als wir erwartet hatten. Vor allem auch angesichts der grossen Anzahl an involvierten Forschenden. Natürlich war nicht immer alles perfekt, aber die Kommunikation funktionierte, und Probleme wurden rasch aus-

geräumt. Die Dynamik, die sich entwickelt hat, war zeitweise atemberaubend.

Altermatt: Ich habe noch nie eine derart gute Zusammenarbeit erlebt. Und dies obwohl – oder vielleicht auch weil – die Strukturen und Kulturen zwischen den beiden Forschungsanstalten unterschiedlich sind. Der Output der Initiative spricht für sich: In der ersten Phase hatten wir ein vergleichsweise kleines Budget, jedoch eine sehr grosse Wirkung – sowohl was die Publikationen in hochkarätigen wissenschaftlichen Zeitschriften angeht als auch auf der Praxisseite. Blau-grüne Themen werden vermehrt aufgegriffen, auch von Naturschutzorganisationen. Es ist wichtig, dass unsere Forschungsergebnisse in politische Entscheidungsprozesse, in konkrete Massnahmen und in die Bildungslandschaft einfliessen, um positive Veränderungen zu bewirken.

Was ist die grösste Herausforderung, um blau-grünes Denken zu implementieren?

Altermatt: Die künstlichen, teilweise in unserem Denken verhafteten Abgrenzungen zwischen blauen und grünen Lebensräumen sind hartnäckig. Beim Bund und bei den Kantonen sind die verschie-



Abb. 5: Prof. Dr. Florian Altermatt und Prof. Dr. Catherine Graham sind Co-Leitende der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity». Foto Morgane Brosse

denen Lebensräume zum Teil in ganz unterschiedlichen Ämtern, Abteilungen oder Sektionen untergebracht, so dass Synergien und Lebensraum-übergreifende Ansätze oft auf eine starke Eigeninitiative der dortigen Fachpersonen angewiesen sind. Auch sind Gesetzgebungen, beispielsweise Wald- oder Gewässergesetz, nicht immer genügend aufeinander abgestimmt.

Blau-grün – der neue Trend?

Altermatt: Genau! Unser Ziel ist es, alle Beteiligten so zu sensibilisieren, dass sie vermehrt sektorübergreifend denken, zusammenarbeiten und handeln. Wir müssen das Interesse wecken und die Notwendigkeit aufzeigen, blau-grün zu denken und neue Zusammenarbeiten anzugehen. Es geht darum, die Sichtweisen zu erweitern – und dann auch beizubehalten.

Graham: Unsere Postdocs und Doktorandinnen und Doktoranden, die wir ausgebildet haben, denken bereits breiter. Dieser Nachwuchs verfügt über ausgeprägte blau-grüne Kenntnisse und Interessen. Um eine neue integrierte Kultur bei der Erhaltung der Biodiversität zu etablieren, darf der neu gewonnene Schwung nicht nachlassen. Es braucht regelmässige Meetings, Workshops und Konferenzen zum Thema blau-grüne Biodiversität. Was mich sehr optimistisch stimmt: Viele der Teams mit WSL- und Eawag-Forschenden wollen auch in Zukunft zusammenarbeiten, was den Erfolg der Forschungsinitiative unterstreicht. Die neuen Bündnisse werden weitergeführt. Die Zusammenarbeit muss aber auch finanziell unterstützt werden. Zurzeit benachteiligt etwa der Nationalfonds Projekte mit zwei gleichberechtigten Projektleitenden.

Altermatt: Die Forschungsinitiative hat gezeigt, dass wir sehr rasch, sehr eng, sehr respektvoll und sehr konstruktiv zusammenarbeiten können und wollen. Die beteiligten WSL- und Eawag-Forschenden nehmen sich viel stärker als Biodiversitätsgemeinde wahr als zuvor. Ich bin sicher, dass der Spirit weiterlebt und es in Zukunft viele weitere blau-grüne Zusammenarbeiten geben wird.

Interview:
Gregor Klaus

Kontakt:
Catherine.Graham@wsl.ch und
Florian.Altermatt@eawag.ch

Kernbotschaften

- > Die enge Zusammenarbeit zwischen Biodiversitätsforschenden der Eawag und WSL führte zu spannenden, engen und konstruktiven Verflechtungen und Kooperationen, die eine integrative Bearbeitung von Fragestellungen ermöglicht haben.
- > Die Integration und Zusammenführung riesiger Datensätze aus dem aquatischen und terrestrischen Bereich ermöglichte neue Erkenntnisse über Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen blauen und grünen Ökosystemen.
- > Die Forschungsprojekte waren praxisorientiert ausgerichtet, so dass ein Wissenstransfer in die Anwendung möglich ist.

Wasser und Land – eng miteinander verknüpft

Die Verflechtungen von aquatischen und terrestrischen Lebensräumen reichen weit über die Ufer- und Überschwemmungsbereiche hinaus. Beispielsweise ernähren sich Vögel von geflügelten Gewässerinsekten, und die Blätter von Laubbäumen sind Nahrung für aquatische Flohkrebse. Diese Wechselwirkungen beeinflussen die Stabilität, Resilienz und Funktionsweise von ganzen Ökosystemen. Beim Erhalt und Management von Lebensräumen müssen die Wechselwirkungen zwingend mitgedacht werden.



Abb. 6: Blaue und grüne Lebensräume müssen kombiniert und prozessorientiert betrachtet werden. Foto Michel Roggo

Blau-grüne Lebensräume

Wasser prägte früher die meisten Landschaften der Schweiz. Fließende Übergänge zwischen Wasser und Land sowie Flächen, die permanent oder periodisch vom Wasser beeinflusst sind, waren allgegenwärtig. Viele dieser blau-grünen Lebensräume sind in den letzten 150 Jahren zerstört worden (Kapitel 3). Blau-grüne Lebensräume können wie Hochmoore generell einen hohen Wassergehalt aufweisen oder wie Auen von Wasser durchzogen sein (Abbildung 6 und 7). Meist variiert der Wasserspiegel saisonal: Einige Flächen können zeitweise unter Wasser stehen und später austrocknen, beispielsweise Strandrasen (Abbildung 8), alpine Flüsse, temporäre Kleingewässer und Feuchtwiesen. Letztere erscheinen im Hochsommer trocken, sind aber im Frühling nass und wasserreich.

An den Ufern von Minigewässern

Neben Auen, Mooren, Quellen, Tümpeln und Feuchtwäldern gibt es ganz besondere, noch kaum untersuchte blau-grüne Lebensräume wie die Tintenstriche an



Abb. 8: Schneeschmelze und Regen führen dazu, dass der natürliche Wasserstand der Seen im Alpenvorland im Laufe des Jahres stark schwankt – eine Herausforderung für Tiere und Pflanzen, die hier Fuss fassen wollen. In der vordersten Überschwemmungszone hat sich daher eine ganz spezielle Lebensgemeinschaft gebildet, die heute praktisch nur noch am Bodensee zu finden ist, dessen Wasserstand bis heute nicht reguliert wird. In den sogenannten Strandrasen leben hochspezialisierte Arten wie das Bodensee-Vergissmeinnicht. Die Lebensbedingungen auf den Sand- und Geröllböden sind extrem: Zwei bis sechs Monate stehen sie unter Wasser, danach können Wochen der Trockenheit folgen. Vor der Regulierung der meisten Voralpen- und Mittellandseen bildeten Strandrasen an vielen Ufern die erste Verbindung zwischen Wasser und Land. Foto Manfred Hertzog



Abb. 7: Die Ausdehnung der blau-grünen Lebensräume ist beachtlich. Angenommen, die direkt beeinflusste Zone links und rechts der 65 000 Kilometer Fließgewässer der Schweiz beträgt im Durchschnitt 50 Meter, so ergibt dies grob geschätzt eine Fläche von über 6000 Quadratkilometer oder 15 % der Schweiz. Hinzu kommen Moore, Feuchtwiesen, grössere Auengebiete usw. Das Bild zeigt den Chly Rhy, ein ehemals zugeschütteter Seitenarm des Rheins, der wieder freigelegt wurde. Foto Markus Forte und Herbert Böhler/Express/BAFU

Felswänden (Box 1) oder die Wassertöpfe auf Bäumen. Letztere bilden sich in Astgabeln, Astlöchern, in verwachsenen Wurzeln oder in nicht mehr genutzten Spechthöhlen. In den kleinen Wasseransammlungen leben hochspezialisierte Arten wie die Larven des Sumpfkäfers. Am feuchten Rand dieser Minigewässer fühlt sich das Astloch-Moos wohl.

Ein besonderer Lebensraum sind auch die wassergefüllten Vertiefungen auf Hochmoorflächen, die sogenannten Schlenken. In diesem nassen, sauren und extrem nährstoffarmen Milieu können nur Überlebenskünstler leben, darunter der fleischfressende Rundblättrige Sonnentau (eine Pflanze) und die Alpen-Mosaikjungfer (eine Libelle).

Wertvolle Ökosystemleistungen

Es gibt Arten, die ihren eigenen blau-grünen Lebensraum erschaffen. Bekanntestes Beispiel ist der Biber (Box 2). Er vergrössert die dynamische Kontaktzone zwischen terrestrischen und aquatischen Lebensräumen. Früher hat auch der Mensch ganz neue blau-grüne Lebensräume erschaffen: Im 19. Jahrhundert war beispielsweise die Bewässerung von Wiesen in der Schweiz allgegenwärtig. Das Wasser aus Bächen und Flüssen enthält Mineralien, Sedimente und organische Stoffe, die das Wachstum der Gräser und Kräuter förderten. Das Wasser drängte zudem Engerlinge und Mäuse zurück und erwärmte im Frühjahr den noch kalten Wiesenboden. Viele am-

phibische Arten fühlten sich in diesem blau-grünen Lebensraum wohl.

Intakte blau-grüne Lebensräume erbringen zahlreiche und wichtige Ökosystemleistungen, die uns Menschen zugutekommen. Dazu gehören der Wasserrückhalt (und damit der Hochwasserschutz), die Grundwasserneubildung und attraktive Erholungsgebiete. Die Biodiversität kann sehr hoch sein (Abbildung 9). Allein in den Auen wurden 80% der einheimischen Arten nachgewiesen. Hier kommen nicht nur Lebensraumspezialisten vor, die speziell an die natürliche Dynamik der Auen angepasst sind, sondern auch Arten der angrenzenden terrestrischen und aquatischen Lebensräume.



Abb. 9: Ein bekannter und im Mittelland und vielen Tälern der Gebirge früher weit verbreiteter blau-grüner Lebensraum sind die Auen, die sich in den Überschwemmungsgebieten der Fliessgewässer gebildet haben. Die wechselnden Wasserstände und die gestaltende Kraft des Wassers von Flüssen führt zu einem komplexen Ökosystem. Aktive Wasserläufe und Altarme, Weiher und Tümpel, Feucht- und Trockenwiesen, Gebüsche und Kiesinseln, Hart- und Weichholzaunen bilden ein Lebensraummosaik mit einer hohen natürlichen Dynamik. Das Wasser kann ganze Vegetationseinheiten um viele Sukzessionsstadien zurücksetzen (z. B. von der Weichholzaue zur Kiesinsel) und Land erodieren, das es an anderer Stelle durch Sedimentation wieder zurückgibt. Entsprechend gross ist die Artenvielfalt in den Auen. Im Bild ein Grundwasseraufstoss in einer Aue im Kanton Bern. Foto Michel Roggo

Box 1

Tintenstriche – blau-grüner Lebensraum am Fels

Sie sind auffällig und weit verbreitet: dunkle Striche und Streifen auf schroffen und lebensfeindlichen Felswänden im Hochgebirge. Es handelt sich dabei nicht um Ablagerungen von Mineralien, sondern um einen echten blau-grünen Lebensraum mit dem treffenden Namen Tintenstrich. Die wichtigsten Bewohner sind Cyanobakterien. Die auch unter dem Namen Blaualgen bekannten Bakterien besiedeln seit mehr als 3,5 Milliarden Jahren die Erde und zählen somit zu den ältesten Lebensformen überhaupt. Man vermutet, dass sie die ersten Lebewesen waren, die das Sonnenlicht als Energiequelle erschlossen haben. Im Gegensatz zu allen anderen Bakterien sind sie zur Fotosynthese fähig. Demnach ist es Cyanobakterien zu verdanken, dass sich die Atmosphäre mit Sauerstoff angereichert hat und tierisches Leben entstehen konnte.

Biokrusten in extremer Umwelt

Tintenstriche bzw. Sickerwasserstreifen entstehen dort, wo regelmässig Regen- oder Schmelzwasser über Felsen fliesst (Abbildung 10). Die Cyanobakterien bilden auf diesen temporären Feuchtgebieten blaugraue bis braunschwarze Biofilme, die sich vor allem auf helleren Gesteinen deutlich von der Umgebung abheben. Richtige Krusten entstehen dort, wo die Bakterien in Symbiose mit Pilzen leben und als blatt- oder kleinstrauchige Blaualgenflechten auftreten. Cyanobakterien sind besonders wertvolle Partner für Flech-



Abb. 10: Felswand mit Tintenstrichen in den Schweizer Alpen auf Kalkgestein (Mittaghore). Foto Francesca Pittino

tenpilze, weil manche Arten nicht nur Kohlenstoff fixieren können, sondern auch Stickstoff, einem weiteren wichtigen Baustein des Lebens.

Obwohl Tintenstriche in den Alpen allgegenwärtig sind, wurde die Lebensgemeinschaft erst seit kurzem genauer unter die Lupe genommen. Die Lebensbedingungen sind vor allem im Hochgebirge über der Waldgrenze harsch und voller Gegensätze: Im Winter ist das Wasser meist gefroren, in den anderen Jahreszeiten können sich Gefrieren und Auftauen im Tagesverlauf abwechseln. Bei Sonnenschein erhitzt sich die dunkle Oberfläche schon mal auf 60°C. Im Spätsommer trocknet der Lebensraum zum Teil komplett aus. Dementsprechend langsam wachsen die biologischen Krusten.

Mit der Umgebung verbunden

Untersuchungen von über 200 Tintenstrichen aus allen Regionen der Schweizer Alpen offenbarten eine grosse, noch weitgehend unbekannt Vielfalt an Cyanobakterien in diesem Pionierlebensraum. Die Forschenden haben dazu biologisches Material von den Felsen gelöst, DNA-Sequenzen ermittelt und mit Informationen aus bestehenden Datenbanken verglichen. Dabei wurden auch Genabschnitte identifiziert, die es den Bakterien ermöglichen, Stoffe zu produzieren, die für andere Lebewesen giftig sein können. Dass Blaualgen in den Gewässern giftige Substanzen herstellen und bei einer Massenvermehrung (sogenannte Algenblüte) Gewässer gesperrt werden müssen, ist bekannt. Was der Befund an den Tintenstrichen an den Felswänden für die Umwelt bedeutet, liegt noch im Dunkeln.

Die biologischen Krusten aus Blaualgen und Flechten sind die Nahrungsgrundlage von Pflanzenfressern wie Schnecken und spezialisierten Schmetterlingsraupen, die wiederum auf der Speisekarte von Vögeln und Kleinsäugetern stehen. Weitere Forschungsarbeiten werden zeigen, welche Auswirkungen die potenziell giftigen Cyanobakterien aus Tintenstrichen auf das Ökosystem haben. Können bestimmte Pflanzenfresser die Giftstoffe umwandeln? Lagern manche Arten die Toxine sogar im Körper ein, um sich selbst gegen Fressfeinde zu schützen? Enthält der Abfluss aus Tintenstrichen Giftstoffe? Die Fragen zeigen exemplarisch, wie eng verwoben blau-grüne Systeme mit der Umgebung sind – auch im felsigen Hochgebirge.

Pittino F., Oliveira J., De Almeida Torres M., Fink S., Janssen E.M.L., Scheidegger C. (2022): Cyanobacteria: Extreme environments and toxic metabolites. *Chimia* 76, 967–969. doi.org/10.2533/chimia.2022.967

Box 2

Biber sind Baumeister von blau-grünen Lebensräumen

Die Wiederansiedlung des Bibers ab den 1950er Jahren ist eine Erfolgsgeschichte. Heute arbeiten wieder rund 5000 Biber in und an unseren Bächen und Flüssen (Abbildung 11). Sie machen, was sie seit jeher tun: Gewässerlandschaften grundlegend umbauen und mit dem Land vernetzen. Dazu gehört das Aufstauen der Fließgewässer und das Fällen von Bäumen. Ziel ist es, den Eingang zum Bau ganzjährig unter Wasser zu setzen und somit vor Feinden zu schützen. Zudem erreicht der Biber seine Nahrung lieber schwimmend als laufend. 2022 wurden über 1300 Dämme an Schweizer Bächen gezählt.

Beeindruckende Vielfalt, beachtliche Ökosystemleistungen

Die vom Biber gestalteten Lebensräume bestehen aus einem dynamischen Netz aus Weihern, Feuchtgebieten und langsam fliessenden, strukturreichen Gewässern (Abbildung 11). Hier findet sich rasch eine reichhaltige blau-grüne Biodiversität ein. Im Vergleich zu benachbarten, biberfreien Gewässern ist die Artenvielfalt und die Individuendichte von Fischen, Amphibien, Libellen, kleinen und mittelgrossen Säugetieren oder Wasserpflanzen in den Biberlebensräumen deutlich höher – zum Teil um ein Vielfaches.

Fische profitieren beispielsweise von der im Wasser geschaffenen Strukturvielfalt mit Kanälen und Totholz. Auch landlebende Organismengruppen profitieren von Biberlebensräumen. So konnten Forschende eine erhöhte Aktivität von Fledermäusen messen, die hier nach Gewässerinsekten jagen.

Die Ökosystemleistungen dieser Biberlandschaften können beachtlich sein: Das Wasser bleibt länger in der Landschaft und wird besser gereinigt, Grundwasservorräte werden

aufgefüllt, Hochwasserspitzen geglättet und attraktive Naherholungslandschaften geschaffen.

Biber in Wasserbauprojekte integrieren

Trotz dieser Vorteile verläuft die Wiederbesiedlung der Gewässer durch den Biber nach 150 Jahren Abwesenheit nicht konfliktfrei. Er kommt in eine Landschaft zurück, in der die Übergangsbereiche zwischen Gewässern und Land intensiv genutzt werden, beispielsweise für Verkehrswege oder Landwirtschaft. Die Vernässung oder Überflutung von Kulturland, das Unterhöhlen von Wegen sowie Frassschäden an land- und forstwirtschaftlichen Kulturen können Probleme verursachen. Wie eine Umfrage bei den Kantonen zeigt, verursachen jedoch weniger als ein Drittel aller Biberreviere in der Schweiz Konflikte. Die Schäden an Land- und Forstwirtschaft werden schon länger zu 100% entschädigt, jene an Infrastrukturanlagen sowie Präventionsmassnahmen in naher Zukunft. Bei der Infrastruktur sind vor allem Mergelwege betroffen, die kostengünstig reparierbar sind.

Generell sind die Konflikte nur Symptome eines grösseren Problems: Den meisten Gewässern wird zu wenig Platz zugestanden, die Trennung Wasser–Land ist oftmals messerscharf. Konflikte entstehen vor allem dort, wo die Gewässer durch Infrastruktur eingeengt wurden. In natürlichen Gewässern kommt es kaum zu Problemen.

Wenn in Zukunft vorausschauend geplant und der Biber in Wasserbauprojekte integriert wird, kann er uns helfen, Gewässer lebendig zu gestalten. Dies erhöht die Qualität der Gewässer. Gleichzeitig können Konflikte proaktiv verhindert werden. Beides hilft Geld zu sparen und die Ziele im Gewässerschutz schneller und effektiver zu erreichen.



Abb. 11: An den Schweizer Bächen und Flüssen «arbeiten» rund 5000 Biber. Wie hier bei Marthalen im Kanton Zürich können die Nager vielfältige blau-grüne Lebensräume gestalten, deren Ökosystemleistungen beachtlich sind. Fotos Morgane Brosse (links) und Daniel Mathys

Blau-grüne Systeme

Blau-grüne Lebensräumen sind nicht die einzige Verknüpfung zwischen Wasser und Land. Zwischen vermeintlich rein terrestrischen und aquatischen Lebensräumen findet ein reger Austausch von Energie, Stoffen und Organismen statt, der weit über die eigentlichen blau-grünen Lebensräume hinausgeht. Hier kommt das Meta-Ökosystemkonzept ins Spiel, das die Verbindungen und Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Lebensräumen und Ökosystemen auf grösseren räumlichen Skalen betrachtet. Es betont die Idee, dass die Dynamik in einem Ökosystem nicht nur von den internen Prozessen innerhalb dieses Ökosystems abhängt, sondern auch von den Verbindungen zu anderen Ökosystemen in der Umgebung.

Moor H., Gossner M.M., Graham C., Hobi M.L., Holderegger R., Reber U., Altermatt F., Logar I., Matthews B., Narwani A., Seehausen O., Shipley R., et al. (2021): Biodiversitätsschutz dank Ökosystem-übergreifendem Denken. *Forschungsinitiative Blau-Grüne Biodiversität (BGB)*. *Aqua & Gas* 101/12, 44–49.

