TEKO
SCHWEIZERISCHE FACHSCHULE

Biodiversität in den Schweizer Alpen

Eine Diplomarbeit im Studiengang Techniker Energie und Umwelt HF von

Simon Dandl

Betreuender Dozent: Giovanni Danieli

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2
Zusammenfassung 4
Beruflicher Werdegang 5
Aufgabenstellung und Zieldefinition 5
Terminplan 5
Einleitung 5
Biodiversität 6
Erläuterung 6
Weshalb ist Biodiversität wichtig 7
Allgemeine Situation der Biodiversität in der Schweiz 8
Rote Listen 9
Beurteilung der Gefährdung 10
Gefährdete Arten 11
Verschwunden oder vom Aussterben bedrohte Arten 12
Endemiten 13
Zustand nach Regionen und Lebensräumen 15
Schutzgebiete 16
Prioritätensetzung der Artenförderung 16
Vergleich mit dem Ausland 17
Schutzmassnahmen 18
Biodiversität in den Schweizer Alpen 19
Vergangenheit 19
Gegenwart 22
Lebensräume im Hochgebirge 22
Moore 24
Gewässer 26
Wald 27
Agrarland 28
Siedlungsraum 30
Zukunft 31
Alpine Photovoltaikanlagen 33
Ausgangslage 33

Floating Photovoltaik 33
Freiflächen Photovoltaik 35
Photovoltaik an bestehender Infrastruktur 41
Pro Alpine Photovoltaikanlagen 42
Kontra Alpine Photovoltaikanlagen 43
Fazit 43
Schlusswort inkl. Eigenständigkeits-Erklärung 44
Danksagung 44
Abbildungsverzeichnis 45
Anhang 46

Zusammenfassung

Biodiversität ist ein wichtiges Thema, welches glücklicherweise immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die Biodiversität ist ein Begriff, welcher die Artenvielfalt, die genetische Vielfalt und die Vielfalt der Ökosysteme vereint. Wir befinden uns heute in einer globalen Umweltkriese. Wir Menschen üben einen enormen Druck auf die Biodiversität und die Ökosysteme aus. Dies hat zur Folge, dass unzählige Lebewesen aussterben werden oder bereits ausgestorben sind. In den letzten Jahren sind die Populationsgrössen der Tiere durchschnittlich um 60% gesunken. Der Verlust der Biodiversität ist in erster Linie dem nicht nachhaltigen Nutzen der Ressourcen zuzuschreiben. Der Verlust an Biodiversität und der Klimawandel sind die beiden grössten globalen Risiken und sind eng miteinander verknüpft. Ungefähr 3,2 Milliarden Menschen weltweit sind heute bereits durch den Verlust an Biodiversität beeinträchtigt.

Die Biodiversität in den Schweizer Alpen ist von unschätzbarem Wert für das Ökosystem und die Gesellschaft. Die einzigartigen Kombinationen aus geografischen, geologischen und klimatischen Bedingungen schaffen viele Lebensräume für eine Vielzahl von Pflanzen- und Tierarten. Die Alpen beherbergen eine Unmenge an verschiedensten Lebensräumen, welche alle ihren eigenen Reiz besitzen. Allerdings ist diese Biodiversität durch verschiedene Bedrohungen gefährdet, darunter der Klimawandel, Landnutzungsänderungen und invasive Arten. Für die meisten Lebensräume ist der Klimawandel der grösste Gegner. Durch die steigenden Temperaturen verändert sich die Zusammensetzung der einzelnen Lebensräume. Dies kann sowohl Vorteile aber auch Nachteile mit sich bringen. Eine Prognose ist schwierig zu erstellen, aber tendenziell ist es nicht unbedingt zum Vorteil der bestehenden Flora und Fauna.

Ein bisschen paradox ist, dass die Schweiz, um dem Klimawandel entgegenzuwirken und somit etwas Gutes für die Biodiversität zu tun, im gleichen Atemzug die Biodiversität in bestimmten Gebieten gefährdet. Durch den Bau von Alpinen Freiflächen Photovoltaikanlagen könnte die Artenvielfalt in den Gebieten der Solarparks zurückgehen. Doch der Bau solcher Anlagen ist auch wichtig, da unser Bedarf an elektrischer Energie immer grösser wird und die Schweiz durch den Einsatz von erneuerbaren Energien auch ein Stückweit umweltfreundlicher wird.

Um die Biodiversität in den Schweizer Alpen zu erhalten, sind Schutzmassnahmen und eine nachhaltige Landnutzung von entscheidender Bedeutung. Nur durch gemeinsame Anstrengungen können wir sicherstellen, dass die Schönheit und Vielfalt der alpinen Natur auch für zukünftige Generationen erhalten bleibt. Umso wichtiger ist dies, da es um die Biodiversität Allgemein in der Schweiz schon nicht gut steht und die Alpen unseren Biodiversitätshotspot darstellen. Der Bund und die Kantone setzen sich mit verschiedenen Programmen für den Erhalt der Biodiversität ein. Leider reichen diese Bemühungen langfristig nicht aus und es muss noch viel unternommen werden, um wieder eine gesunde Biodiversität zu erhalten.