Moor H., Gossner M.M., Graham C., Hobi M.L., Logar I., Narwani A., Reber U., Seehausen O., Holderegger R., Altermatt F. (2022): Besserer Biodiversitätsschutz in blau-grünen Ökosystemen. *N+L Inside* 2022/1, 25–29.

Lebensraumübergreifende Entwicklung und Wanderung

Viele Tierarten nutzen sowohl aquatische als auch terrestrische Lebensräume während ihrem Lebenszyklus. Ein vielerorts allgegenwärtiges Phänomen sind die Wanderungen der Grasfrösche

und Erdkröten. Als Kaulquappen mit Kiemenatmung sind sie wie die meisten Amphibien auf Tümpel, Weiher und Seen angewiesen. Als erwachsene Tiere wandern sie in die umliegenden Wälder oder in strukturreiches Grünland, wo sie Nahrung finden und überwintern. Zur Laichzeit suchen sie dann erneut für wenige Tage oder Wochen die Gewässer auf.

Auch Libellen haben einen Lebenszyklus, der das Wasser und das Land miteinbezieht. Während sie im Larvenstadium im Wasser leben und Beute jagen, nutzen sie als erwachsene Flieger den Luftraum, um zu jagen. Die Jagdgebiete liegen oftmals weit von den Gewässern entfernt entlang von Waldrändern oder auf artenreichen Wiesen und Weiden. Dies macht sie zu faszinierenden Geschöpfen, die perfekt an beide Lebensräume angepasst sind.

Lebensraumübergreifende Nahrungsnetze und Stoffflüsse

Gewässer sind produktive Ökosysteme und auch für Landlebewesen wichtige und attraktive Jagdgebiete. Beispielsweise fangen bestimmte Vogelarten wie Reiher, Kormorane und Eisvögel Fische in Bächen, Flüssen und Seen. Enten und Wasseramseln ernähren sich von Wasserpflanzen und Muscheln bzw. Gewässerinsekten im Larvenstadium. Schlüpfen Gewässerinsekten wie Eintags-, Stein- und Köcherfliegen, stehen sie auf der Speisekarte vieler anderer Vogelarten wie Schwalben (Box 3).

Die Nahrungsnetze sind aber keine Einbahnstrasse: Auch die Landlebensräume «füttern» die aquatischen Lebensräume. Der Eintrag von Blättern in die Gewässer im Herbst von umliegenden Wäldern und Einzelbäumen ist gross und ernährt Heerscharen von Flohkrebss und andere Gewässerorganismen (Box 4). Diese sind wiederum Nahrungsgrundlage für Fische und Vögel.

Der ursprünglich terrestrische Kohlenstoff aus den Blättern wird in aquatische Nahrungsnetze eingebaut. Ein Teil findet

zusammen mit wichtigen Nährstoffen über den Kot der jagenden Vögel wieder den Weg zurück an Land. Aquatische Lebensräume transportieren zudem bei Hochwasser gelöste Nährstoffe und Sedimente in die umliegenden terrestrischen Lebensräume. Diese Nährstoffe haben in vorindustriellen Zeiten die Fruchtbarkeit des Bodens in den Uferzonen erhöht und das Wachstum von Pflanzen gefördert.

Bevor der Mensch die Gewässer vom

Moor H., Gossner M.M., Graham C., Hobi M.L., Logar I., Matthews B., Narwani A., Seehausen O., Holderegger R., Altermatt F. (2022): Blau-grüne Biodiversität ist ein wichtiger Teil des Waldes. *Wald und Holz* 2022/4, 30–33.

Land abzutrennen begann (Kapitel 3) und die Gewässersysteme dynamisch und lebendig waren, existierten noch viel komplexere Nahrungsnetze und weitere blau-grünen Verbindungen. So waren die Millionen von Atlantischen Lachse, die jedes Jahr den Rhein hochschwammen und sich auf Aare, Limmat und Reuss verteilten und nach dem Laichen starben, nicht nur Nahrungsquelle für Vögel und Säugetiere. Über den Kot oder das Aas wurden grosse Nährstoffmengen auf dem Land und vor allem in der Uferzone deponiert.

Heute führt der Nährstofffluss eher vom Land in die Gewässer. Weil die blau-grünen Lebensräume entlang der Ufer oftmals zu knapp bemessen sind, gelangen Dünger und Bodenmaterial in die Gewässer und führen zu einer Eutrophierung und zu einer Versiegelung der Gewässersohle, was die Lebensraumqualität in Gewässern deutlich senkt.

Box 3

Gewässer bereichern den Speiseplan von Vögeln

Gewässerinsekten spielen eine zentrale Rolle in aquatischen Ökosystemen. Sie zersetzen organisches Material und sind selbst Nahrung für andere Tiere wie Fische und am Wasser lebende Vogelarten wie die Bachstelze oder die Wasseramsel. Doch die Nahrungskette endet nicht am Gewässerufer. Viele Gewässerinsekten wie die Stein-, Köcher- und Eintagsfliegen haben geflügelte erwachsene Stadien, die Lebenszeit an Land verbringen. In den Wiesen, Weiden und Wäldern sind sie ein wichtiges Glied in der Nahrungskette und damit Bestandteil des blau-grünen Systems (Abbildung 12). Spinnen, Käfer, Eidechsen, Fledermäuse, Vögel und viele mehr profitieren von der wichtigen und hochwertigen Nahrungsgrundlage, die unverzichtbar für eine reichhaltige Biodiversität an Land ist.

Vogelnahrung aus dem Bach

Gut untersucht sind die Vorteile der gewässerbasierten Ernährung für Vögel. Insgesamt 65% der einheimischen Vogelarten fressen zumindest während der Brutzeit Insekten. So verfüttert ein Rauchschnalbenpärchen ihren Jungen über die gesamte Brutzeit betrachtet rund ein Kilogramm Insekten. Das entspricht 50-mal dem durchschnittlichen Gewicht eines Elterntiers. Wenn sie ab Mai zu brüten beginnen, stehen ihnen zunächst vorwiegend Gewässerinsekten zur Verfügung (Abbildung 25). Somit hat die Qualität des Lebensraums im Gewässer über Nahrungsnetzbeziehungen einen direkten Einfluss auf terrestrische Insektenfresser. Untersuchungen haben nachweisen können, dass es generell einen Zusam-

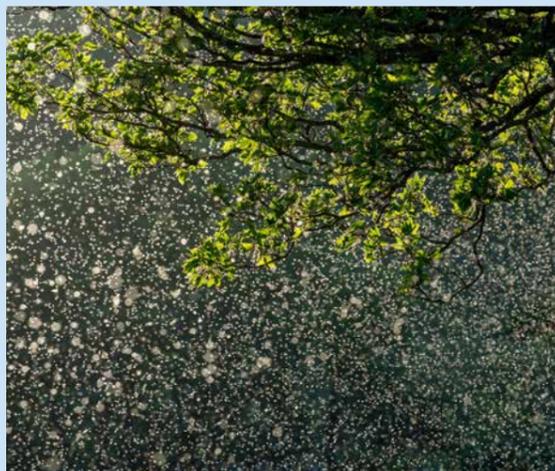


Abb. 12: Massenaufreten von Eintagsfliegen (North Yorkshire, UK). Solches Massenaufreten war bis ins 19. Jahrhundert auch an den grossen Schweizer Flüssen bekannt. Foto Wayne Hutchinson / Alamy Stock Foto

menhang gibt zwischen dem Vorkommen von insektenfressenden Vögeln, dem Vorkommen von Gewässerinsekten an Land und der Uferlänge von Fließgewässern. Wichtig ist eine ausreichende Dichte des Gewässernetzes. Denn 20 bis 50% der adulten Stein-, Köcher- und Eintagsfliegen entfernen sich nur etwa 100 Meter vom Gewässer; immerhin 10% der Tiere werden allerdings 150 bis 650 Meter vom Ufer entfernt in terrestrische Nahrungsnetze eingebunden. Bei den Zuckmücken reicht dieser Wert sogar viele Kilometer weit ins Landesinnere.

Ein echter Superfood

Gewässerinsekten sind nicht nur vom Zeitpunkt des Auftretens her eine essenzielle Nahrung, sondern auch in Bezug auf die Qualität: Aquatische Insekten enthalten meist 10 bis 20-mal mehr langkettige Omega-3-Fettsäuren als terrestrische Insekten (Abbildung 13). Sie gewinnen diese aus Algen, von denen sie sich ernähren. Im Gegensatz zu den meisten Landpflanzen synthetisieren Algen diese Fettsäuren.

Die Zufuhr einer ausreichenden Menge dieser Fettsäuren ist für Vögel und Säugetiere wichtig, weil sie das Wachstum, die Fortpflanzung und das Überleben positiv beeinflussen. Vor allem Nestlinge wachsen schneller und sind schwerer und überlebensfähiger, wenn sie ausreichend langkettige Omega-3-Fettsäuren erhalten.

Die Bereitstellung von hochwertiger Nahrung in grossen Mengen für terrestrische Nahrungsnetze ist eine Ökosystemfunktion von natürlichen und naturnahen Bächen, Flüssen und stehenden Gewässern. Diese Rolle wurde bisher bei der Erhaltung und Förderung der Biodiversität unterschätzt und sollte bei Revitalisierungsprojekten hervorgehoben werden.

Twining C.W., Shipley J.R., Matthews B. (2022): Climate change creates nutritional phenological mismatches. *Trends in Ecology & Evolution* 37, 736–739. doi.org/10.1016/j.tree.2022.06.009

Shipley J.R., Twining C.W., Mathieu-Resuge M., Parmar T.P., Kainz M., Martin-Creuzburg D., Weber C. Winkler D.W., Graham C.H., Matthews B. (2022): Climate change shifts the timing of nutritional flux from aquatic insects. *Current Biology* 32, 1–8. doi.org/10.1016/j.cub.2022.01.057

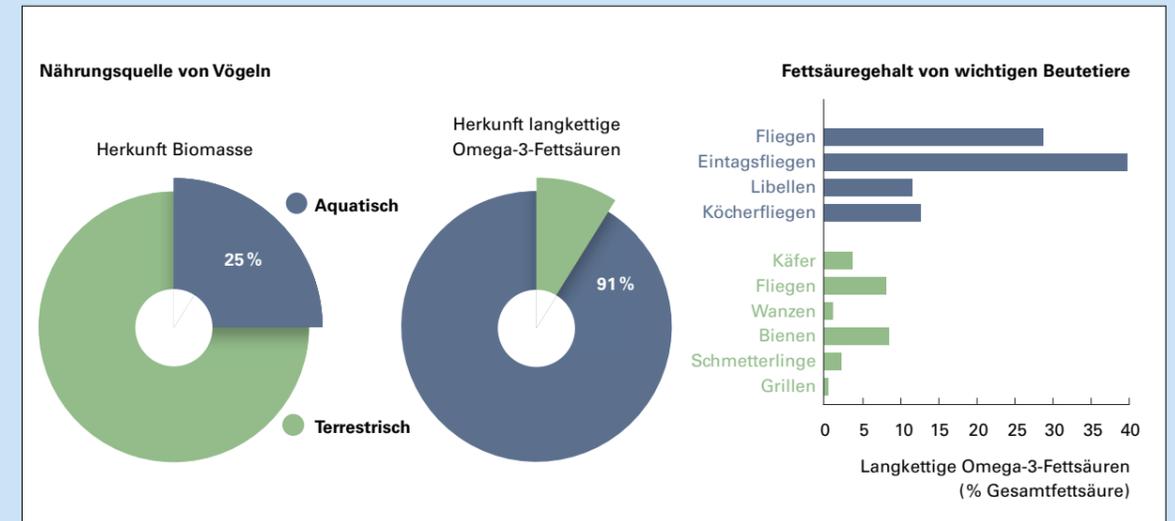


Abb. 13: Links: Herkunft der Nahrung von Vögeln. Blaue Kreisflächen symbolisieren aquatische Herkunft und grüne Kreisflächen terrestrischen Ursprung der Biomasse. Mitte: Herkunft der langkettigen Omega-3-Fettsäuren nach Nahrungsquelle. Rechts: Gehalt an langkettigen ungesättigten Omega-3-Fettsäuren in aquatischen und terrestrischen Insekten. Lesebeispiel: Ein hypothetischer Insektenfresser, der sich zu 75 Prozent von terrestrischen Insekten ernährt, bezieht dennoch 91 Prozent seiner langkettigen Omega-3-Fettsäuren von aquatischen Insekten. Verändert nach Shipley et al. 2022

Box 4

Blätter machen Bäche satt

Im Gegensatz zu Landlebensräumen, in denen durch die Photosynthese grosse Mengen Kohlenstoff gebunden werden, sind Bäche und Flüsse auf Biomasseeinträge angewiesen, damit ein funktionsfähiges Nahrungsnetz entstehen kann. Der Kohlenstoffeintrag vom Land übertrifft jenen Kohlenstoff deutlich, der im aquatischen System selbst produziert wird. Ein wichtiger Ausgangspunkt für die Nahrungskette ist Falllaub. Dieses landet im Herbst nicht nur auf dem Waldboden, sondern auch in Wasserläufen (Abbildung 14). Tonnenweise Laub kann in einen Kilometer Bachlauf eingeweht werden oder hineinfallen – vorausgesetzt es hat genügend Bäume in der Umgebung. Ein Heer an wirbellosen Kleinstlebewesen im Wasser zersetzt das Laub oder findet darin Unterschlupf – allen voran die Flohkrebse (Abbildung 15). Die Menge an Laub und anderem organischen Material, das im Bach landet, wirkt sich damit auf das Leben im Gewässer aus.

Nach der Auszählung von 22 000 wirbellosen Tieren an Bächen im Thurgau und im Tessin zeigte sich ein Muster: In bewaldeten Abschnitten gab es viel mehr Individuen und Arten, die auf Laubabbau spezialisiert sind. Diese Ergebnisse untermauern die Bedeutung des Waldes für die Lebensgemeinschaft in Bächen. Besonders wichtig ist der Wald im Einzugsbiet und im Oberlauf. Denn das, was dort an Laub ins Gewässer gelangt, versorgt auch nicht-bewal-

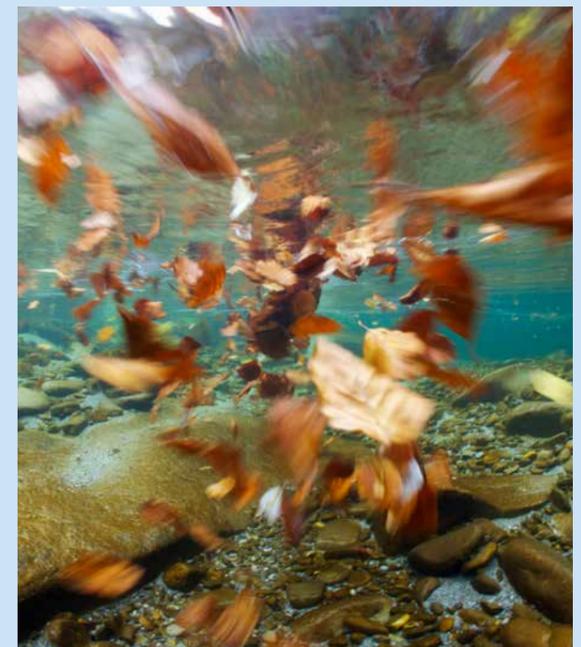


Abb. 14: Vor allem im Herbst gelangen (wie hier an der Sense) grosse Mengen an Blättern in Bäche und Flüsse. Foto Michel Roggo

dete Abschnitte bachabwärts mit organischem Material und Nährstoffen. Bäche profitieren also davon, wenn Wald oder zumindest Sträucher und Einzelbäume im Uferbereich vorhanden sind – und auch bei Renaturierungen erhalten bleiben. Unklar ist noch, welche Rolle die unterschiedlichen Waldgesellschaften mit ihrer unterschiedlichen Qualität und Quantität der Blätter spielen.

Oester R., dos Reis Oliveira P.C., Moretti M.S., Altermatt F., Bruder A. (2023): Leaf-associated macroinvertebrate assemblage and leaf litter breakdown in headwater streams depend on local riparian vegetation. *Hydrobiologia* 850, 3359–3374. doi.org/10.1007/s10750.022.05049–7



Abb. 15: Bachflohkrebse ernähren sich von eingetragenen Laub. Foto Florian Altermatt

Blau-grün ist die Landschaft

Fast jede Landschaft ist von einem blau-grünen System durchzogen, das je nach Distanz zum Gewässer mal mehr, mal weniger stark ist, aber Auswirkungen weit in die vermeintlich isolierten aquatischen und terrestrischen Lebensräume hat. Das Verständnis dieser blau-grünen Systeme ist wichtig für einen umfassenden Erhalt der gesamten Biodiversität in unseren Landschaften. Veränderungen in einem Lebensraum haben Auswirkungen auf andere Lebensräume. Die Erhaltung und die nachhaltige Nutzung dieser Lebensräume sind entscheidend, um die Funktion des gesamten Ökosystems zu gewährleisten.

Nach wie vor sind aber Forschung, Lehre, Verwaltung, Finanzflüsse, Gesetzgebung und Naturschutz meist in einem

lebensraumspezifischen und sektoriellen Denken verhaftet (Kapitel 6). Diese scharfe Einteilung in bestimmte Lebens-

raumtypen entspricht nicht der Realität und hat Konsequenzen für die Naturschutzpraxis.



Abb. 16: Wasser- und Landlebensräume sind eng miteinander verknüpft (Verzasca). Foto Michel Roggo.

Kernbotschaften

- > Aquatische und terrestrische Lebensräume sind eng miteinander verknüpft. Veränderungen in einem Bereich haben Auswirkungen auf den anderen. Dies betrifft unter anderem Nahrungsnetze und Stoffflüsse.
- > Blaue und grüne Lebensräume sollten kombiniert und prozessorientiert betrachtet werden – sei es bei der nachhaltigen Nutzung oder bei Massnahmen zur Erhaltung und Aufwertung von Lebensräumen.

Kapitel 3

Zustand und Entwicklung der blau-grünen Biodiversität

Der Handlungsbedarf zur Erhaltung und Förderung der blau-grünen Biodiversität in der Schweiz ist gross. Die bisher ergriffenen Massnahmen sind erfreulich und zeigen Wirkung, reichen aber noch nicht aus. Eine grosse Herausforderung ist der Klimawandel. Er beeinflusst die Biodiversität im Wasser und auf dem Land sowie die Wechselwirkungen auf eine vielschichtige und subtile Art und Weise.



Abb. 17: Einst wurden die Schweizer Bäche und Flüsse in enge Kanäle gepfercht. Mittlerweile versucht man, immer mehr Fluss- und Bachabschnitte zu befreien und naturnäher zu gestalten, wie hier den Inn bei Bever im Engadin. Foto Christine Levy

Die entwässerte Schweiz

Der unbefriedigende Zustand der Biodiversität in der Schweiz ist gut dokumentiert. Viele selten gewordene Arten leben insbesondere im Mittelland in kleinen und isolierten Lebensraumfragmenten mit oftmals sinkender ökologischer Qualität in einer intensiv genutzten Landschaft mit geringer biologischer Vielfalt. Sie benötigen dringend ein funktionierendes Netzwerk aus wertvollen Flächen und Vernetzungselementen. Ein grosses Problem auf der ganzen Landesfläche ist die zunehmende Homogenisierung der Artenzusammensetzung infolge der Nutzungsintensivierung (Box 5). Besonders gelitten haben die blauen und die blau-grünen Ökosysteme. Noch vor 200 Jahren prägte Wasser die meisten Landschaften der Schweiz; blau-grüne Lebensräume waren allgegenwärtig. Typisch war die enge räumliche Verzahnung von grünen und blauen Lebensräumen und die Verbundenheit durch zahlreiche Wechselwirkungen (Kapitel 2).

Die Entkopplung von Wasser und Land

Heute sind Wasser und Land weitgehend entkoppelt. Die Flüsse und Bäche – die Lebensadern der Natur – wurden systematisch eingedämmt und zu Wasserstrassen, Vorflutern und Abwasserkanälen (Abbildung 18). Viele Bäche sind eingedolt und damit ganz aus der Landschaft verschwunden (Abbildung 19). Hoch- und

Flachmoore wurden systematisch abgetorft, trockengelegt und schliesslich zu Weide- oder Ackerland. Die vom Fluss abgetrennten Auenwälder hat man gerodet und anschliessend besiedelt oder zu Kulturland umfunktioniert. Dementsprechend schlecht steht es um die Biodiversität in und an den Gewässern und in den Feuchtgebieten – und zwar noch schlechter als in den terrestrischen Lebensräumen (Abbildung 20). Das ganze blau-grüne System spielt nicht mehr.

Problematische Drainagen

Rund ein Fünftel der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Schweiz ist drainiert



Abb. 18: Die Birs bei Aesch BL wird 1972 unter den Augen vieler Schaulustiger in ihr begradigtes und verbautes Flussbett geleitet. Jahrhundertlang versuchte der Mensch vielerorts eine scharfe Grenze zwischen Blau und Grün zu ziehen. Foto Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft



Abb. 19: Die entwässerte Schweizer Landschaft. Links: Ein Bach wird eingedolt. Rechts: Verlegung von Drainageröhren. Foto links Privatarchiv Paul Schaub-Börlin; Foto rechts Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft

und wird entwässert. Diese direkte Anbindung der Landlebensräume mit den Gewässern führt zu zahlreichen ökologischen Problemen. Dazu gehört der Eintrag von Pestiziden und Nährstoffen aus Ackerböden und die zu rasche Ableitung von Wasser, was in den Gewässern zu unnatürlichen Hochwasserereignissen führt und die Lebensgemeinschaften schädigt. Drainagen führen zudem zum Verlust von Lebensraum für Pflanzen und Tiere, die auf feuchte Bedingungen angewiesen sind, und verhindern, dass das überschüssige Regenwasser ins Grundwasser gelangt.

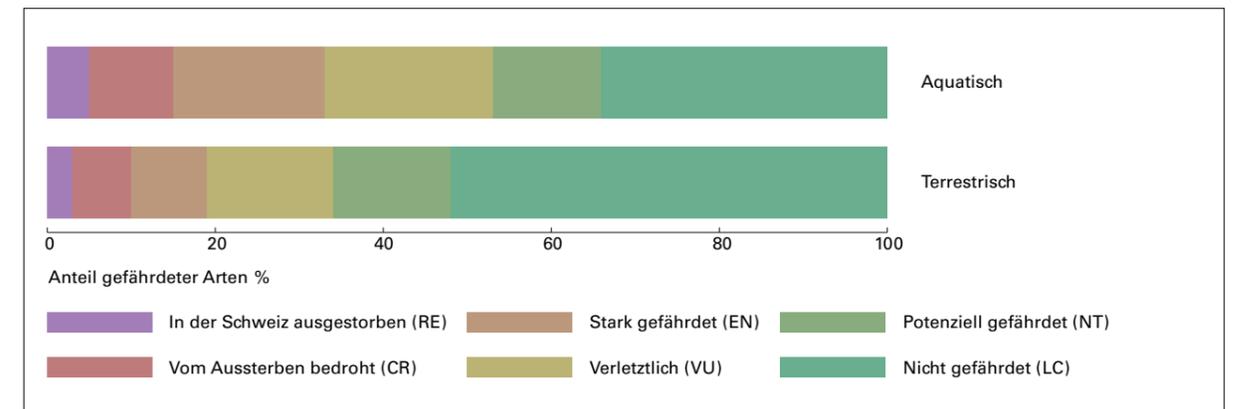


Abb. 20: Anteil der Tier- und Pflanzenarten nach Gefährdungskategorien in aquatischen und terrestrischen Lebensräumen. Es wurden nur Organismengruppen einbezogen, die auch aquatische Arten beinhalten (absolute Anzahl aquatischer Arten: 1011; terrestrische Arten: 6327). Quelle: Rote Listen-Synthese 2023, BAFU

Box 5

Ökologische Homogenisierung bereits bei moderater Nutzungsintensität

Die Landnutzung, der Klimawandel, veränderte Stoffkreisläufe und viele weitere Eingriffe des Menschen in die Ökosysteme verändern die biologische Vielfalt auf verschiedenen räumlichen Ebenen. Der Biodiversitätswandel ist auf lokaler bis regionaler Ebene komplex. Für ein besseres Verständnis ist deshalb das Erheben und Analysieren grosser Datenmengen erforderlich.

Biodiversität ist mehr als Artenvielfalt

Ein wichtiger Aspekt von Biodiversität sind Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen verschiedenen Vorkommen des gleichen Lebensraumtyps innerhalb eines grösseren geografischen Gebiets. Verursacht wird diese sogenannte Beta-Diversität auf Landschaftsebene durch unterschiedliche Umweltfaktoren. Beispielsweise unterscheiden sich Wiesen in kleinräumigen Landschaften mit traditioneller Nutzung stark in Bezug auf die Nutzungsart, die Bodenfeuchte, den Nährstoffgehalt und so weiter und damit auch in ihrer Artenzusammensetzung. Was passiert mit diesem zentralen Aspekt der Biodiversität, wenn Menschen die Landnutzung intensivieren?

Antworten liefert ein riesiger Datensatz, den Forschende zusammengetragen haben. Er umfasst 162 Landschaftsausschnitte aus allen Teilen der Welt, bestehend aus 13000 terrestrischen und aquatischen Lebensgemeinschaften. Ein nicht unbedeutender Teil stammt aus Schweizer Monitoringprogrammen.

Die Daten beinhalten nicht nur Angaben zur Artenvielfalt, sondern auch zur lokalen Landnutzungsintensität und zur

Vielfalt artspezifischer Merkmale wie Körpergrösse von Tieren, Höhe der Pflanzen, Pigmentgehalt der Blätter. Diese funktionale Vielfalt ist wichtig für die Stabilität und Gesundheit der Ökosysteme.

Schutzgebiete sind unerlässlich

Die Resultate sind beunruhigend: Die einzelnen Lebensräume innerhalb von ganzen Regionen werden mit zunehmender Nutzungsintensität immer ähnlicher. Diese Homogenisierung verläuft nicht linear, sondern steigt steil an und erreicht das Sättigungsniveau bereits bei mittlerer Nutzungsintensität. Bei einer weiteren Nutzungsintensivierung gleichen sich die Arteninventare nur noch wenig an. Offenbar dominieren bereits bei moderater Landnutzung auf regionaler Ebene die immer gleichen, wenig anspruchsvollen Generalisten, während Lebensraumspezialisten mehrheitlich verschwunden oder kaum noch nachzuweisen sind. Dies unterstreicht die Bedeutung von geschützten und kaum oder gar nicht genutzten oder gezielt bewirtschafteten naturnahen Flächen für die Erhaltung der Biodiversität.

Interessanterweise reagieren blaue und grüne Ökosysteme nicht gleich auf die verschiedenen Nutzungsintensitäten. Während in Gewässern die Homogenisierung auf der Ebene der Artenvielfalt besonders ausgeprägt ist (das heisst in einer Landschaft kommen bei intensiver Nutzung überall ähnliche Arten vor), betrifft die Homogenisierung in terrestrischen Lebensräumen besonders stark die Merkmalseigenschaften (d. h. die Merkmalszusammensetzung der Arten ist bei intensiver Nutzung überall ähnlich) (Abbildung 21).

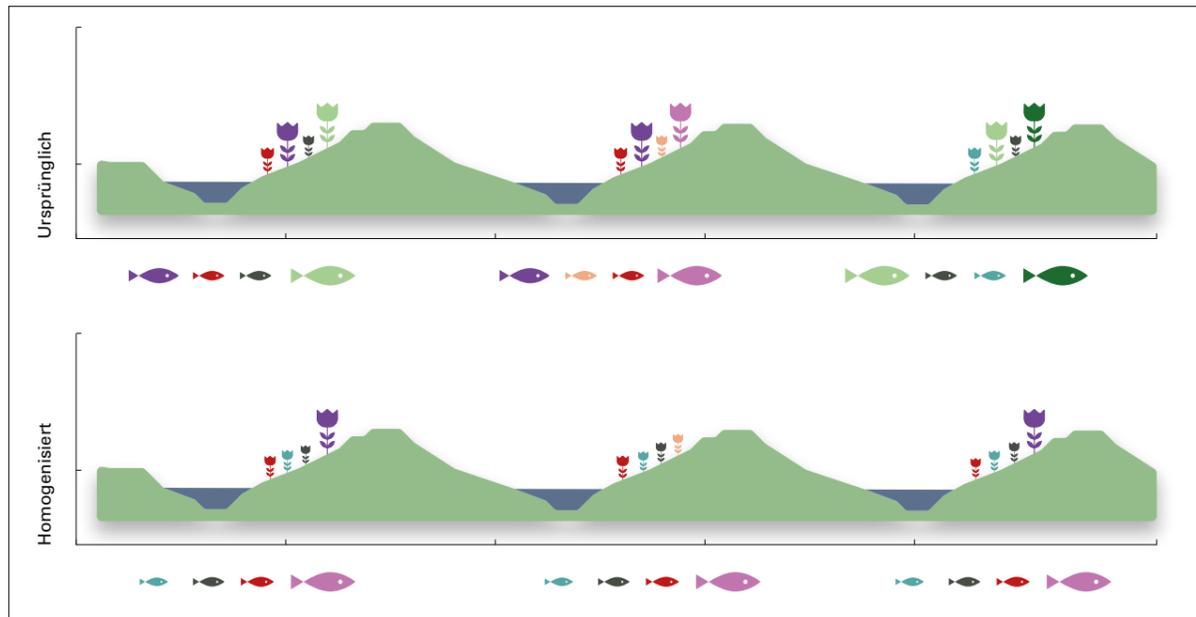


Abb. 21: Die Homogenisierung kann sowohl die Artenvielfalt als auch die Vielfalt an Merkmalen betreffen. In der Grafik wird die Artenvielfalt durch verschiedene Farben und die Merkmalsvielfalt durch verschiedene Grössen symbolisiert. In den Gewässern ist die Homogenisierung der Artenvielfalt besonders stark ausgeprägt, an Land die Homogenisierung der Merkmalsvielfalt. In unserem Beispiel hat die Homogenisierung in den Gewässern dazu geführt, dass in allen Gewässern einer Landschaft die gleichen Fischarten leben. Infografik VISIMON STUDIO

Umdenken zeigt Wirkung

Die Auswüchse des früheren Zeitgeistes werden seit der Jahrtausendwende stellenweise wieder rückgängig gemacht (Abbildung 22). Dadurch hat sich an den Schweizer Gewässern einiges zum Positiven gewandelt:

> Die verbliebenen Feuchtgebiete wie Auen und Moore von nationaler Bedeutung sind gesetzlich geschützt und werden immer häufiger standortgerecht gepflegt und wo nötig saniert. Trotz gesetzlichem Schutz hat sich die

Qualität der Moore aber nur teilweise erhalten oder verbessert und flächenmässig auf einem tiefen Stand eingependelt.

> Die Wasserqualität, die lange Zeit schlecht war, hat sich seit den 1970er Jahren wieder markant verbessert. Nach wie vor problematisch ist der Eintrag von Pestiziden, nicht zuletzt infolge der Drainagen, die Gewässer direkt mit Ackerflächen verbinden.

> Vielerorts wurden neue Weiher angelegt, die Wirkung zeigen (Kapitel 4).

> Vermehrt werden Bäche wieder ausgedolt, einst kanalisierte Flüsse und Bäche haben stellenweise mehr Raum bekommen und sind wieder besser mit dem Land vernetzt (Kapitel 6).



Abb. 22: In der Schweiz wurden in den letzten Jahren viele neue Weiher angelegt. Foto Beat Schaffner

Noch ist der Handlungsbedarf gross. Besonders grosse Herausforderungen sind der Klimawandel, ein biodiversitätsverträglicher Ausbau der erneuerbaren Energien, die Ausdehnung des Siedlungsraums und eine biodiversitätsfreundliche Landnutzung.

Der Einfluss des Klimawandels

Der menschengemachte Klimawandel verändert Umweltfaktoren, die das Überleben, die Verbreitung und die Aktivitätsmuster von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen beeinflussen. Häufigere und intensivere Extremwetterereignisse wie

Trockenperioden, Hitzewellen, Stürme und Überschwemmungen können direkte Auswirkungen auf die Biodiversität haben, beispielsweise indem sie Lebensräume zerstören. Die indirekten Auswirkungen sind schwerer nachweisbar. So

können die Veränderungen in Temperatur und Niederschlag zu Verschiebungen in Ökosystemen führen, die sich auf Wechselwirkungen auswirken können (Box 6, 7 und 8).

Box 6

Blaue und grüne Nahrungsnetze

Um die Gesamtwirkung von Umweltveränderungen in einem Lebensraum zu verstehen, müssen die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Arten berücksichtigt werden. Das setzt voraus, dass man weiss, welche Arten sich wie und warum beeinflussen.

Dank der zahlreichen Datensätze aus verschiedenen Biodiversitätsmonitoring-Programmen konnten Forschende für über 1000 Standorte in der ganzen Schweiz die Nahrungsnetze rekonstruieren. Dazu wurden alle potenziellen Verknüpfungen zwischen den Arten des jeweiligen Artenpools bestimmt, beispielsweise die Fressbeziehungen zwischen einer Fischart und ihren Beutetieren (z. B. Gewässerinsekten).

Die Resultate zeigen erstmals, dass blaue und grüne Nahrungsnetze grundsätzlich verschieden aufgebaut sind und

entlang eines Höhengradienten unterschiedlich strukturiert sind (Abbildung 23). Das lässt interessante Prognosen zu, denn der Höhengradient kann als Indikator für mögliche Reaktionen der Nahrungsnetze auf den Klimawandel dienen. Blaue und grüne Nahrungsnetze reagieren zudem unterschiedlich auf Landnutzungsformen. Beispielsweise kann ein und dieselbe Umweltveränderung aquatische und terrestrische Lebensgemeinschaften unterschiedlich beeinflussen, was zu komplizierten Gesamtauswirkungen auf die Biodiversität und die Ökosystemfunktionen führt. Das bedeutet, dass Bewirtschaftungsstrategien, die auf terrestrische Systeme angewendet werden, entgegengesetzte Kaskadeneffekte auf aquatische Systeme haben können.

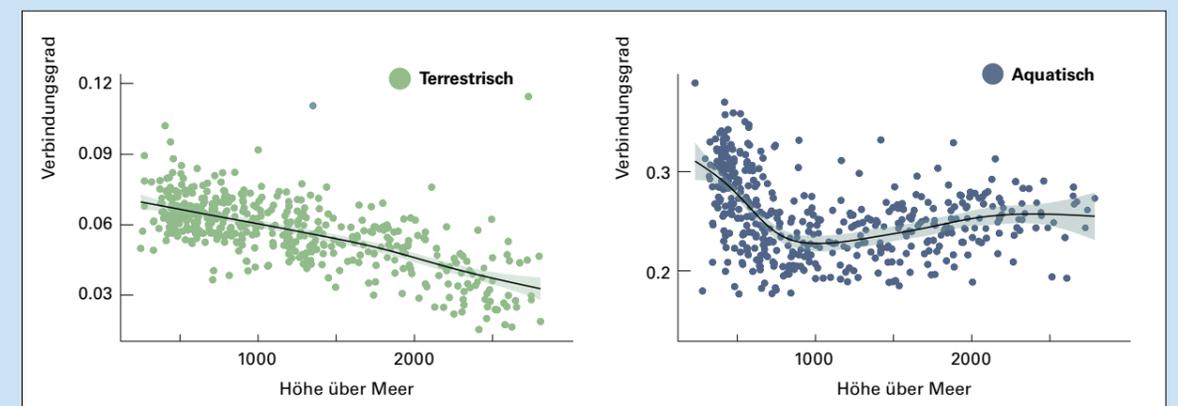


Abb. 23: Verbindungsgrad von aquatischen und terrestrischen Nahrungsnetzen entlang der Höhenlage. Der Verbindungsgrad beschreibt die Komplexität der potenziellen Art-Interaktionen (von 0 bis 1). Er gibt also an, wie vernetzt das System ist. Der Verbindungsgrad sinkt an Land kontinuierlich mit der Höhe. Auch in den Gewässern sinkt er zuerst mit zunehmender Höhe, pendelt sich danach aber auf einem konstanteren Wert ein. Verändert nach Ho et al. 2022

Ho H.C., Brodersen J., Gossner M.M., Graham C.H., Kaeser S., Reji Chacko M., Seehausen O., Zimmermann N.E., Pellissier L., Altermatt F. (2022): Blue and green food webs respond differently to elevation and land use. *Nature Communications* 13, 6415. doi.org/10.1038/s41467-022-34132-9

Ho H.C., Pellissier L., Altermatt F. (2023): Die Klimaerwärmung bedroht die biologische Vielfalt und intensive landwirtschaftliche Nutzung kann dies zusätzlich verschärfen. *N+L Inside* 2023/1, 20–23.

Box 7

Blaue und grüne Systeme reagieren nicht im Gleichschritt

Der Klimawandel führt zu Veränderungen in der Phänologie, das heisst in den wiederkehrenden jahreszeitlichen Rhythmen der Natur. Was bedeutet das für das blau-grüne System? Gibt es allgemeine Trends oder grössere Unterschiede? Um diese Fragen auf globaler Ebene zu beantworten, haben Forschende mit Hilfe von Umweltbeobachtungs-Satelliten aus zwei Jahrzehnten und einer neu entwickelten Methode phänologische Ereignisse in 4264 Seen und ihren hydrologischen Einzugsgebieten aus allen Weltgegenden bestimmt. Die Resultate zeigen, dass die Phänologie des Phytoplanktons in Seen empfindlicher auf den Klimawandel reagiert

als jene der Vegetation in den umliegenden Wassereinzugsgebieten. Dies kann zu zunehmenden Abweichungen zwischen der blauen und der grünen Phänologie führen, die sich allerdings in Richtung und Ausmass stark zwischen den Regionen unterscheiden. Diese Erkenntnis ist wichtig, da die Landvegetation und das Phytoplankton der Seen als «Primärproduzenten» an der Basis der Nahrungsnetze stehen und weil Land- und Süsswasserökosysteme durch biogeochemische Kreisläufe und Arten, die in beiden Ökosystemen leben, eng miteinander verbunden sind.



Abb. 24: Jahreszeitliche Rhythmen in aquatischen und terrestrischen Ökosystemen entkoppeln sich zunehmend im Klimawandel. Foto Beat Schaffner

Box 8

Das Menü verschlechtert sich

Die zeitliche Abstimmung im blau-grünen System ist in Zeiten des Klimawandels nicht mehr selbstverständlich. Die wärmeren Temperaturen beeinflussen bereits heute die Flugzeiten und Aktivitätsmuster von Insekten. Viele Arten nutzen die wärmeren Bedingungen im Frühjahr und treten früher im Jahr auf. Wasserinsekten schlüpfen durchschnittlich eine Woche, Landinsekten fast zwei Wochen früher als noch in den 1990er Jahren.

Für frühbrütende Vogelarten und ihre Jungen mögen das gute Nachrichten sein. Den spätbrütenden Zugvögeln, deren Bestände bereits heute im Sinkflug sind, steht dagegen weniger Nahrung zur Verfügung (Abbildung 25), die zudem tiefere Qualität aufweist (Abbildung 13). Brut und Insektenverfügbarkeit entkoppeln sich für diese Arten. Dieses Beispiel zeigt, dass eine Verschiebung von blau-grünen Nahrungsflüssen die terrestrische Biodiversität – hier die Populationsdichte von Singvögeln – negativ beeinflussen kann.

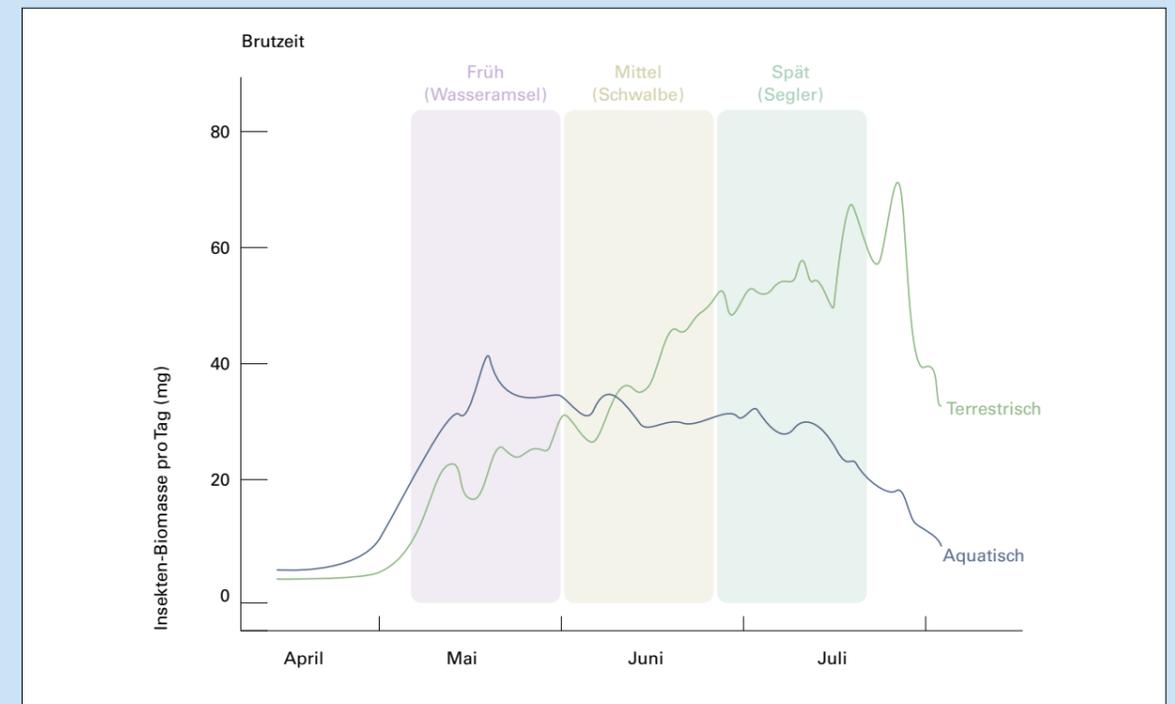


Abb. 25: Biomasse an aquatischen Insekten (blau) und terrestrischen Insekten (grün) pro Tag im Verlauf der Brutsaison von früh, mittel und spät brütenden Vögeln (mit Beispielarten). Dargestellt ist der Mittelwert aus dem Untersuchungszeitraum zwischen 1989 bis 2014. Die Daten wurden in Nordamerika erhoben. Verändert nach Shipley et al. 2022

Shipley J.R., Twining C.W., Mathieu-Resuge M., Parmar T.P., Kainz M., Martin-Creuzburg D., Weber C., Winkler D.W., Graham C.H., Matthews B. (2022): Climate change shifts the timing of nutritional flux from aquatic insects. *Current Biology* 32, 1–8. doi.org/10.1016/j.cub.2022.01.057

Twining C.W., Weber C., Kowarik C., Gossner M.M., Graham C.H., Shipley J.R., Matthews B. (2022): Zum Fressen gern: Unsere Gewässer aus der Vogelperspektive. *Wasser Energie Luft* 114/2, 68–74.