Beruflicher Werdegang

Simon Dandl, am 15.05.1997, in Zürich geboren hat die 4-jährige Ausbildung zum Elektroplaner EFZ im Jahr 2017 erfolgreich abgeschlossen. Nach dem Lehrabschluss sammelte Simon Dandl rund fünfeinhalb Jahre Erfahrung in der Elektroplanung bei der Firma HKG Engineering AG Rotkreuz. 2020 startete Simon Dandl die Weiterbildung zum Techniker Energie und Umwelt HF. Im Zuge der Weiterbildung wechselte Simon Dandl den Beruf und trat im Dezember 2022 bei der Helion Energy AG im Bereich der Photovoltaikanlagen als Projektleiter eine neue Herausforderung an.

Aufgabenstellung und Zieldefinition

Zum erfolgreichen Abschluss der Weiterbildung wird am Ende eine Diplomarbeit geschrieben. Das Thema ist frei wählbar und sollte so gewählt werden, dass das Gelernte angewandt und vertieft werden kann.

Diese Diplomarbeit soll Auskunft darüber geben, ob die Biodiversität in den Schweizer Alpen gefährdet ist und was für die Biodiversität in den Schweizer Alpen getan werden kann. Sie soll über den aktuellen Stand der Biodiversität, die Biodiversitätsveränderung in den letzten Jahren Auskunft geben und wie sich die Biodiversität in der Zukunft in den Schweizer Alpen gestalten könnte. Mit dieser Arbeit soll auch die Probleme mit der die Biodiversität dort zu kämpfen hat sowie Verbesserungsmassnahmen aufgezeigt werden. Am Ende der Diplomarbeit soll die Thematik in schriftlicher Form so ausführlich und verständlich wie möglich sein, so dass jede Leserin und jeder Leser einen kleinen Beitrag zur Biodiversität in den Schweizer Alpen beitragen kann.

Terminplan

Orientierung Diplomarbeit	Freitag, 05. Mai 2023
Themenabgabe	Montag, 19. Juni 2023
Start Diplomarbeit	Montag, 18. September 2023
Abgabe Diplomarbeit	Montag, 13. November 2023
Upload Onlinepublikation	Montag, 27. November 2023
Präsentationen	Donnerstag, 07. Dezember 2023
Diplomfeier	Freitag, 15. Dezember 2023

Einleitung

Die Schweizer Alpen sind nicht nur für ihre atemberaubende Landschaft und majestätischen Gipfel bekannt, sondern auch für ihre reiche Biodiversität. Die einzigartige Kombination aus verschiedenen Höhenlagen, Klimazonen und geologischen Bedingungen schafft einen idealen Lebensraum für eine Vielzahl von Pflanzen- und Tierarten. Die Biodiversität rückt in unserer Gesellschaft immer mehr in den Fokus und gewinnt immer mehr an Bedeutung. Die Gesellschaft hat erkannt,

dass die Biodiversität auch für uns Menschen wichtig ist. Die Alpen bilden die grösste geografische Zone der Schweiz. Rund 58% des Schweizer Staatgebiets nehmen die Alpen in Anspruch. Dementsprechend sollte auch unbedingt darauf geachtet werden, dass die Biodiversität in den Alpen nicht schrumpft. Diese Arbeit widmet sich der Entwicklung der Biodiversität in den Schweizer Alpen und ihrer Bedeutung für das Ökosystem. Es wird aufgezeigt wo die Probleme und Herausforderungen der Biodiversität liegen und weshalb Biodiversität überhaupt so wichtig ist.