Insektenvielfalt im Wandel

Die Vielfalt und Häufigkeit von Insekten hat im Schweizer Mittelland und in vielen Teilen Europas im letzten Jahrhundert aufgrund von Lebensraumzerstörungen und der Verschlechterung der Lebensraumqualität abgenommen. Weil Insekten in den Ökosystemen wichtige Aufgaben wahrnehmen (z. B. als Bestäuber, Zersetzer oder als Nahrungsgrundlage für Wirbeltiere), stehen sie seit der Jahrtausendwende im Fokus zahlreicher Untersuchungen. Die Herausforderung besteht darin, standardisiert erhobene Datensätze zu verwenden und Trends richtig zu interpretieren. Bisher zeigt sich ein heterogenes Bild: Während in manchen Regionen und Ländern das Insektensterben weiterzugehen scheint, gibt es in anderen Regionen auch stabilisierte oder sogar wieder steigende Trends, allerdings ausgehend von einem tiefem Ausgangsniveau.

Letzteres ist teilweise auch in der Schweiz zu beobachten, die über wertvolle Datensätze verfügt. Langfristige kantonale und nationale Monitoringprogramme lassen Schlussfolgerungen über die Entwicklung der aquatischen Insektenvielfalt zu. In diesen Programmen werden die Vorkommen von wirbellosen Tieren dokumentiert, die auf dem Grund der Fliessgewässer leben. Dazu zählen vor allem die Larven verschiedener Insekten, aber auch Mu-

scheln, Schnecken, Flohkrebse und Egel. Weil viele Arten schwer auseinander zu halten sind, werden sie oft nur auf Familien-Niveau bestimmt.

Biodiversitätsveränderungen in Gewässern

Bei den Gewässerwirbellosen ist die Vielfalt an Insektenfamilien an den meisten Messstellen seit den 1990er Jahren entweder stabil oder sogar wieder am Steigen, wie die Daten der kantonalen Monitoringprogramme zeigen (Abbildung 26, farbige Linien). Ursache ist die verbesserte Wasserqualität infolge des Baus von Kläranlagen ab den 1960er Jahren.

Diesen Trend bei den Insektenfamilien zeigen auch Daten des «Biodiversitätsmonitorings Schweiz» BDM sowie des Programms «Nationale Beobachtung Oberflächengewässer» NAWA (Abbildung 26, schwarze und graue Linie): Zwischen 2010 bzw. 2011 und 2019 nahm die durchschnittliche Anzahl an Familien grosser Wirbelloser (Makroinvertebraten) pro Monitoringstelle zu. Dieses Phänomen wurde auch europaweit beobachtet: Nach Tiefstständen in der Gewässerbiodiversität in den 1970er bis 1990er Jahren ist auf immer noch tiefem Niveau teilweise eine gewisse Erholung zu beobachten. Dabei ist zu beachten, dass diese Monitoringprogramme vor allem häufigere Arten er-

fassen; viele der spezialisierten, seltenen Arten verzeichnen weiterhin Bestandsabnahmen und gelten als bedroht.

Gebert F., Bollmann K., Siber R., Schuwirth N. (2022): Zeitliche Trends von Makroinvertebraten. Kantonale und nationale Monitoringdaten im Vergleich. *Aqua & Gas* 102/10, 76–82.

Wärmeliebende Arten geben den Ausschlag

Über die Ursachen der jüngsten Trends kann nur spekuliert werden, weil die verschiedenen Arten einer Familie sehr unterschiedliche ökologische Eigenschaften haben können. So bedeutet eine Zunahme an Familien nicht zwangsläufig, dass sich der ökologische Zustand der Gewässer verbessert hat. Eine Zunahme der lokalen Vielfalt an Familien könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich Vertreter bestimmter Familien ausbreiten, was auf eine unerwünschte Homogenisierung der Fauna hinweisen würde. Für genaue Analysen braucht es Daten auf Artniveau. Das BDM bietet diese Daten, indem es die Larven der drei Insektenordnungen Eintags-, Stein- und Köcherfliegen bis auf Artniveau bestimmt. Auch auf dieser Ebe-

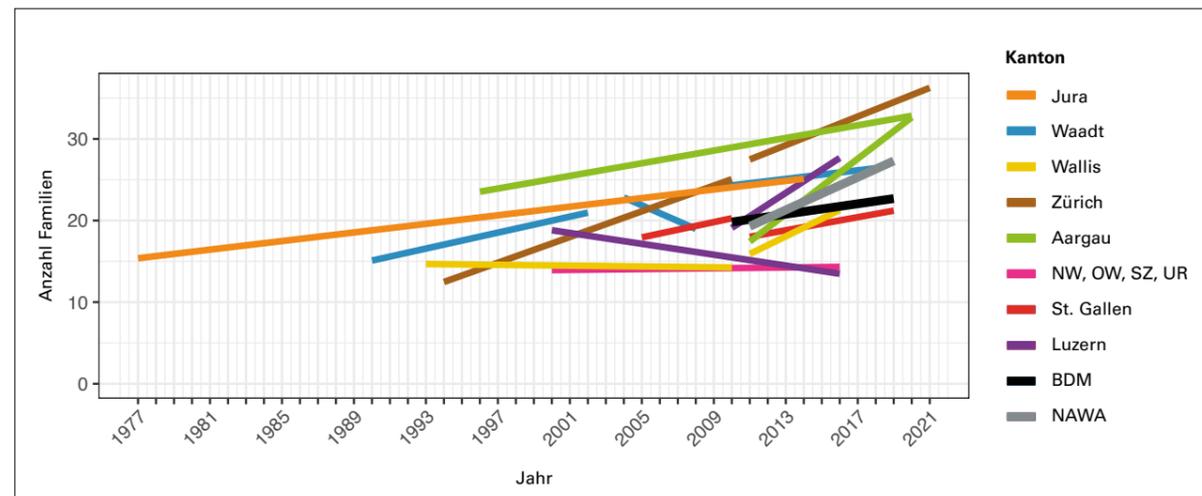


Abb. 26: Entwicklung der Wasserinsekten auf Familien-Niveau. Gezeigt wird jeweils der Trend der Anzahl Familien, die an einer Messstelle vorkommen, gemittelt über alle Stellen eines Monitoringprogramms. Datengrundlage: 11 kantonale Monitoringprogramme, zwei nationale Monitoringprogramme (BDM, NAWA). Zum Teil gibt es mehrere Trendlinien pro Kanton, wenn unterschiedliche Methoden angewandt wurden. Die Linien wurden mit generalisierten linearen Modellen berechnet. Verändert nach Gebert et al. 2022

ne findet man in den letzten zwei Jahrzehnten stabile oder leicht zunehmende Trends (für die ganze Schweiz). Da vor allem wärmeliebende Arten zugenommen haben, dürfte hier der Klimawandel eine wichtige Rolle spielen: An warme Bedingungen angepasste Arten scheinen vom Temperaturanstieg von rund 1,5°C in den letzten 20 Jahren profitiert zu haben. Ebenfalls zugenommen haben Arten, die gegenüber Pestiziden tolerant sind. Für Pestizid-sensitive und kälteliebende Arten gibt es dagegen keine positiven Trends. Die Zunahme der Artenvielfalt findet vor allem in mittleren Höhenlagen statt, und zwar durch Arten, die gut mit wärmeren Bedingungen umgehen können und vermutlich häufiger wurden oder aus tieferen Lagen eingewandert sind. Ob dieser Trend anhält, müssen zukünftige Analysen zeigen. Neuste Daten des Biodiversitätsmonitorings Schweiz BDM deuten darauf hin, dass die Verbreitung von Charakterarten der kalten Gebirgsbäche tendenziell sinkt – Arten also, für die die Schweiz eine besondere internationale Verantwortung hat. Setzen sich all diese Entwicklungen fort, führt dies zu einer Homogenisierung der Artenzusammensetzung (Box 5). Weil mit diesen standardisierten Erhebungen seltene Lebensraumspezialisten

nicht erfasst werden können, gelten die Trends nur für häufige und mittelhäufige Arten. Die Rote Listen-Programme, die gezielt Bestände von stark gefährdeten oder vom Aussterben bedrohter Arten untersuchen (z. B. Eintags-, Stein- und Köcherfliegen, Libellen, Amphibien, Fische), zeigen für viele dieser Arten weiterhin ein gleichbleibendes oder erhöhtes Aussterberisiko.

Gebert F., Obrist M.K., Siber R., Altermatt F., Bollmann K., Schuwirth N. (2022): Recent trends in stream macroinvertebrates: warm-adapted and pesticide-tolerant taxa increase in richness. *Biology Letters* 18. doi.org/10.1098/rsbl.2021.0513

Wandel auch auf dem Land

Parallel zu den Gewässerökosystemen hat sich in der Schweiz seit der Jahrtausendwende auch die Insektenvielfalt an Land infolge der Ausbreitung von wärmeliebenden Arten auf lokaler Ebene erhöht. Forschende haben dazu Daten zur Insektenvielfalt, Individuendichte und Biomasse analysiert, die zwischen 2000 und 2007 an 42 Standorten verteilt über die

ganze Landesfläche erhoben wurden. Sie fanden in diesem Zeitraum bei den untersuchten Organismengruppen stabile oder zunehmende Trends (Abbildung 28).

Diese steigenden Trends in jüngerer Zeit starteten allerdings von einem tiefem Ausgangsniveau und lassen sich wie bei den Gewässerinsekten auf die steigenden Durchschnittstemperaturen aufgrund des Klimawandels zurückführen. Die Forschenden weisen darauf hin, dass sich eine weitere Erwärmung in Kombination mit häufigeren Dürreereignissen negativ auf die Insektenvielfalt, Individuendichte und Biomasse auswirken könnte.

In Zeiten des Klimawandels sind Massnahmen zur Erhaltung und Förderung der Insekten auf der Ebene der Landschaft wichtig. Damit sich unter aktuellen und zukünftigen Umweltbedingungen stabile und resiliente Artengemeinschaften entwickeln können, braucht es grosse und vernetzte Quellpopulationen bzw. eine intakte ökologische Infrastruktur (Kapitel 5 und 6).

Globaler Trend

Die in der Schweiz beobachtete Verschiebung hin zu wärmeliebenden Arten gilt auch auf globaler Ebene. Forschende haben dazu Daten zu Veränderungen



Abb. 27: Köcherfliegen in einem Fliessgewässer in der Schweiz. Köcherfliegen und andere aquatische Insekten reagieren sensitiv auf Veränderungen der Gewässerqualität und -temperatur. Foto Michel Roggo

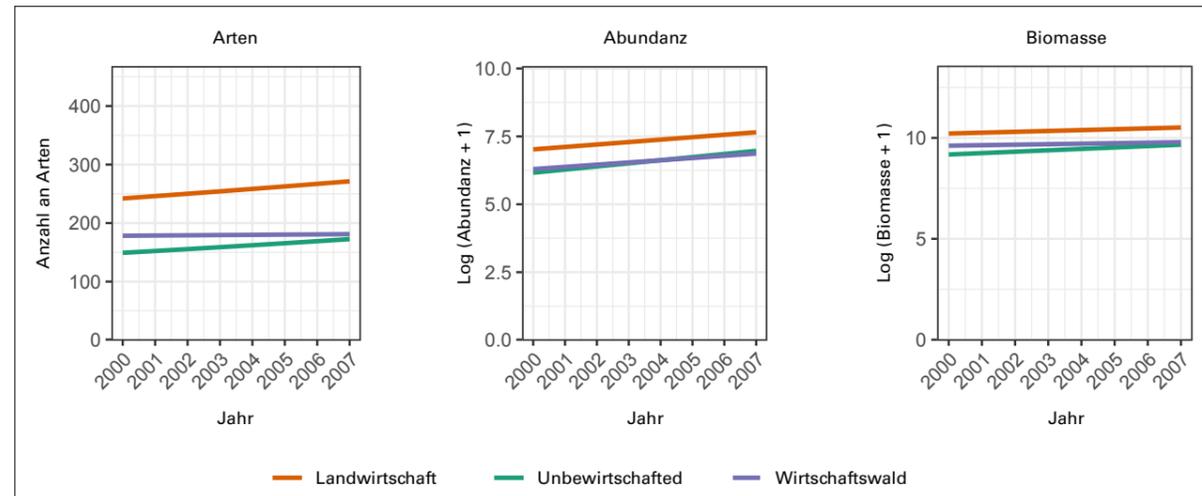


Abb. 28: Entwicklung der Artenvielfalt, Abundanz (Häufigkeit) und Biomasse von terrestrischen Insekten in drei verschiedenen Lebensraumtypen der Schweiz. Datengrundlage: Rapid Biodiversity Assessment (RBA) Switzerland. Verändert nach Gebert et al. 2024

Kapitel 4

Eine blau-grüne Erfolgsgeschichte

Die Landschaft braucht wieder mehr Wasser und blau-grüne Wechselwirkungen. Der Handlungsbedarf ist gross. Doch es gibt auch gute Nachrichten: Gezielte Massnahmen sind erfolgreich, eine Trendwende ist möglich. Beispielsweise konnten durch den Neubau von mehreren hundert Weihern im Kanton Aargau die Bestände fast aller Amphibienarten stark gefördert oder zumindest stabilisiert werden.

Gebert F., Bollmann K., Schuwirth N., Duelli P., Weber D., Obrist M.K. (2024): Similar temporal patterns in insect richness, abundance and biomass across major habitat types. *Insect Conservation and Diversity* 17, 139–154. doi.org/10.1111/icad.12700

der Artenvielfalt aus allen Weltregionen zusammengetragen und ausgewertet. Der globale Datensatz deckt 6201 terrestrische Gemeinschaften mit Pflanzen, Vögeln, Insekten und Säugetieren sowie 7123 aquatische Gemeinschaften mit Fischen, Insekten sowie Phyto- und Zooplankton ab. Für jede Gemeinschaft lagen Artenlisten für zwei verschiedene Zeitpunkte im Abstand von 5 bis 38 Jahren zwischen 1980 und 2019 vor. Es zeigt sich ein klares Muster: Wärmeliebende Arten werden häufiger, an Kälte angepasste Arten werden seltener. Dabei gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen Süsswasser- und Landlebens-

räumen. Die Geschwindigkeit dieser sogenannten Thermophilisierung als Reaktion auf die Temperaturveränderung unterscheidet sich jedoch zwischen den blauen und grünen Ökosystemen: An Land verändert sich die Artenzusammensetzung schneller.

Noch ist nicht geklärt, wieso das so ist. Die unterschiedlichen Eigenschaften der Arten könnten eine wichtige Rolle spielen. So ist denkbar, dass der Grad der Spezialisierung auf verschiedene Temperaturbereiche in den beiden Ökosystemen unterschiedlich ist.

Wie stark die Veränderungen sind, hängt in terrestrischen Ökosystemen von der Artenvielfalt ab. Artenreiche Gemeinschaften an Land reagieren langsamer auf die steigenden Temperaturen als artenarme Gemeinschaften. Das heisst aber nicht, dass diese Gemeinschaften nicht irgendwann unter Druck geraten werden. Es könnte nur länger dauern. Im Süsswasser konnten die Forschenden einen ähnlichen Trend beobachten, also eine höhere Widerstandsfähigkeit bei artenreicheren Gemeinschaften, doch ist er

weniger ausgeprägt als in terrestrischen Lebensräumen.

Solche Untersuchungen helfen zu verstehen, wie ökologische Gemeinschaften auf den Klimawandel reagieren und woher Unterschiede in ihren Reaktionen kommen. Die Gründe zu kennen ist der Schlüssel zur Entwicklung besserer Strategien für den Erhalt und die Bewirtschaftung von Ökosystemen und zur Identifizierung der Arten, die besonders anfällig für lokales Aussterben sind.

Khaliq I., Rixen C., Zellweger F., Graham C.H., Gossner M.M., McFadden I.R., Antão L., Brodersen J., Ghosh S., Pomati F., Seehausen O., Roth T., Sattler T., Supp S.R., Riaz M., Zimmermann N.E., Matthews B., Narwani A. (2024): Warming underpins community turnover in temperate freshwater and terrestrial communities. *Nature Communications* 15, 1921 (9 pp.). doi.org/10.1038/s41467.024.46282-z

Kernbotschaften

- > Der Klimawandel führt teilweise zur Entkopplung von blauen und grünen Systemen, was sich negativ auf wichtige Wechselwirkungen auswirken kann.
- > Wärmeliebende Arten werden sowohl in den Gewässern als auch an Land häufiger. Was diese Entwicklung für die Biodiversität bedeutet, ist noch unklar.



Abb. 29: Grasfrosch zur Laichzeit. Foto Beat Schaffner

Alarmierende Bestandsrückgänge

Amphibien wechseln im Jahresverlauf zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen hin und her. Nur wenn beide Lebensräume in einem guten Zustand sind, können die Arten dauerhaft überleben. Weil die ökologische Qualität der Lebensräume in den Tieflagen der Schweiz generell tief ist, ist auch die Summe der negativen Einflüsse auf Amphibien besonders gross.

Die Entwässerung und Fragmentierung der Landschaft (Kapitel 3) sowie die Intensivierung der Landnutzung hat die Amphibien schwer getroffen. Die Erhebungen für die nationale Rote Liste 2005 haben alarmierende Bestandsrückgänge zu Tage gefördert: Rund die Hälfte der Populationen, die seit den 1980er Jahren dokumentiert worden waren, mussten als erloschen bezeichnet werden. 70 %

der 20 einheimischen Amphibienarten wurden als gefährdet eingestuft. Klar war: Ohne entschlossenes Handeln würde die Vielfalt der Amphibienarten weitere dramatische Einbussen erleiden. Die Auswertung eines einzigartigen Datensatzes hat nun gezeigt, dass mit der richtigen Strategie Biodiversitätsverluste gestoppt und ein positiver Trend erreicht werden kann.

Schnelles Eingreifen ist die richtige Strategie

Im Kanton Aargau hatte die zuständige kantonale Naturschutzfachstelle ein Amphibienkonzept zur Erhaltung und Förderung der Amphibienarten und ihrer

Bestände erarbeitet. Während manche Bedrohungen wie der Eintrag von Pestiziden in naturnahe Lebensräume, Krankheiten oder Wanderbarrieren nur schwer reduziert werden können, gab es gegen den Verlust von Weihern und Tümpeln eine einfache Lösung: Den Bau von Laichgewässern, von denen bis 2019 rund 400 neu angelegt wurden.

Weil die verschiedenen Amphibienarten unterschiedliche Ansprüche an die Laichgewässer stellen, wurden verschiedene

Typen gebaut, vom kleineren Tümpel, der im Spätsommer austrocknet und dann im kommenden Jahr frei von Fressfeinden ist, bis zum grossen Weiher (Abbildung 30). Zahlreiche Akteure konnten für das Vorhaben gewonnen werden. Dementsprechend vielfältig sind die angelegten Gewässer. Neue Weiher und Tümpel finden sich im Kulturland, in Kiesgruben, im Wald, an Waldrändern, entlang von Eisenbahnlinien und unter Hochspannungsleitungen.



Abb. 30: Weiermosaik kurz nach der Fertigstellung im Kanton Aargau. Die grosse Wasserfläche verteilt sich auf mehrere, gut besonnte Gewässer unterschiedlicher Grösse und Tiefe. Foto Beratungsstelle IANB

Moor H., Holderegger R., Bergamini A., Schmidt B.R., Vorburger C. (2023): Weierbau stoppt Abwärtstrend bei Amphibien. Aqua Viva, 65/3, 8–11.

Trendwende teilweise eingeleitet

Um den Erfolg der Massnahmen zu messen, wurde ein Monitoring in den 400 neuen und in rund 450 bereits bestehenden Weihern gestartet. Dank einer professionellen Leitung und dem Einsatz zahlreicher freiwilliger Helferinnen und Helfer kam ein wahrer Datenschatz zusammen, der von Forschenden ausgewertet wurde. Mit Hilfe von statistischen Modellen, die auch die Wahrscheinlichkeit integrieren, dass eine Art bei einer Felddaufnahme übersehen wurde, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler überprüft, wie sich die Amphibienbestände entwickelt haben. Die Resultate sind ermutigend: Alle 12 weierbewohnenden Amphibienarten im Kanton Aargau besiedeln die neuen Gewässer. Bei zehn Arten führte dies zu einer teilweise starken Zunahme der Anzahl Vorkommen. So war der Laubfrosch im Reusstal 2019 in viermal so vielen Gewässern anzutreffen als noch 1999 (Abbildung 31, schwarze Linie).

Das bisherige Angebot an Amphibienlaichgebieten im Kanton hat sich dank der 400 neuen Weiher markant verdichtet, und die Vernetzung von bisher isolierten Gewässern wurde verbessert. Dadurch stieg auch die Anzahl von Wiederbesiedlungen jener Weiher, die vor 1999 existierten, aber verwaist waren (z. B. beim Laubfrosch: Abbildung 31, gelbe Linie).

Moor H., Bergamini A., Vorburger C., Holderegger R., Bühler C., Egger S., Schmidt B.R. (2022): Bending the curve: Simple but massive conservation action leads to landscape-scale recovery of amphibians. PNAS 119. doi.org/10.1073/pnas.212.307.0119

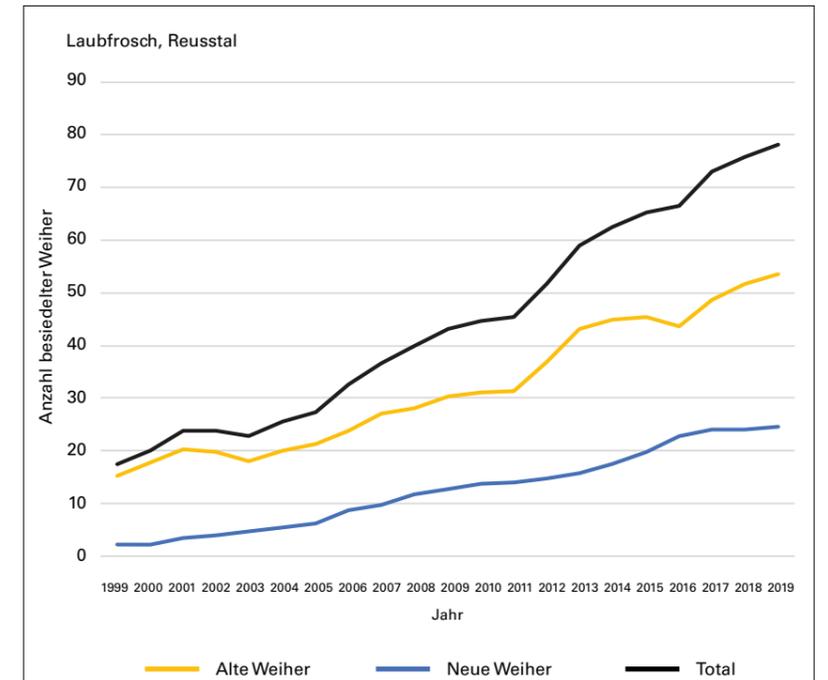


Abb. 31: Entwicklung der Anzahl vom Laubfrosch (siehe Foto) besiedelter Weiher im aargauischen Reusstal zwischen 1999 und 2019. Verändert nach Moor et al. 2022. Foto Andreas Meyer

Amphibiensterben abgewendet

Für manche Arten sind die neuen Kleingewässer regelrechte Rettungsinseln: Die Gelbbauchunke wurde 2019 fast doppelt so häufig in neuen Weihern angetroffen wie in alten. In alten Teichen sind dagegen über 50 % der Vorkommen erloschen (Abbildung 32, gelbe Linie). Als Pionierart kolonisiert die Gelbbauchunke besonders schnell neue Gewässer, die bevorzugt klein, gut besonnt und vegetationsarm sind. Insgesamt nahm die Zahl der besiedelten Gewässer dank der neuen Weiher deutlich zu.

Nur zwei Amphibienarten, die auf nationaler Ebene seit Jahrzehnten sinkende Bestände aufweisen, profitierten kaum von den neuen Gewässern. Bei beiden handelt es sich um Lebensraumspezialisten, die nur noch selten anzutreffen sind. Während bei der Geburtshelferkröte die Anzahl Vorkommen immerhin stabilisiert werden konnte, haben die Bestände der Kreuzkröte auch im Kanton Aargau weiter abgenommen. Die Kreuzkröte benötigt grosse flache Laichgewässer, die im Spätsommer regelmässig austrocknen. Die Verfügbarkeit solcher speziellen Gewässer ist auch im Kanton Aargau weiterhin ein limitierender Faktor.

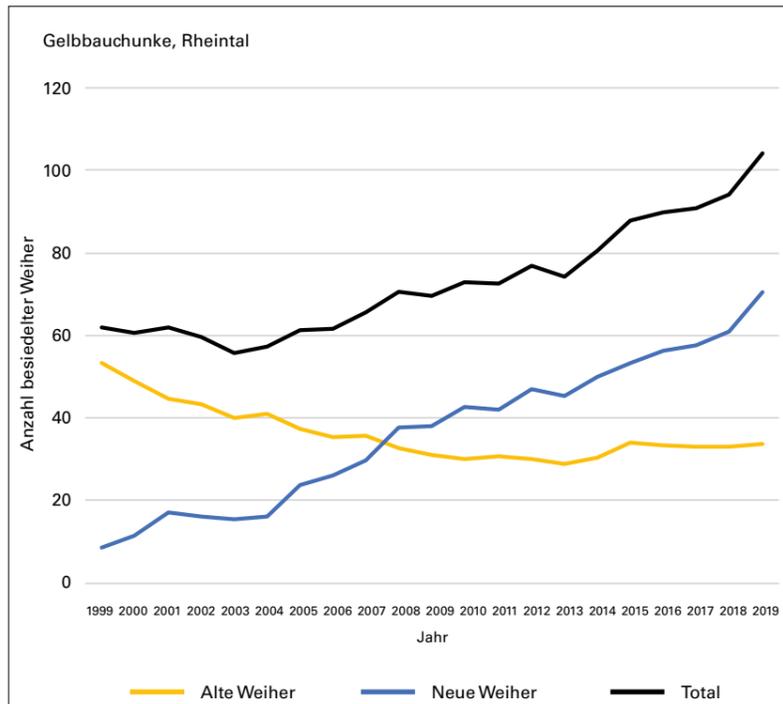


Abb. 32: Entwicklung der Anzahl von der Gelbbauchunke (siehe Foto) besiedelter Weihern im aargauischen Rheintal zwischen 1999 und 2019. Nur dank der neuen Teiche hat die Bestandsgrösse zugenommen. Verändert nach Moor et al. 2022. Foto Andreas Meyer

Wertvolles Wissen für die Praxis

Aus dem Forschungsprojekt und den Monitoringdaten des Kantons Aargau lassen sich mehrere Erfolgsfaktoren ableiten. So ist die Dichte an Gewässern

matchentscheidend: Zwei bis vier besetzte Weiher pro Quadratkilometer fördern bei den meisten Arten die dauerhafte Besiedlung. Dies bedeutet, dass

die Entfernung zur nächstgelegenen Population nicht mehr als 500 Meter betragen sollte. Da die Arten unterschiedliche Präferenzen in Bezug auf den Gewässertyp haben, ist eine höhere Anzahl verschiedener Weiher pro Quadratkilometer erforderlich, um mehrere Arten zu begünstigen.

Neben den Amphibien profitieren viele andere Artengruppen wie Libellen und Pflanzen der Feuchtgebiete von neuen Kleingewässern (Abbildung 33). Weiher sind regelrechte Hotspots der aquatischen Biodiversität und werden zudem rege von terrestrischen Tieren wie Vögeln oder Fledermäusen genutzt.



Abb. 33: Neben Amphibien profitieren zahlreiche weitere Organismengruppen wie Libellen von neuen Weihern. Foto Beat Schaffner

Moor H., Bergamini A., Vorburger C., Holderegger R., Bühler C., Bircher N., Schmidt B. (2024). Building pondscapes for amphibian metapopulations. *Conservation Biology* e14165. doi.org/10.1111/cobi.14281

Anstrengungen weiterführen und ausweiten

Der Erfolg des Amphibienschutzprogramms im Kanton Aargau beruht auf dem schnellen und beharrlichen Handeln als Reaktion auf die beobachteten Bestandsrückgänge in den 1980er und 1990er Jahren. Das Anlegen von Weihern ermöglichte Biodiversitätsförderung auch in intensiv genutzten Landschaften, z.B. in Ackerbauflächen.

Auch in anderen Kantonen wurden vermehrte Anstrengungen im Amphibienschutz eingeleitet, was zu lokalen Erfolgen in der ganzen Schweiz geführt hat. Die Resultate dieses Engagements kann man in der neuen Roten Liste 2023 ablesen: Der Rückgang mehrerer Arten hat sich auch auf nationaler Ebene verlangsamt, sodass sie als weniger gefährdet

eingestuft werden konnten als 2005. Wenn die Anstrengungen zum Erhalt und zur Förderung der Amphibien ausgeweitet und Programme wie im Kanton Aargau zur Regel werden, dann besteht die Möglichkeit, dass dieser positive Trend anhalten wird.

Kernbotschaften

- > Werden die richtigen Rahmenbedingungen geschaffen und die richtigen Massnahmen ergriffen, kann der Biodiversitätsschwund abgewendet werden. Der langfristige Erfolg von Renaturierungsmassnahmen lässt sich durch Monitoringprogramme belegen.
- > Eine Vielfalt von Gewässertypen fördert eine Vielzahl von Amphibienarten mit jeweils unterschiedlichen Lebensraumansprüchen.

Kapitel 5

Clevere Städte und Gemeinden schaffen blau-grüne Infrastrukturen

Ein Netzwerk aus naturnahen Lebensräumen im Siedlungsraum ist eine attraktive Antwort auf viele Herausforderungen wie Klimawandel und Biodiversitätsverlust. Voraussetzung ist eine multifunktionale Gestaltung dieser sogenannten blau-grünen Infrastruktur und die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure aus unterschiedlichen Fachbereichen.

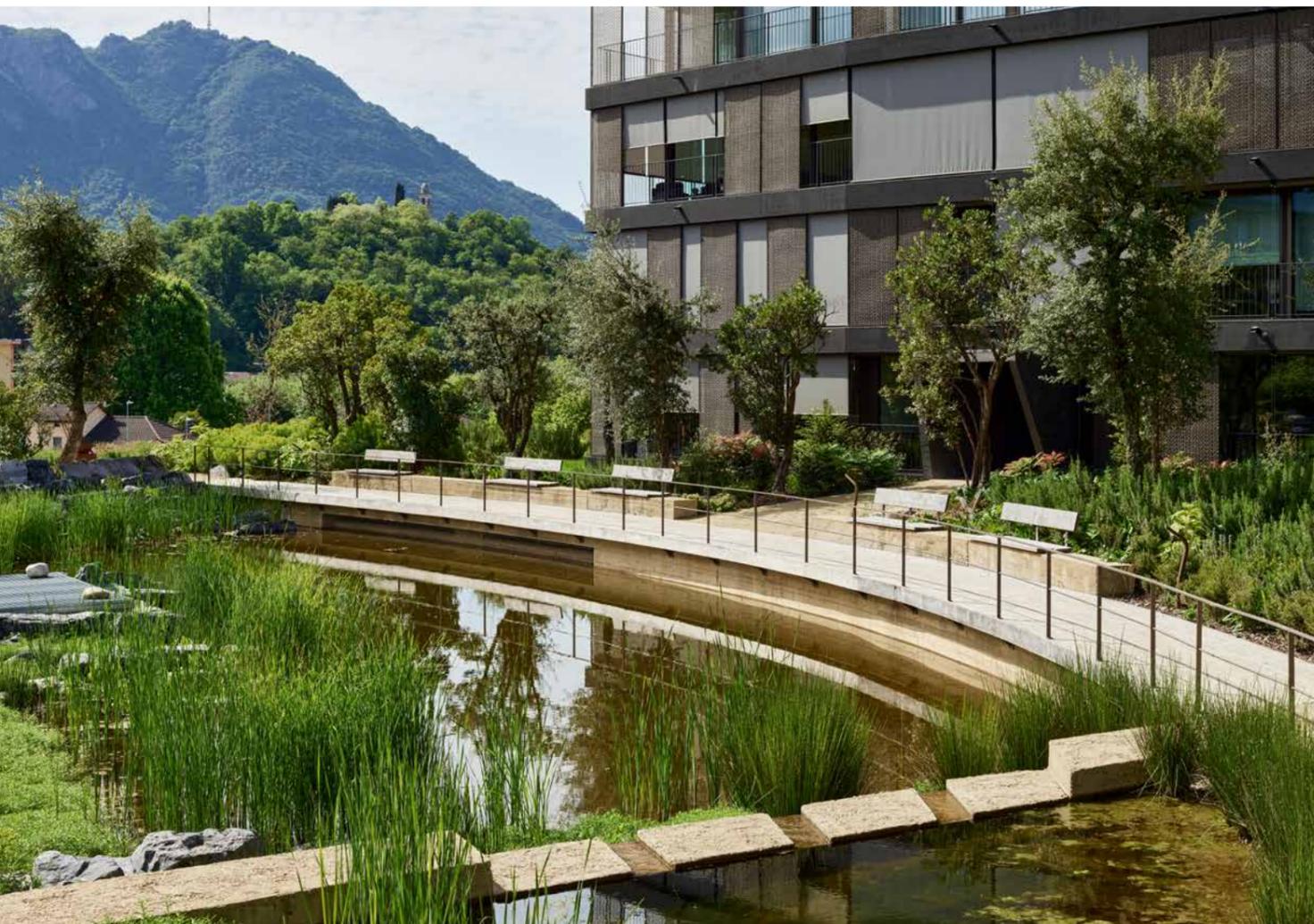


Abb. 34: Ökologisch wertvolles Wasserrückhaltebecken im Siedlungsraum (Parco Casarico, Sorengo TI). Foto Igor Ponti

Wasser speichern statt ableiten

Städte bestehen aus Unmengen von Beton, Steinen und Asphalt. Ein grosser Teil der Fläche ist versiegelt und damit komplett wasserundurchlässig. Das anfallende Regenwasser wird über ein unterirdisches System aus Rohren möglichst rasch aus dem Siedlungsraum abgeleitet. Via Kanalisation sickert das Wasser nicht in Richtung Grundwasser, sondern rauscht (teilweise via Kläranlage oder direkt) in die Flüsse und Seen – und innerhalb weniger Tage bis Wochen ins Meer. Die Ausdehnung der Siedlungsfläche und die zunehmende bauliche Verdichtung führen zu Problemen, die mit dem Klimawandel noch verstärkt werden:

- > Die Versiegelung erhöht das Überschwemmungsrisiko durch Oberflächen-

chenabfluss und Kanalisationsrückstau. Klimamodelle gehen davon aus, dass Starkniederschläge in den kommenden Jahrzehnten wesentlich häufiger und intensiver werden. Die heutige Siedlungsentwässerung ist diesen Herausforderungen nicht mehr gewachsen, und Anpassungsmassnahmen, ob konventionell oder innovativ, sind unabdingbar.

- > In den letzten Jahren wurde ein Hitze rekord nach dem anderen verzeichnet. Beton und Asphalt heizen sich auf und speichern die Sonnenenergie. Städte und Agglomerationen entwickeln sich zu Hitzeinseln, in denen die Wohn- und Lebensqualität sinken. Vor allem für gefährdete Teile der Bevölkerung bergen Hitzeinseln akute Gesundheitsrisiken.

Noch sind unsere Städte und Agglomerationen nicht so gestaltet, dass sie auch in einem wärmeren Klima eine angenehme Aufenthalts- und Lebensqualität bieten.

- > Weniger und zunehmend weit verstreute Grünflächen bedeuten einen Verlust an Versickerungsfläche, aber auch an Biodiversität. Dies verschärft die nationale Biodiversitätskrise mit negativen Auswirkungen auf ökologische Prozesse und Leistungen des Ökosystems.
- > Die sofortige Ableitung des oftmals verschmutzten Regenwassers aus dem Siedlungsraum führt in den Gewässern innerhalb und ausserhalb der Städte bereits nach einem mittleren Regenereignis zu einem unnatürlichen Hochwasser, das Gewässerökosysteme schädigen kann.

Das Schwammstadt-Konzept

Die Lösung ist bestechend einfach: Ein naturnah gestalteter Wasserhaushalt macht den Siedlungsraum biodiverser, sicherer, lebenswerter sowie resilienter gegenüber dem Klimawandel (Abbildung 34). Er sorgt für lokales Versickern und Verdunsten und verbessert das Mikroklima. Erreichbar ist dies mit ökologisch aufgewerteten oder neu geschaffenen Land- und Gewässerlebensräumen. Bei sorgfältiger Planung entsteht ein ökologisches Netzwerk (Box 9). Zusammen mit

baulichen und technischen Massnahmen (z. B. unterirdische Zisternen) verweilt das Wasser länger und sicherer in der Stadt, weshalb das Konzept auch den Namen Schwammstadt trägt. Verschiedenste Pionierbeispiele aus der Schweiz und weltweit haben bereits die Wirksamkeit und Praxistauglichkeit bewiesen. Wichtige Herausforderungen wie Klimaanpassung, Naturgefahrenprävention, Erhalt von Biodiversität und Lebensqualität können gleichzeitig angegangen werden. Hinzu kommen die bessere

Luftqualität, saubereres Wasser und naturnahe Naherholungsgebiete mit Potenzial zur Sensibilisierung der Bevölkerung für die Belange und den Wert der Biodiversität.

Perrelet K., Moretti M., Dietzel A., Maurer M., Cook L. (2023): Schwammstädte – für und mit Biodiversität gestalten. Hotspot 48, 22–23.

Box 9

Blau-grüne versus ökologische Infrastruktur

Die **ökologische Infrastruktur** ist ein landesweit geplantes Netzwerk aus Flächen, die wichtig für die Biodiversität sind und weitere Leistungen erbringen. Sie besteht aus Kern- und Vernetzungsgebieten, die in ausreichender Qualität und Quantität vorhanden und in geeigneter Anordnung im Raum verteilt sein müssen. In seiner Strategie Biodiversität Schweiz hat der Bundesrat beschlossen, eine solche ökologische Infrastruktur zu schaffen.

Blau-grüne Infrastrukturen in Städten und Agglomerationen sind Untereinheiten der ökologischen Infrastruktur. Hier braucht es eine ganz spezielle Planung der einzelnen aquatischen und terrestrischen Elemente, aber auch eine gezielte Vernetzung mit dem Umland.

Effiziente Wasserspeicher

Experimente und Beobachtungen auf der ganzen Welt zeigen, dass blau-grüne Infrastrukturen Regenwasser aufnehmen, speichern und kontrolliert abgeben. Die Abflussmenge in technische Entwässerungsanlagen reduziert sich, die Wasserqualität des abfliessenden Wassers in die Gewässer steigt und Grundwasser wird angereichert. Es lohnt sich also, in Städten Natur nachzuahmen.

Zu den Elementen einer blau-grünen Infrastruktur gehören nicht nur Parks und Gärten, sondern auch Gründächer, sickerfähige Beläge, bepflanzte Rückhaltebecken, Versickerungsgräben, Rückhalteteiche, Mulden und Bodensenken in Parks sowie andere begrünte Freiflächen. Auch begrünte Fassaden und Einzelbäume können durch die grosse Blattoberfläche den Abfluss von Wasser reduzieren.

Die verschiedenen Elemente tragen unterschiedlich stark zu diesen Leistungen bei. Während kleinräumige Lebensräume wie Gründächer und bepflanzte Rückhaltebecken vor allem die Wasserqualität verbessern, indem sie Schadstoffe auffangen, halten grössere Elemente wie städtische Feuchtgebiete und Regenwasserteiche mit zusätzlicher Einstau-Funktion Starkniederschläge zurück und geben das Wasser dosiert wieder ab. Bei genügender Substrattiefe funktionieren auch Gründächer wie ein Schwamm, und kleinere Regenmengen gelangen nicht bis zur Kanalisation.

Um blau-grüne Infrastrukturen effizient zu gestalten, ist es wichtig, dass der Faktor Biodiversität mit einbezogen wird. Vielfältige Artgemeinschaften und Nahrungsnetze sind stabiler und wider-

standsfähiger und bedürfen daher weniger Pflege. Das vielfältige Wurzelsystem biodiverser Gemeinschaften und eine hohe Vielfalt an Bodenorganismen verbessern das Wassermanagement.

Diese biologischen Aspekte werden noch zu wenig berücksichtigt, was zu einer fehlenden Kohärenz und unausgeschöpften Synergien zwischen ingenieurtechnischen und ökologischen Zielen führt. Um dies zu ändern müssen sowohl das ökologische als auch das ingenieurtechnische Fachwissen zusammengebracht werden. Es gilt, blau-grüne Infrastrukturen für und mit Biodiversität zu planen und zu gestalten.

Natürliche Klimaanlage

Eine blau-grüne Infrastruktur kann die Hitze in Städten beträchtlich mindern. Die dominanten Kühlmechanismen sind dabei die Verdunstung aus Böden, Vegetation und Wasserflächen sowie die Reduktion der Hitzespeicherung von Fassaden, Dächern, und Plätzen durch Beschattung oder Bewuchs.

In vielfältigen und strukturreichen Stadtparks reduziert sich die Lufttemperatur um bis zu 7°C. Grosse offene Wasserflächen mit begrünten Ufern können die Temperaturen um bis zu 5°C senken. Die Kühlwirkung ist je nach Windströmung und Grösse der naturnahen Elemente noch in bis zu 100 Metern Entfernung spürbar.

Gründächer und Fassadenbegrünungen haben zusätzlich eine direkte Kühlwirkung auf das Innenklima der Gebäude.

Eine Kombination aus Vegetation und offenen Wasserflächen ist besonders wertvoll. Solche Lebensraummosaiken sind nicht nur besonders effiziente Klimaanlagen, sondern auch attraktive Na-



Abb. 35: Wasser im städtischen Raum ist ein klimaausgleichendes Gestaltungselement. Durch die Verdunstungskühle können insbesondere Temperaturspitzen reduziert werden. Dieser zwei Hektaren grosse See ist das prägende Element des Opfikerparks in der Wohnstadt Glattpark. Foto Francine van den Brandeler

tur, Erholungs- und Spielflächen. Zudem leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Biodiversität. Diese wiederum wirkt sich positiv auf alle anderen Leistungen aus. Beispielsweise vervielfacht die Pflanzenvielfalt die Heterogenität von Blättern und Kronendächern. Dies verbessert die Luftzirkulation, die Schattenbildung, die Verdunstung und

Kühlung, die Luftqualität und die Lärm-minderung.

Mit mikroklimatischen Modellen lässt sich der Einfluss von blau-grünen Infrastrukturen auf die Temperaturdynamik in Siedlungen darstellen. Für mehrere grosse Schweizer Städte konnte ein erheblicher Effekt von bereits vorhandenen Grünflächen nachgewiesen werden.

Bach P.M., Probst N., Maurer M. (2021): Urbane Strategien zur Hitzeminderung. Wie wirksam sind blau-grüne Infrastrukturen? Aqua & Gas 2021/10, 20–25.

Hort der Biodiversität

Monitoringprogramme und lokale Erhebungen zeigen, dass Städte und Dörfer bemerkenswert viele Tier- und Pflanzenarten beherbergen können – wenn man ihnen Raum und hochwertige und vielfältige blau-grüne Lebensräume und Strukturen zugesteht (Box 10). Siedlungen können sogar als Refugium für Arten dienen, die an den verbauten Gewässern, im Landwirtschaftsland und in Wäldern keine Le-

bensräume mehr finden (z. B. Alt- und Tot-holzkäfer in und an alten Stadtbäumen).

Mit Umwelt-DNA Biodiversität erfassen

Um die Artenzusammensetzung schnell und effizient zu bestimmen und auch die versteckte Biodiversität zu erfassen, haben Forschende in Zürich die neue Technologie der Umwelt-DNA (eDNA)

angewandt. Diese macht sich zunutze, dass Organismen überall in der Umwelt genetisches Material hinterlassen. Dazu gehören Exkrememente, Pollen, Hautschuppen, Schleim und vieles mehr. Das Erbgut wird aus Wasser-, Boden- und Luftproben extrahiert, sequenziert und mit DNA-Datenbanken verglichen. Zum Vorschein kam eine erstaunliche Vielfalt an Arthropoden (u. a. Insekten,



Abb. 36: Eine blau-grüne Infrastruktur mildert die Hitze in Städten (Chriesbach, Dübendorf). Foto Giulia Donati

Krebstiere, Spinnen). Die Resultate zeigen aber auch, dass es grosse Unterschiede in Bezug auf die lokale Artenvielfalt gibt. Viele Grünflächen hatten lange Zeit lediglich einen dekorativen Charakter und tragen wenig zur Biodiversität bei. Die Artenvielfalt sowohl an Land als auch in den angrenzenden Gewässern war dort besonders hoch, wo die Grünflächen extensiv und biodiversitätsfreundlich gepflegt wurden.

Ökologische Qualität sicherstellen

Um Biodiversität zu gewährleisten, sollten die aquatischen und terrestrischen Lebensräume genügend gross, vielfältig, vernetzt und von guter ökologischer Qualität sein. Beispielsweise muss das Substrat auf Flachdächern ausreichend tief sein. Nur so kann sich eine gros-

se Pflanzenvielfalt ansiedeln und die Schwammwirkung erhöht werden. Wichtig ist auch die strukturelle Komplexität der Flachdächer (z.B. Steine, Altholz, unregelmässiges Substrat). Diese kann auch durch technische Elemente erhöht werden. Beispielsweise strukturieren Solarpanels den Lebensraum, indem sie zu schattigen Flächen, feuchteren Stellen und ungemähten Bereichen führen. Gleichzeitig gilt es, tödliche Fallen zu entschärfen. Dazu gehören Keller- und Entwässerungsschächte, in denen jedes Jahr viele Tausend Amphibien verschwinden und sterben. Auch technisch gestaltete Wasserrückhaltebecken müssen systematisch mit Ausstiegshilfen für Amphibien und Kleinsäuger bestückt sein. Wichtig ist eine insgesamt gute Vernetzung der verschiedenen grünen, blauen

und blau-grünen Elemente, die es Arten erlaubt, sicher zu wandern.

Im Laufe der Zeit kann die blau-grüne Infrastruktur durch Bodenerosion, durch die Ansammlung von Sedimenten, Schadstoffen und Abfällen beeinträchtigt werden. Dem Unterhalt sollten die verschiedenen involvierten Akteure daher bereits von Beginn weg Aufmerksamkeit schenken und Ressourcen zugestehen. Nur so kann die Leistungsfähigkeit der blau-grünen Infrastruktur langfristig gewährleistet sein. Wichtig ist, dass dabei Biodiversität nicht nur geschont, sondern auch gefördert und überwacht wird (Monitoring). Denn eine biodiverse blau-grüne Infrastruktur verbessert nachweislich das Regenwassermanagement, die Wasserqualität und die Hitzeminderung.

Zusammenarbeit als Grundvoraussetzung

Das Aufzeigen von Synergien durch multifunktionale Nutzungen auf dem teuren Stadtboden kann zu einer Ausdehnung von blau-grünen Infrastrukturen bzw. zu einer Umsetzung im grossen Massstab führen, weil viele neue Akteure hinzugewonnen werden können. Zurzeit erschweren (bestehende oder fehlende) gesetzliche Vorschriften und mangelndes Bewusstsein bei relevanten Akteuren oder fehlende Ressourcen die Maximierung der Multifunktionalität der Flächen

(z.B. Dachbegrünungen, Grundwasserschutz).

Um den Siedlungsraum zukunftstauglich zu machen, müssen alle Akteure zusammenarbeiten – Ingenieure, Ökologen, Planer für Stadt- und Verkehrsentwicklung, Siedlungsentwässerung und Hochwasserschutz, Privatpersonen, Grundeigentümer, die Besitzer grosser Immobilienportfolios wie Pensionskassen und Versicherungen und viele mehr. Es gilt, integrale und gesamtheitliche Lösungen zu planen und um-

zusetzen (Kapitel 6). Allerdings ist auch zu bedenken, dass Einheitslösungen nur selten möglich sind und eine lokale Betrachtung in jeder Planung zwingend nötig ist.

Smith V., Cook L.M., Oppliger S. (2023): Umsetzung blau-grüner Infrastruktur weltweit. Was kann die Schweiz daraus lernen? Aqua & Gas 2023/9, 16–24.

Box 10

Blaue Lebensräume sind zentral für die städtische Biodiversität

In allen Schweizer Städten hat man in den letzten 150 Jahren Bäche eingedolt. Allein in Zürich wurden zwischen 1850 und 1980 rund 80 Kilometer offene Bäche in den Untergrund entsorgt. Damit verschwanden wichtige Lebensräume für viele aquatische und terrestrische Arten. Die Überlastung des Kanalisationssystems und die Biodiversitätskrise führten schliesslich zu einem Umdenken. In den vergangenen 35 Jahren kamen insgesamt 16 Kilometer Bachlauf wieder ans Tageslicht.

Ökologisch und ökonomisch sinnvoll

Diese revitalisierten Bäche sind wieder Lebensraum für zahlreiche Pflanzenarten, wie eine Untersuchung in Zürich ergeben hat. Zwar konnten im Wasser und in der Uferzone keine gefährdeten Arten nachgewiesen werden, aber es war erfreulich, dass invasive Neophyten nur spärlich vertreten waren – dies vermutlich als Folge der effizienten Neophytenbekämpfung durch Grün Stadt Zürich.

Die Artenvielfalt variierte deutlich zwischen einzelnen Bachabschnitten. Eine sehr starke Beschattung, eine hohe Nährstoffverfügbarkeit im Boden und ein hoher Anteil versiegelter Fläche im Umkreis von 500 Metern wirkte sich negativ auf die Anzahl Pflanzenarten aus. Ein hoher Versiegelungsgrad dürfte ein starkes Indiz dafür sein, dass die Bäche mit dem Umland schlecht vernetzt sind.

Die Offenlegungen haben sich auch ökonomisch gelohnt: Schätzungsweise 220 bis 320 Liter Wasser pro Sekunde

wird von den Kläranlagen ferngehalten. Weil die oftmals sanierungsbedürftigen Röhren, in denen der Bach floss, nicht ersetzt werden mussten und die Gewässer offen fliessen, konnten 16 Millionen Franken eingespart werden.

Auch terrestrische Lebensräume profitieren

Wie wichtig aquatische Lebensräume für die gesamte Biodiversität einer Stadt sind, haben Forschende in Zürich anhand eines umfangreichen Datensatzes nachgewiesen, den Grün Stadt Zürich zwischen 2008 und 2017 in seinen Grünflächen erhoben hat. Von den zahlreichen neuen Bächen und Weihern mit ihren angrenzenden blau-grünen Lebensräumen profitieren nicht nur halb-aquatische Arten wie Libellen und Amphibien, sondern auch Vögel, Schmetterlinge und Heuschrecken.

Wassergebundene Faktoren sind offenbar ein Schlüssel für die Verbreitung vieler Arten. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der Erhaltung, Wiederherstellung und Schaffung neuer blauer Lebensräume in Städten.

Schnorf H., Bergamini A., Cook L., Moretti M. (2022): Revitalisierte Bäche leisten einen Beitrag zur städtischen Pflanzenvielfalt. N+L Inside 2022/4, 35–39.



Abb. 37: Die Bachöffnung des Hirzenbachs in Schwamendingen dauerte von 1987 bis 1992 und veränderte das Landschaftsbild stark. Wo vorher die Strasse verlief (links), befindet sich nun der befreite Hirzenbach. Erst noch spärlich bewachsen (Mitte) fliesst er heute inmitten von Gebüsch und Bäumen (rechts). Fotos links und Mitte AWEL Zürich, Foto rechts Hektor Schnorf

Ökologische Infrastruktur strategisch planen

Ein funktionsfähiges Netzwerk aus blauen und grünen Lebensräumen auf der ganzen Landesfläche ist zentral für die Erhaltung und Förderung einer reichhaltigen und widerstandsfähigen Biodiversität (Abbildung 38). Es erlaubt den Tierarten die Nutzung räumlich verteilter Ressourcen im Tagesverlauf, saisonale Wanderungen vom Überwinterungs- zum Brutgebiet, den genetischen Austausch zwischen Populationen, Neubesiedlungen von geeigneten Lebensräumen sowie grossräumige Ausbreitung im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Die Realität sieht allerdings anders aus. Dies gilt auch für den Siedlungsraum mit seinem hohen Anteil an versiegelten Flächen und stark befahrenen Verkehrswe-

gen, welche funktionsfähige Netzwerke erschweren. Nur eine sorgfältige und vorausschauende Planung und Umsetzung kann zu einer intakten ökologischen Infrastruktur führen und damit Biodiversität schrittweise stärken.

Donati G.F.A., Bolliger J., Psomas A., Maurer M., Bach P.M. (2022): Reconciling cities with nature: Identifying local Blue-Green Infrastructure interventions for regional biodiversity enhancement. *Journal of Environmental Management* 316. doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115254

Wertvolle Korridore

Mit Hilfe umfangreicher Datensätze zur heutigen Verbreitung von zehn Amphibienarten sowie zur Landnutzung und Bodenbedeckung haben Forschende in den Kantonen Aargau und Zürich eine ökologische Netzwerkanalyse durchgeführt und dabei potenzielle Lebensräume

Donati G.F.A., Bolliger J., Psomas A., Maurer M., Bach P.M. (2021): Blau-grüne Infrastruktur: Eine Möglichkeit zur Förderung der biologischen Vielfalt in vom Menschen geprägten Landschaften? *N+L Inside* 2021/4, 41–44.

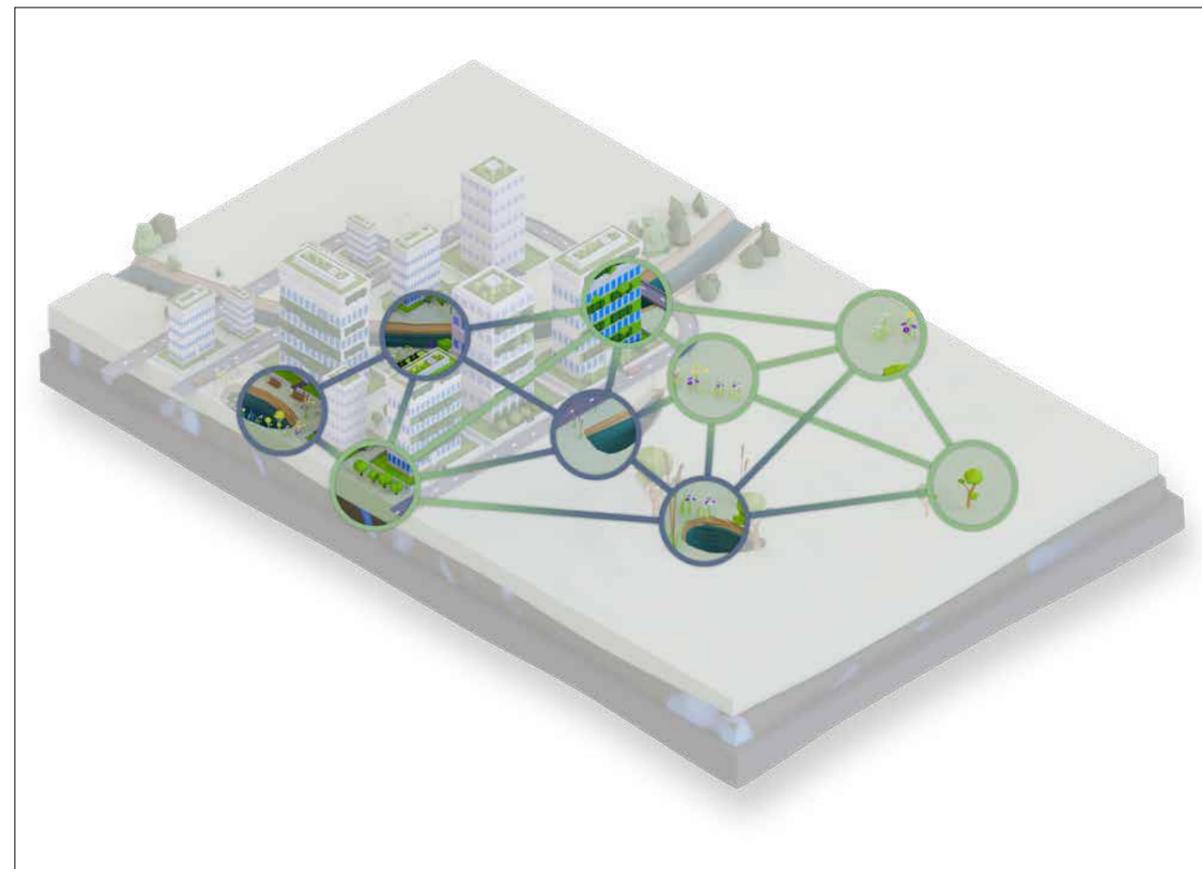


Abb. 38: Schematische Darstellung einer ökologischen Infrastruktur im Schweizer Mittelland aus blauen und grünen Elementen. Dazu gehören Flächen wie Flüsse und Wälder, Bäche und Stadtparks, Übergangsbereiche wie Ufer und Feuchtgebiete sowie eine Vielzahl landwirtschaftlicher Flächen, aber auch neue Elemente wie vertikale Gärten und Pflanzenkläranlagen. Infografik VISIMON STUDIO

und Ausbreitungskorridore räumlich identifiziert. Amphibien sind besonders gute Indikatoren für den Vernetzungsgrad, weil sie zwischen Landlebensräumen und Laichgewässern wandern und daher einer unterbrochenen Lebensraumvernetzung besonders ausgesetzt sind. Die Resultate der Studie zeigen, dass Waldränder, Feuchtwälder, Ackerland mit erhöhter Bodenfeuchte und Uferbereiche besonders wichtige Korridore sind. Im Siedlungsraum bedecken Amphibienkorridore 11 % der bestehenden Grünflächen (z.B. Gärten, Parks, Friedhöfe,

Sportplätze) und 3 % der versiegelten Flächen.

Priorisierung und Massnahmen

Um die Vernetzung von Amphibien zu verbessern, haben die Forschenden ermittelt, wie eine funktionsfähige ökologische Infrastruktur aus Kern- und Vernetzungsgebieten für Amphibien aussehen könnte und wo Gebiete prioritär erhalten oder aufgewertet werden müssten. Im Siedlungsraum bedeutet dies unter anderem, dass einzelne Strassenabschnitte Kleintierdurchlässe benötigen und die

Intensität der Freiflächennutzung überdacht werden muss.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass es für die langfristige Erhaltung der Amphibienvielfalt nicht ausreicht, die Elemente einer ökologischen Infrastruktur dort zu bauen, wo dies zufällig gerade möglich ist. Damit eine strategische Planung von Erfolg gekrönt ist, braucht es eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren. Die Kombination an Akteuren variiert dabei zwischen den verschiedenen Standorten (Kapitel 6, Abbildung 39).

Kernbotschaften

- > Eine blau-grüne Infrastruktur in Städten liefert Lösungen für zentrale Herausforderungen (z. B. Klimaanpassung, Hochwasserschutz, Naturgefahrenprävention, Erhalt von Biodiversität und Lebensqualität). Wichtig ist das Bündeln von ökologischem und ingenieurtechnischem Fachwissen und die Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Akteuren.
- > Es gilt, Schwammstadt-Ideen für jedes Quartier und jede Gemeinde zu entwickeln und umzusetzen. Biodiversität ist bei jedem Schritt mitzudenken. Wichtig ist das Aufzeigen von Synergien durch Mehrfachnutzungen auf teurem Stadtboden.
- > Für die langfristige Erhaltung der Biodiversität reicht es nicht aus, die Elemente einer ökologischen Infrastruktur dort zu bauen, wo dies zufällig gerade möglich ist.

Kapitel 6

Die ökologische Infrastruktur gemeinsam planen und umsetzen

Die Schweiz benötigt intakte Netzwerke aus ökologisch möglichst wertvollen Flächen, die sowohl aquatische als auch terrestrische Elemente umfassen. Dazu braucht es nicht nur eine ökologische Analyse, die zeigt, welche Lebensräume in welcher Grösse und Qualität wo im Raum verteilt sein müssen. Weil Lebensräume stark vom Menschen geprägt sind, sollte parallel zur ökologischen auch eine Stakeholder-Analyse durchgeführt werden, die jene Akteure identifiziert, die für die entsprechenden Lebensräume verantwortlich sind. So lassen sich Lücken und Synergien im gemeinsamen und koordinierten Handeln für eine funktionierende ökologische Infrastruktur identifizieren.

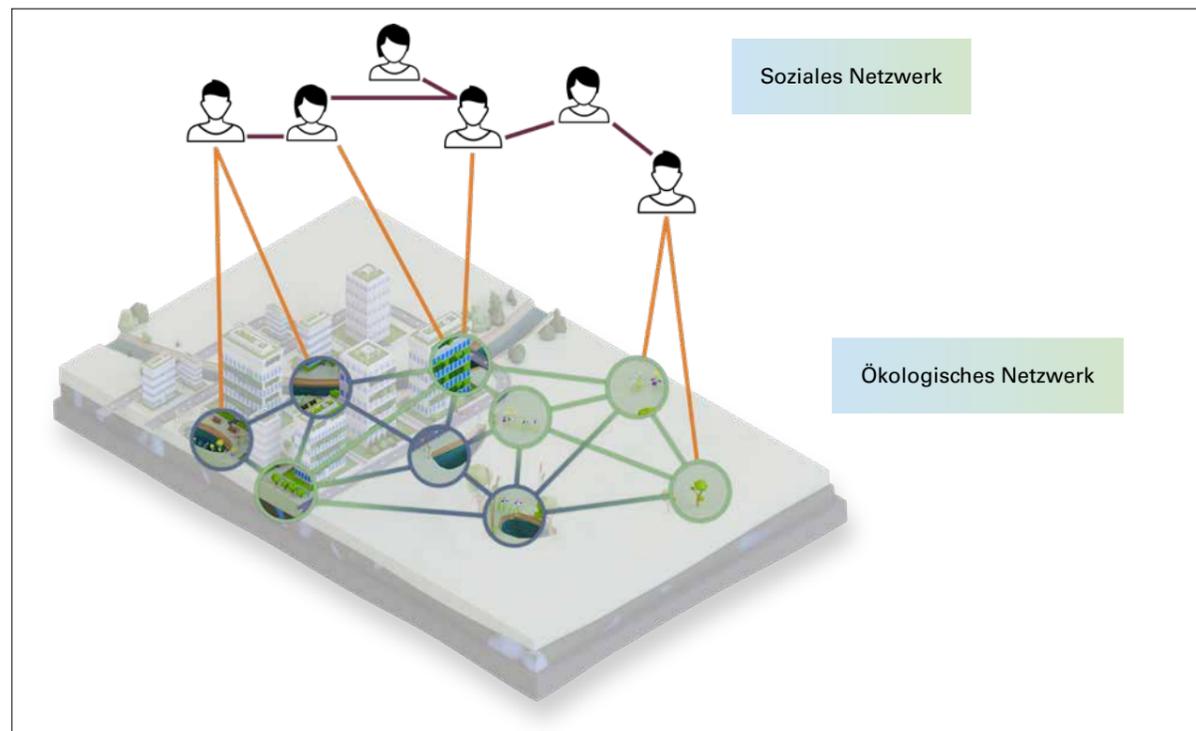


Abb. 39: Beispiel eines sozio-ökologischen Netzwerks: Für jede Vernetzung zwischen zwei ökologischen Knoten im ökologischen Netzwerk (vgl. Abb. 38) gibt es relevante Zusammenarbeit zwischen zwei oder mehreren Akteuren im sozialen Netzwerk. Die Knoten eines intakten sozialen Netzes umfassen verschiedene Akteure, die in den unterschiedlichen Elementen des ökologischen Netzes aktiv sind und die Lebensraumqualität mitbestimmen. Verändert nach Donati et al. 2023; Infografik VISIMON STUDIO

Die Vielfalt der Akteure

Auf den ersten Blick sind die Verantwortlichkeiten für die einzelnen Lebensräume klar verteilt: Die Waldwirtschaft pflegt den Waldrand, die Hausbesitzenden das begrünte Flachdach, die Stadtverwaltung den Park, das Facility Management die Grünfläche beim Bürogebäude, die Stromgesellschaft die Fläche unter der Hochspannungsleitung, der Hochwasserschutz die Versickerungsfläche, der Naturschutz die ökologisch besonders wertvollen Flächen, der Greenkeeper die

extensiven Grünflächen auf dem Golfplatz, der Wasserbau bewirtschaftet den Fluss, die Landwirtschaft die Wiesen, Weiden und Äcker, und so weiter. Eine gross angelegte Umfrage in acht Regionen im Schweizer Mittelland (Kantone Aargau und Zürich) hat allerdings ergeben, dass die meisten naturnahen Flächen, die Bestandteil der ökologischen Infrastruktur sind oder sein könnten, jeweils von vielen Akteuren aus ganz unterschiedlichen Sektoren direkt oder indirekt beeinflusst

werden. Die Qualität eines Waldrandes hängt beispielsweise nicht nur von der Waldwirtschaft ab, sondern auch von der Freizeitnutzung, vom benachbarten Golfplatz oder der angrenzenden Landwirtschaftsfläche. Hat der Bauer einen breiten, extensiv genutzten Saum vor dem Waldrand ausgeschieden oder einen Maisacker angelegt? Werden die Roughs biodiversitätsfreundlich bewirtschaftet? Die Antworten entscheiden darüber, ob Biodiversität beeinträchtigt oder gefördert wird.

Koordiniertes Vorgehen

Für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität auf einer bestimmten Fläche am Waldrand wäre es von Vorteil, wenn die Personen aus der Wald- und Landwirtschaft sowie dem Freizeitsektor miteinander über ihre jeweilige Landnutzungsart reden würden (Abbildung 39). Wenn die Landnutzer und Landbesitzenden sich dagegen nicht koordinieren oder gegenseitig informieren, sondern unabhängig voneinander handeln, kann das zu einer ineffizienten, widersprüchlichen und konfliktbehafteten Bewirtschaftung der blau-grünen Infrastrukturelemente führen und

damit zu negativen Auswirkungen auf die Biodiversität (Abbildung 40). Beispielsweise sollte ein Landwirt im Idealfall seine Wiese nicht genau dann mähen, wenn die jungen Frösche aus dem Weiher in die Wälder wandern. Der Aufbau einer intakten ökologischen Infrastruktur ist dann wirkungsvoll, wenn sich alle relevanten Akteure (inkl. den jeweiligen Grundbesitzenden) untereinander koordinieren, zusammenarbeiten und aktiv austauschen – und zwar nicht nur punktuell, sondern prozessorientiert «Schritt für Schritt». Das bedeutet:

Neben einer ökologischen Analyse (Kapitel 5) kann eine Stakeholder-Analyse entscheidend sein. Vor allem im Siedlungsraum herrscht diesbezüglich Nachholbedarf (Box 11).

Donati G., van den Brandeler F., Bolliger J., Fischer M. (2023): Wirksame blau-grüne Infrastruktur bedingt vernetzte Stakeholder. Hot-spot 48, 17–19.

Herausforderungen und Lösungsansätze identifizieren

Für ihre Stakeholder-Analyse haben die Forschenden Teilnehmende der Umfrage zu Workshops eingeladen. Zu den Anlässen kamen unter anderem Personen vom Golfverband, von Naturschutzverbänden, ökologischen Beratungsunternehmen, Familiengartenvereinen, Vertreter aus verschiedenen Gemeinden sowie von Behörden (z. B. Grün Stadt Zürich), aus der Wald- und Landwirtschaft, aus der Architektur, Landschaftsarchitektur und der Bauwirtschaft. Sie alle sind für die Umsetzung und den Unterhalt der öko-

logischen Infrastruktur wichtig. Ziel war es, ein Bewusstsein für die Breite des Themas zu schaffen, die Wichtigkeit einer gemeinsamen Betrachtung von ökologischen und sozialen Abhängigkeiten zu betonen und neue Zusammenarbeit unter den Teilnehmenden anzustossen. Wichtige Erfolgsfaktoren waren die grosse Vielfalt der Teilnehmenden sowie das Treffen in zwangloser Atmosphäre mit spontanen Gesprächen. Das heisst, «Markus» traf «Marguerite» und nicht «Abteilung X des Kantons Zürich» traf

«Bauernverband Zürich». Die Leute konnten spontan miteinander in Kontakt treten und sich über Probleme und Lösungen austauschen, ohne die anfängliche Barriere, die durch das Etikett der Organisation, die sie repräsentierten, hätte entstehen können. Die Teilnehmenden der Workshops identifizierten verschiedene Herausforderungen und Lösungsansätze bei Planung, Gestaltung und Umsetzung der ökologischen Infrastruktur:

Herausforderung**Silodenken**

Unterschiedliche Interessengruppen haben unterschiedliche Perspektiven, Prioritäten und Ziele im Zusammenhang mit der Nutzung und der Erhaltung natürlicher Ressourcen. Hinzu kommen unterschiedliche Arbeits- und Kommunikationskulturen. Der Fokus liegt auf eigenen Zielen und Aufgaben, ohne ausreichend mit anderen Bereichen zu kommunizieren oder zusammenzuarbeiten.

Unzureichende finanzielle und personelle Ressourcen

Dies kann dazu führen, dass die Anlage und Pflege von blaugrünen Elementen nicht vorankommt bzw. vernachlässigt wird. Damit einher geht ein meist geringer Stellenwert der Biodiversität. Biodiversität wird nicht von Anfang an in die Planung und Umsetzung integriert. Unzureichende Ressourcen erschweren zudem die Koordination.

Fehlender politischer Wille

Politische Entscheidungsträgerinnen und -träger spielen eine entscheidende Rolle bei der Festlegung von Rahmenbedingungen und Massnahmen. Ohne klare Vorschriften und Durchsetzungsmechanismen gelingt der Schutz von Arten und Lebensräumen nicht. Politischer Wille ist zudem mit der Bereitstellung finanzieller Ressourcen verbunden.

Mangelnde Bereitschaft, bestehende Praktiken zu ändern

Damit eine funktionsfähige ökologische Infrastruktur entstehen kann, ist oftmals eine Anpassung der gängigen Nutzungspraktiken und -intensitäten von Grünflächen und Gewässern erforderlich. Die Bereitschaft und die Kapazität hierfür sind aber oft tief.

Lösungsansatz

Die Lösung kann durch langjährigen Dialog, Vertrauensaufbau, Mediation, Konsensbildung, partizipative Entscheidungsfindung und die Entwicklung nachhaltiger Managementpläne erreicht werden. Wichtig ist der Dialog und der Austausch von Wissen, die Entwicklung von gemeinsamen Zielen und die kontinuierliche Kommunikation.

Es gilt immer wieder zu betonen, dass die Integration der Biodiversität in sämtliche Nutzungsentscheide auch den Menschen zugutekommt (z. B. saubere Luft, Lärmreduktion, Erholung, Hochwasserschutz und Klimaregulation). Entsprechende Investitionen verbessern nicht nur die Umweltqualität, sondern stärken auch die Resilienz gegenüber den Herausforderungen des Klimawandels. Wichtig sind Bildung und Sensibilisierung; nur so lassen sich Perspektivwechsel erreichen.

Um die ökologische Infrastruktur zu fördern, ist eine starke politische Unterstützung und der Wille zum Handeln erforderlich. Dies kann durch die Sensibilisierung politischer Entscheidungsträgerinnen und -träger sowie durch die Einbindung der Öffentlichkeit in Entscheidungsprozesse erreicht werden. Wichtig sind klare Vorgaben, wo nötig auch gesetzliche Anpassungen (z. B. Biodiversitätsgesetz im Kanton Genf).

Hilfreich sind eine lösungsorientierte Kommunikation ohne Schuldzuweisungen, Bildung, Bewusstseinsbildung, Anreize, partizipative Entscheidungsfindung und die Integration von ökologischen Aspekten in wirtschaftliche Modelle.

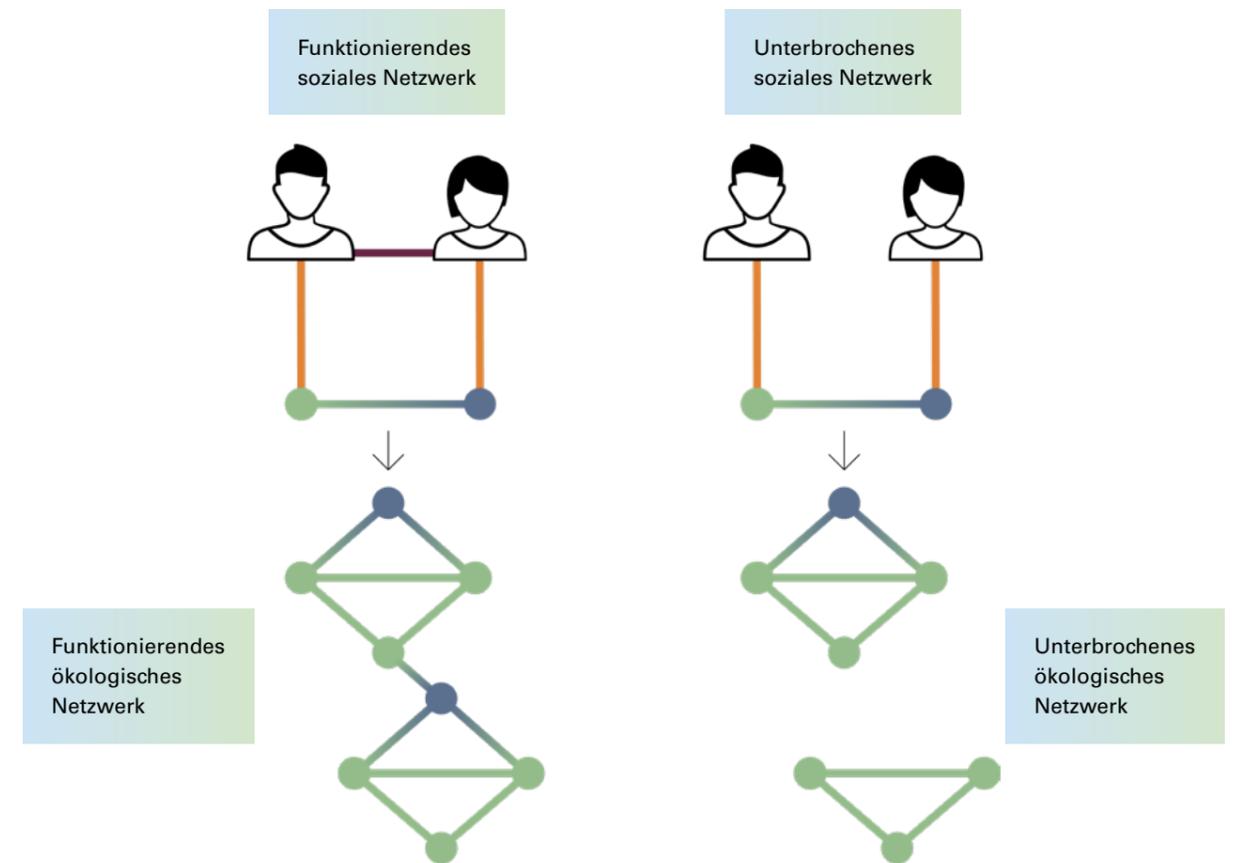


Abb. 40: Das sozial-ökologische Netzwerk besteht aus einer Reihe verschiedener Substrukturen. Hier dargestellt sind Beispiele einer geschlossenen Substruktur (links: alle Akteure und alle Lebensräume sind vernetzt) und einer offenen Substruktur (rechts: fehlende Vernetzung der Akteure). Die geschlossene Substruktur deutet auf gute Koordination hin, eine offene Substruktur deutet auf Lücken im Informationsfluss oder der Koordination hin. Letzteres kann zu Lücken im ökologischen Netzwerk führen, weil man die Bedeutung bestimmter Elemente übersieht oder Elemente nicht biodiversitätsfreundlich bewirtschaftet. Verändert nach Donati et al. 2023

Box 11

Nachholbedarf im Siedlungsraum

Die Koordination zwischen verschiedenen Akteuren kann vor allem im Siedlungsbereich verbessert werden. Momentan werden Elemente auf oder an Gebäuden, entlang von Strassen oder zum Wassermanagement meistens als isolierte Einzelaktionen umgesetzt.

Gründächer, Fassadenbegrünungen und Wasserrückhalteflächen sind relativ neue und kleinflächige Lebensräume,

deren ökologisches Potenzial nicht immer offensichtlich ist oder unterschätzt wird. Gleichzeitig ist die Vielfalt an Akteuren, die diese Flächen beeinflussen, gross. Diese eher kleinen, aber weit verbreiteten Elemente von ökologischer Infrastruktur im Siedlungsraum sind aus ökologischer Sicht wichtig, weil sie zur Aufrechterhaltung des Gesamtnetzwerkes beitragen.



Abb. 41: Ist die Durchlässigkeit des Siedlungsraums nicht gewährleistet, verringert sich das Potenzial der ökologischen Infrastruktur auf regionaler Ebene. Es ist daher beim Aufbau einer blau-grünen Infrastruktur wichtig, die Vernetzung mit dem Umland mitzudenken. Foto Francine van den Brandeler

Box 12

Biodiversität ist (noch) kein koordiniertes politisches Programm

Sie geben Auskunft über die täglichen Geschäfte der Politik: Sessionsprotokolle aus National- und Ständerat, Postulate und Interpellationen, Rechtstexte und Bundesgerichtsurteile, Berichte und Expertisen. In diesem Fundus haben Forschende nach Bezügen zur Biodiversität gesucht. 440 000 Dokumente wurden nach über 100 biodiversitätsrelevanten Schlagwörtern und Begriffskombinationen durchsucht. Dazu gehören beispielsweise «Artenvielfalt», «Moor», «Wolf», «invasive Art» oder «Fischtreppe». Die Dokumente decken die Jahre 1999 bis 2018 ab und stam-

men aus allen Politikbereichen: Landwirtschaft, Verkehr, Umwelt, Energie, Gewässer, Gesundheit und vielen mehr.

Sektorielles Denken

In 1,6 % der Dokumente wurden die Forschenden fündig, wobei der eigentliche Biodiversitätsbezug mal mehr, mal weniger stark war. Erwartungsgemäss tauchen Biodiversitätsthemen vor allem in der Umwelt- und Landwirtschaftspolitik auf (Abbildung 42). In vielen anderen, durchaus relevanten Bereichen wie der Raumplanung, dem Verkehrs- und

Transportwesen, der Energie- und Wirtschaftspolitik oder auch der Gesundheitspolitik kommt Biodiversität dagegen kaum zur Sprache. Angesichts der Tatsache, dass der Erhalt und die Förderung von Biodiversität koordinierte Massnahmen in einem breiten Spektrum von Politikbereichen bedingt, sind das keine guten Nachrichten.

Immerhin beschäftigen sich die meisten Politikerinnen und Politiker während ihrer Amtszeit mindestens einmal mit Biodiversität. Es sind aber letztendlich – wie bei allen politischen Themen – nur wenige Personen, die sich voll und ganz dem Thema verschreiben und das Gros der biodiversitätsrelevanten Dokumente produzieren bzw. in die ver-

schiedenen Politikbereiche einfließen lassen. Dies zeigt, wie wichtig es ist, dass biodiversitätsaffine Personen im Parlament vertreten sind.

Noch kein Mainstreaming

Am tiefen Stellenwert hat sich trotz der Biodiversitätsstrategie der Schweiz seit 2012 nicht viel verändert: In den beiden untersuchten Jahrzehnten blieb der Anteil von Dokumenten mit Biodiversitätsbezug tief. Von einem Biodiversitäts-Mainstreaming ist die Schweiz weit entfernt. Im Gegensatz zu Kriegen, Überschwemmungen und Krankenkassenprämien hat Biodiversität kaum je Konjunktur. Im Konkurrenzkampf

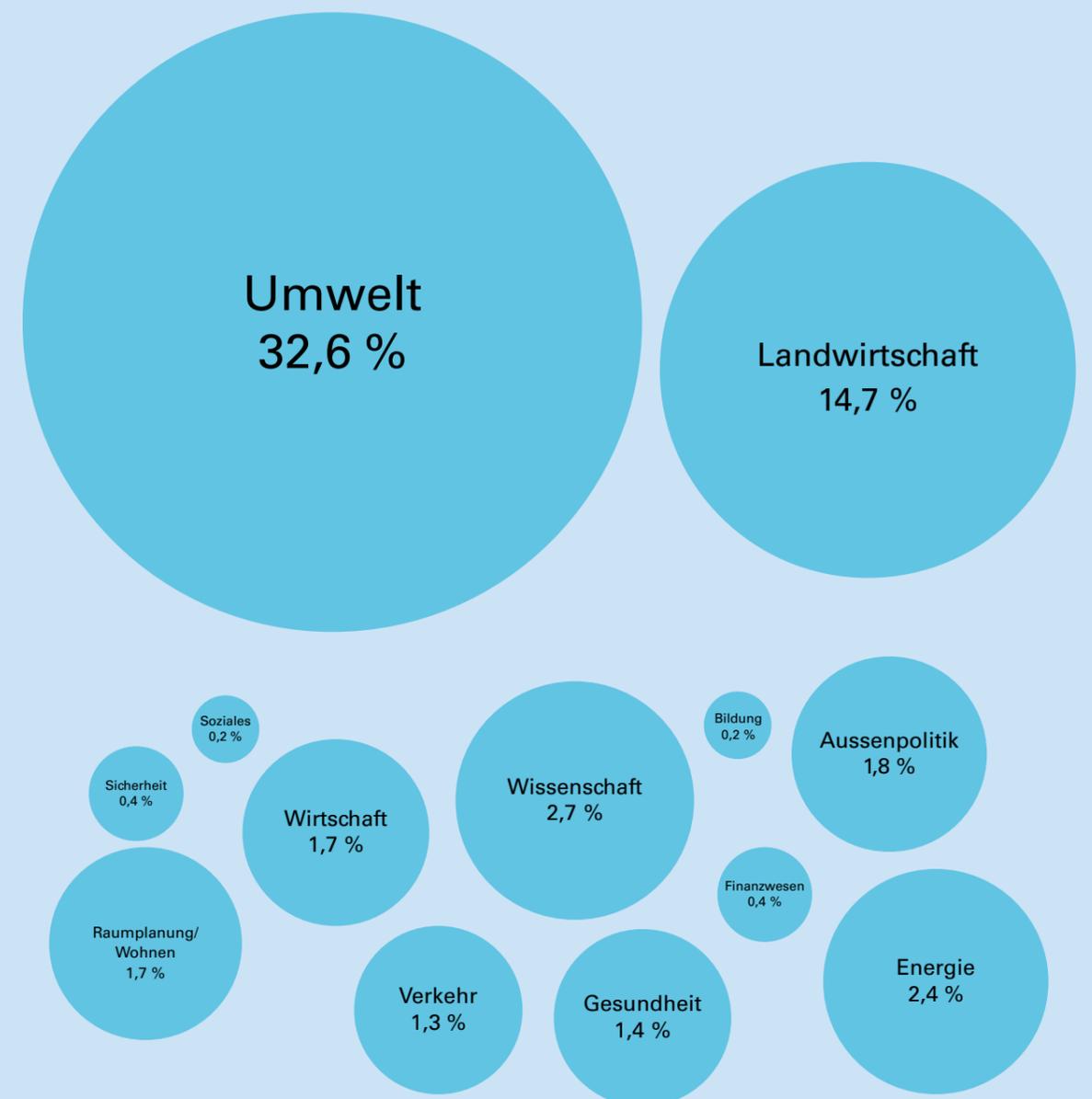


Abb. 42: Relative Aufmerksamkeit für das Thema Biodiversität pro Politikbereich durch Parlament und Bundesrat (1999–2018). Während beispielsweise in der Landwirtschaftspolitik 14,7 % aller Dokumente Aussagen zum Thema Biodiversität enthalten, sind es bei der Energiepolitik nur 2,4 % und bei der Raumplanungspolitik 1,7 %. Verändert nach Reber et al. 2023

um die Agenda-Hoheit bekundet sie grosse Mühe, weil der Biodiversitätsverlust ein schleichender Prozess ist, der es kaum auf die Titelseiten schafft. Gleichzeitig ist Biodiversität in viele Unterthemen fragmentiert, die isoliert voneinander diskutiert werden.

Hinzu kommt, dass die Rolle der Biodiversität im Laufe der verschiedenen Phasen des politischen Prozesses sinkt: In den Rechtstexten ist generell weniger von Biodiversität die Rede als noch in der Erarbeitungsphase von politischen Geschäften, vermutlich weil Biodiversität zu oft auf spezifische Arten oder Lebensräume reduziert wird. Im Parlament wird zwar hin und wieder über Massnahmen zum Schutz der Biodiversität diskutiert, die relevanten Begriffe finden aber kaum Eingang in Gesetze.

Reber U., Fischer M., Ingold K., Kienast F., Hersperger A., Grütter R. (2021): Die vielen Gesichter der Biodiversitätspolitik. Hotspot 44, 9.

Reber U., Ingold K., Fischer M. (2023): The role of actors' issue and sector specialization for policy integration in the parliamentary arena: an analysis of Swiss biodiversity policy using text as data. Policy Sciences 56, 95–114. doi.org/10.1007/s11077.022.09490-2

Biodiversität als politisches Programm

Ein Lichtblick ist der Befund, dass der Begriff Biodiversität in letzter Zeit häufiger verwendet wurde. Das Label «Biodiversität» hilft, die vielfältigen Massnahmen zu bündeln und die unterschiedlichen Akteure zusammenzubringen. Aus einem Haufen loser Themen kann so ein koordiniertes politisches Programm entstehen. Dies wäre wichtig, weil sich dann Akteure aneinander orientieren werden, zu einem gemeinsamen Thema (durchaus kontrovers) Stellung nehmen können, sich gegenseitig als Partner oder Gegner wahrnehmen – und anschliessend nicht «aneinander vorbei» reden. Das dürfte der Biodiversitätspolitik in Zukunft mehr Schlagkraft verleihen und dabei helfen, sie als eigenen Politiksektor zu etablieren.

Fischer M., Reber U. (2022): Im Schatten des politischen Fokus. aqua viva 2022/4, 30–31.

Reber U., Fischer M., Ingold K., Kienast F., Hersperger A.M., Grütter R., Benz R. (2022): Integrating biodiversity: a longitudinal and cross-sectoral analysis of Swiss politics. Policy Sciences 55, 311–335. doi.org/10.1007/s11077.022.09456-4

Wissen und Partizipation steigern die Akzeptanz der Bevölkerung für Gewässerrevitalisierungen

Unverbaute und naturnahe Flüsse und Bäche sind attraktive Lebensräume und Lebensadern in der Landschaft und erfüllen wichtige Funktionen im Naturhaushalt. Umso bedenklicher ist die Situation der Gewässer in der Schweiz: Rund ein Viertel aller Flussstrecken und Bachläufe sind verbaut oder gar eingedolt. Im intensiv genutzten Mittelland gilt dies sogar für fast die Hälfte der Fliessgewässer.

Der Handlungsbedarf ist erkannt: Das 2011 revidierte Gewässerschutzgesetz verlangt, dass die Gewässer in der Schweiz wieder naturnäher werden.

Umfragen zeigen, dass der grösste Teil der Bevölkerung hinter diesem Vorhaben steht. Ziel ist die Wiederherstellung von naturnahen Gewässern mit ihren charakteristischen Lebensräumen und Tier- und Pflanzenarten. Ein Viertel aller Gewässer, die stark verbaut und in einem schlechten Zustand sind, soll wieder revitalisiert werden. Diese 4000 Kilometer Fliessgewässer sollen «unter Berücksichtigung des Nutzens der Revitalisierungen für die Natur und die Landschaft und der wirtschaftlichen Auswirkungen» naturnäher gestaltet werden. Das Programm ist allerdings bereits in Verzug.

Bevölkerung von Anfang an einbeziehen

Obwohl immer mehr Bach- und Flussabschnitte aus ihrem Korsett befreit und mit dem umgebenden Land vernetzt werden, ist man vom Ziel noch weit entfernt. Oftmals scheitern gute und weit gediehene Projekte an der Urne auf Gemeindeebene. Das Problem: Oft wird die Bevölkerung nicht in den Planungsprozess eingebunden und erfährt erst kurz vor der Abstimmung vom Projekt.

Sie lassen sich dann von einzelnen Interessengruppen, die auf lokaler Ebene gut vernetzt sind und Vertrauen geniessen



Abb. 43: An Workshops wird engagiert diskutiert. Foto Marius Fankhauser

(aber gegen das Projekt sind), davon überzeugen, Nein zu stimmen. Dies gelingt primär deshalb, weil die Bevölkerung wenig über die natürliche Vielfalt an Gewässern weiss. Die Argumente sind immer ähnlich: Das Projekt sei zu teuer und belastet die Gemeindekasse, sei unnötig, weil der Bach (vermeintlich) intakt sei, oder beanspruche unnötig Land, auf dem doch Lebensmittel produziert werden müssten. An der Gemeindeabstimmung sind dann die Meinungen bereits gemacht – mit fatalen Folgen für das Projekt.

Hinzu kommt, dass Fliessgewässer und biologische Vielfalt Gemeingüter sind, welche zwar auf lokaler und regionaler Ebene wichtige Ökosystemleistungen bereitstellen, aber nicht direkt monetarisierbar sind. Sie haben gegenüber direkten und aktiv vertretenen Interessen deshalb wenig Bedeutung. Um die Bedeutung der Gewässer sichtbar zu machen, ist eine gemeinschaftliche Wissensbildung in einem transparenten und gleichberechtigten Diskurs auf lokaler Ebene wichtig.

Handlungsbedarf sichtbar machen

Es ist daher zentral, dass die Bevölkerung in die Projektplanung und Entscheidungsfindung einbezogen ist. Wie das geht und was das bringt, haben Forschende anhand von zwei Fallbeispielen von Gewässerrevitalisierungen dokumentiert. Ein Beispiel liegt im Kanton Graubünden (Bever), das andere im Kanton Aargau (Magden). Zunächst wurden die Einwohnenden befragt, wie sie den Zustand der Fliessgewässer in ihrer Wohnregion und der Schweiz einschätzen und welche Ansprüche sie an das Gewässer stellen. Dafür schickten die Forschenden 3600 Einwohnerinnen und Einwohnern Fragebögen zu. Die Antworten von 570 Personen förderten Spannendes zu Tage: Grundsätzlich ist ein Verständnis dafür vorhanden, dass in der Natur komplexe ökologische Zusammenhänge bestehen und dass biologische Vielfalt eine wichtige Rolle darin übernimmt. Doch die biologische Qualität der lokalen Gewässer wird überschätzt, die Bedeutung der Gewässer für die lo-

kale Biodiversität unterschätzt, und der Nutzen der Biodiversitätsförderung für den Menschen wird als gering eingestuft. Die Mehrheit der Befragten gab zwar an, Gewässerrevitalisierungen generell zu unterstützen. Allerdings war dieser Wert tiefer, wenn es um Gewässerrevitalisierung vor der eigenen Haustüre geht.

Gemeinsames Verständnis, gemeinsames Handeln

In einem weiteren Schritt luden die Forschenden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Umfrage an einen Workshop ein (Abbildung 43). Ziel war es, wissenschaftliche Fakten zu den Gewässern zu vermitteln und Diskussionen in Gang zu setzen, in denen jeder und jede seine eigene Meinung und Kenntnis zum Gewässer, das revitalisiert werden soll, einbringen kann. Dabei soll ein gemeinsames Problemverständnis entwickelt werden.

Die 62 Personen, die sich an den beiden Workshops beteiligt haben, diskutierten

intensiv über eine breite Vielfalt an Themen – vom Gewässerzustand über den Mehrwert revitalisierter Gewässer (gerade auch im Kontext des Klimawandels) bis hin zur Besucherlenkung. Doch haben die Diskussionen und der Fachinput etwas bewirkt?

Eine Nachbefragung ergab, dass sich die Wahrnehmung der Gewässer und der Revitalisierung durch die Workshopteilnehmenden tatsächlich verändert hat.

Die Personen wussten um den Biodiversitätsverlust in Fließgewässern und den damit verbundenen Problemen. Zudem identifizierten sie sich deutlich mehr mit «ihrem» Gewässer. Obwohl die Uferbereiche von Fließgewässern meist in Privatbesitz sind, wurde der Bach vermehrt als öffentliches Gut angesehen – das Eigentumsgefühl und das Entscheidungsrecht gegenüber dem Fließgewässer war deutlich gestiegen.

Ihre Resultate und Befunde werden die Forschenden in einem Praxisleitfaden zusammenfassen. Dieser gibt zukünftigen Projekten Empfehlungen, wie die Bevölkerung optimal in den Prozess einer Revitalisierung integriert werden kann. Er enthält nicht nur genaue Tipps zum Ablauf und Inhalt eines Workshops, sondern auch Umfragebögen und Folien für Präsentationen.

Kernbotschaften

- > Die Schweiz ist von einem Biodiversitäts-Mainstreaming noch weit entfernt.
- > Für funktionierende ökologische Netzwerke braucht es funktionierende soziale Netzwerke, die aus ganz unterschiedlichen gesellschaftlichen Akteuren bestehen. Für jedes Element der ökologischen Infrastruktur müssen die Beteiligten identifiziert und zur Zusammenarbeit motiviert werden.
- > Der partizipative Einbezug der Bevölkerung führt dazu, dass Gewässerrevitalisierungen positiv wahrgenommen werden.



Abb. 44: Der revitalisierte Magdenerbach im Kanton Aargau ist bereit für neues Leben. Foto Marius Fankhauser

Kapitel 7

Ausblick

Die Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» von Eawag und WSL hat...

...bereits bekannte sowie neu entdeckte Verbindungen zwischen blauen und grünen Lebensräumen näher untersucht und offengelegt;

...am Übergang zwischen Wasser und Land mit Erfolg nach Lösungen für Fragen im Zusammenhang mit der Biodiversitätskrise gesucht;

...die interdisziplinäre Biodiversitätsforschung innerhalb des ETH-Bereichs und darüber hinaus gestärkt;

...eine grosse Zahl an Nachwuchsforschenden im Themenbereich blau-grüne Biodiversität ausgebildet. Ein Teil davon wird in die Praxis wechseln und das erworbene Wissen bei der Planung und Umsetzung von Massnahmen zur Erhaltung der Biodiversität einsetzen.

Die Forschungsergebnisse wurden nicht nur in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert, sondern auch in Publikationsorganen, die von der Praxis gelesen werden (Box 13).

Die vorliegende Broschüre wurde für den offiziellen Abschluss der Forschungsinitiative im September 2024 erstellt. Es konnten daher nicht alle Forschungsergebnisse verarbeitet werden. Einige wichtige Projekte waren in der ersten Hälfte 2024 noch in der Erhebungs- oder Auswertungsphase (Box 14). Alle Ergebnisse, Publikationen und Syntheseprodukte werden laufend auf den Websites von Eawag und WSL aufgeschaltet:

- > www.eawag.ch/bgb
- > www.wsl.ch/bgb

Box 13

Für Lehre und Praxis

Eines der Ziele der Forschungsinitiative war es, die Interaktionen zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen greifbar zu machen, um eine integrierte Sichtweise vermehrt auch in die Ausbildung zu bringen. Das Buch «Biodiversität zwischen Wasser und Land» zeigt konkret und erlebbar auf, wie blaue und grüne Ökosysteme miteinander verknüpft sind. Anhand von acht Exkursionen werden spannende und wichtige Wechselwirkungen zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen aufgezeigt.

Das Buch vermittelt eine ganzheitliche Sicht auf Landschaften, Lebensräume, Biodiversität, natürliche Ressourcen und die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten. Es richtet sich vor allem an Studierende der Biologie, Biodiversitäts- und Umweltwissenschaften sowie verwandter Fachgebiete, an Lehrpersonen, Exkursionsleiterinnen und -leiter und an die interessierte Öffentlichkeit. Es spricht aber auch Akteure in Politik, Verwaltung und Wirtschaft an, die ökologische Zusammenhänge und den Einfluss menschlicher Tätigkeiten auf die Biodiversität verstehen möchten.

Altermatt F., Güsewell S., Holderegger R. (2024): Biodiversität zwischen Wasser und Land. Exkursionen zu Gewässern, Mooren und Auen in der Schweiz. Haupt Verlag.



Box 14

Die Rolle der Gemeinden

Eines der letzten Projekte, das im Rahmen der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» gestartet wurde, untersucht die Biodiversitätsförderung im Siedlungsgebiet auf Gemeindeebene. Letztendlich sind es die Gemeinden, die für die konkrete Umsetzung von Massnahmen zuständig sind. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Raumplanung, die zwischen verschiedenen Nutzungsinteressen, Sektoren und Politikbereichen koordiniert und deshalb ein wichtiger Schlüssel ist, um die Biodiversität zu fördern und Ökosystemleistungen zu erhalten. Richtig ausgerichtet verfügen Gemeinden so über einen Hebel, um Lebensräume zu schaffen, zu vernetzen, zu erhalten und Gebiete ökologisch aufzuwerten.

Im Rahmen des Projektes analysieren die Forschenden den Prozess der Nutzungsplanungsrevision. Sie untersuchen dabei, ob und wie Gemeinden biodiversitätsfreundliche Standards in die kommunale Bau- und Zonenordnung integrieren. Dazu zählen beispielsweise Vorschriften und Auflagen zur Schaffung und Vernetzung von Grünflächen, zur naturnahen Gestaltung und Bepflanzung mit einheimischen Gehölzen, zum Baumschutz, zur natürlichen Versickerung und zur Förderung von Gewässerräumen. Es werden jene Faktoren identifiziert, die die Integration von biodiversitäts-

freundlichen Standards in den verschiedenen Phasen des politischen Prozesses fördern oder behindern. Aus den Ergebnissen werden die Forschenden Empfehlungen in Form von «Good Practice»-Beispielen zuhanden verschiedener Stakeholder ableiten.

Erste Interviews mit verschiedenen Interessensvertretern in den Gemeinden haben gezeigt, dass der Mangel an finanziellen und personellen Ressourcen nach Ansicht der Befragten das grösste Hindernis für die kommunale Biodiversitätsförderung darstellt. Auf der übergeordneten regulatorischen Ebene sind aus Sicht der Befragten fehlende oder vage Gesetze für eine lokale biodiversitätsfreundliche Politikgestaltung ein Hindernis, ebenso wie fehlende Durchsetzungsmechanismen in Verbindung mit vagen Gesetzen. Gleichzeitig haben sich verschiedene Ansatzpunkte für die Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet herauskristallisiert. Insbesondere eine gemeinsame Vision für eine lebenswerte Zukunft, kantonale regulatorische Vorgaben und Unterstützung sowie die Verankerung in kommunale Planungs- und Rechtsgrundlagen sind nach Ansicht der Befragten förderlich, ebenso die Nutzung von Synergien zwischen verschiedenen Politikbereichen, Mut sowie ausreichendes Fachwissen in Verwaltung und Unterhalt.



Abb. 45: Die Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» hat mit Erfolg nach Lösungen für Fragen im Zusammenhang mit der Biodiversitätskrise am Übergang zwischen Wasser und Land gesucht. Foto Beat Schaffner

Die Forschenden der «Blue-Green Biodiversity»-Initiative von Eawag und WSL

Achermann-Sidler Michelle (Eawag)
 Altermatt Florian (Eawag)
 Bach Peter (Eawag)
 Baity-Jesi Marco (Eawag)
 Bergamini Ariel (WSL)
 Bolliger Janine (WSL)
 Bollmann Kurt (WSL)
 Bockerhoff Eckehard (WSL)
 Brosse Morgane (Eawag/WSL)
 Brun Philipp (WSL)
 Buchecker Matthias (WSL)
 Capitani Leonardo (WSL/Eawag)
 Contzen Nadja (Eawag)
 Cook Lauren (Eawag)
 Dietzel Andreas (Eawag/WSL)
 Ding Wenna (WSL/Eawag)
 Donati Giulia (Eawag/WSL)
 Drost Bastiaan (WSL/Eawag)
 Fankhauser Marius (WSL/Eawag)
 Fink Sabine (WSL)
 Fischer Manuel (Eawag)
 Gebert Friederike (WSL/Eawag)
 Ghosh Shyamolina (WSL/Eawag)
 Gossner Martin (WSL)
 Graham Catherine (WSL)
 Güsewell Sabine (Eawag/WSL)

Hering Janet (Eawag)
 Hersperger Anna (WSL)
 Ho Hsi-Cheng (Eawag/WSL)
 Hobi Martina (WSL)
 Hoffmann Sabine (Eawag)
 Holderegger Rolf (WSL)
 Ilić Maja (WSL/Eawag)
 Janssen Elisabeth (Eawag)
 Jardim de Queiroz Luiz (Eawag/WSL)
 Khaliq Imran (Eawag/WSL)
 Kienast Felix (WSL)
 Lever Jelle (Eawag/WSL)
 Lham Dechen (Eawag/WSL)
 Logar Ivana (Eawag)
 Marti Roman (Eawag)
 Matthews Blake (Eawag)
 Maurer Max (Eawag)
 McFadden Ian (WSL/Eawag)
 Moor Helen (WSL/Eawag)
 Moretti Marco (WSL)
 Moser Valentin (WSL/Eawag)
 Narwani Anita (Eawag)
 Odermatt Daniel (Eawag)
 Oester Rebecca (Eawag)
 Ogundipe Oluwadamilola (WSL/Eawag)
 Oliveira Juliana (WSL/Eawag)

Pellissier Loïc (WSL)
 Perrelet Kilian (Eawag/WSL)
 Pittino Francesca (WSL/Eawag)
 Pomati Francesco (Eawag)
 Reber Ueli (WSL/Eawag)
 Risch Anita (WSL)
 Rixen Christian (WSL)
 Roth Lucie (WSL)
 Roza Caio (WSL)
 Schmidt Benedikt (Infofauna Karch)
 Schnorf Hektor (WSL)
 Schubert Carsten (Eawag)
 Schuwirth Nele (Eawag)
 Schwab Stephanie (WSL/Eawag)
 Seehausen Ole (Eawag)
 Sendek Agnieszka (WSL/Eawag)
 Shipley Ryan (Eawag/WSL)
 Steffen Konrad † (WSL)
 Thierfelder Jana (Eawag/WSL)
 Twining Cornelia (Eawag)
 Vitasse Yann (WSL)
 van den Brandeler Francine (Eawag)
 Vorburger Christoph (Eawag)
 Wong Mark (WSL/Eawag)
 Zimmermann Niklaus (WSL)

Wir bedanken uns bei allen weiteren Co-Autorinnen und Co-Autoren sowie weiteren Partnerinnen und Partnern, die in irgendeiner Weise einen Beitrag zur BGB-Forschungsinitiative geleistet haben.



Abb. 46: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» an einem Treffen im Frühling 2024. Foto Lucas Gobatti

Blau und Grün zusammen denken ergibt mehr als die Summe beider Teile.

Die enge Zusammenarbeit zwischen Forschenden von Eawag und WSL ermöglichte eine integrative Bearbeitung von ökologisch und gesellschaftlich relevanten Fragestellungen.

Aquatische und terrestrische Lebensräume sind eng miteinander verknüpft. Veränderungen in einem Bereich haben Auswirkungen auf den anderen.

Für funktionierende ökologische Netzwerke braucht es funktionierende soziale Netzwerke, die aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Akteuren bestehen.

Der Klimawandel führt teilweise zur Entkopplung von blauen und grünen Systemen.

Werden die richtigen Rahmenbedingungen geschaffen und die richtigen Massnahmen ergriffen, kann der Biodiversitätsschwund abgewendet werden.

Eine blau-grüne Infrastruktur in Städten liefert Lösungen für zentrale gesellschaftliche und ökologische Herausforderungen.