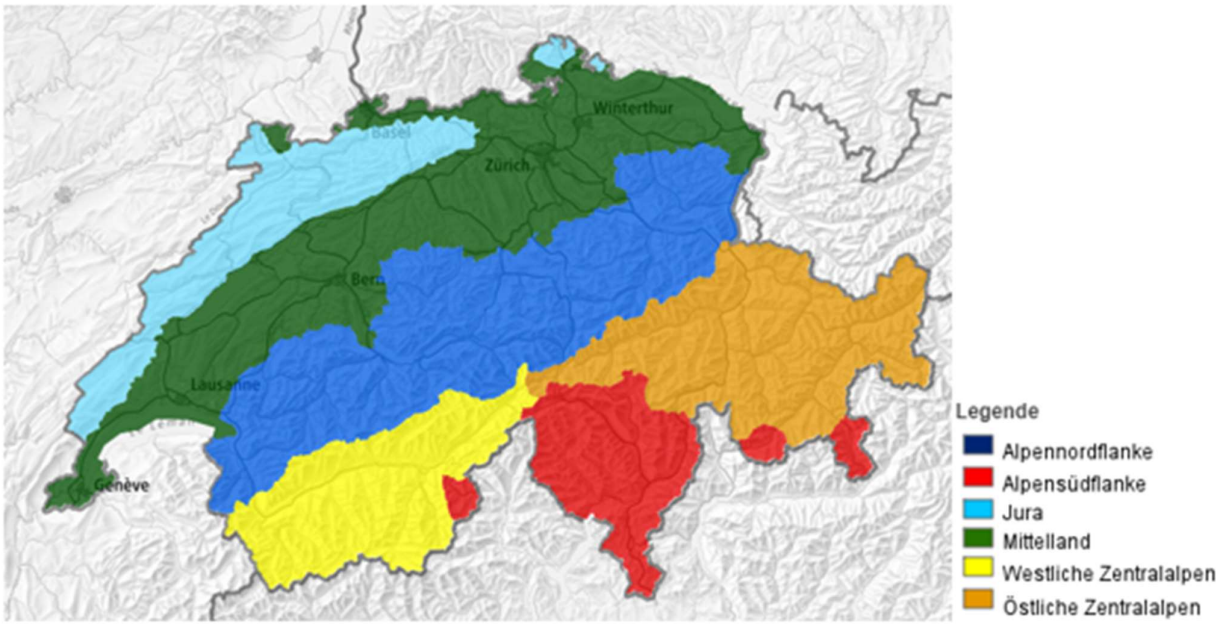


Abbildung 1 Biogeographische Regionen der Schweiz

Biodiversität

Erläuterung

Der Begriff Biodiversität steht für die Vielfalt der lebenden Organismen. Diese Vielfalt bezieht sich nicht nur auf die Artenvielfalt, sondern auch auf die genetische Vielfalt sowie auf die Vielfalt der Ökosysteme. Die Artenvielfalt gibt an, wie viele verschiedene Pflanzen- und Tierarten vorhanden sind. In der Schweiz sind bis heute rund 56’000 Arten von Tieren, Pflanzen und Pilzen bekannt. Es werden aber weitere 30'000 Arten in der Schweiz vermutet, die man bisher noch nicht nachweisen konnte. Weltweit sind rund 1,7 Millionen Arten bekannt, aber Wissenschaftler gehen davon aus, dass es insgesamt zwischen 10 Millionen und 14 Millionen verschiedene Arten gibt. Die genetische Vielfalt ist deshalb so wichtig, da diese den verschiedenen Arten hilft sich an die ständigen Umfeldveränderungen anzupassen und resistenter gegen Krankheiten zu werden. Eine ökologische Vielfalt trägt viel zur Artenvielfalt bei, da jede Art sich in einem bestimmten Ökosystem wohl fühlt. Umso besser diese Ökosysteme untereinander vernetzt sind, desto vielfältiger wird der Austausch zwischen den verschiedenen Arten und deren Ökosysteme.

Weshalb ist Biodiversität wichtig

Aktuell wird auch von einer globalen Umweltkrise gesprochen und dies durchaus zu Recht. Der Mensch hat bisher bei drei Viertel der eisfreien Landoberflächen das Ökosystem verändert und umgestaltet. Die Menschheit produziert Unmengen an Dingen wie Gebäude, Maschinen, Fahrzeuge und der Gleichen. Es wurde schon so viele solche Dinge produziert, dass das Gesamtgewicht all jener Dinge das Gesamtgewicht der ganzen lebenden Biomasse auf der Erde übersteigt. Wir Menschen machen zusammen mit unseren Nutztieren (ohne Geflügel) 96% der Säugetierbiomasse der Erde aus. Durch diesen Druck, welchen wir Menschen auf die Biodiversität und die Ökosysteme ausüben, wird davon ausgegangen, dass in den nächsten Jahrzehnten bis zu einer Million von acht Millionen mehrzelligen Lebewesen aussterben könnte. Die Populationsgrössen von Fischen, Säugetiere, Amphibien, Reptilien und Vögel sind in den letzten 50 Jahren durchschnittlich um 60% gesunken. All dies ist in erster Linie auf die nicht nachhaltige Nutzung von Ressourcen durch uns Menschen zurückzuführen. Die beiden grossen globalen Risiken, der Biodiversitätsverlust und der Klimawandel sind eng miteinander verknüpft, verstärken sich gegenseitig und folgen der gleichen Dynamik. Bereits heute beeinträchtigt der globale Verlust an Biodiversität rund 3,2 Milliarden Menschen weltweit.

Was die Biodiversität für uns Menschen so wichtig macht, wird heutzutage in 18 Punkten zusammengefasst. Diese Punkte nennt man auch «Beiträge der Natur für den Menschen». In diesen Punkten wird die Biodiversität als Quelle von Geldströmen, Dienstleistungen, Nahrungsmitteln und Rohstoffe sowie auch als Trägerin für kulturelle, soziale, gesundheitliche, spiritueller und religiöser Bedeutung angesehen. Viele Kulturen betrachten sich selbst als Teil der Natur. International werden diese «Nature’s Contributions to People» oder abgekürzt NCP genannt.

1. Ökosysteme sind Netzwerke des Lebens, welche Lebensräume für die Organismen, die einen direkten oder auch indirekten Nutzen für uns Menschen haben, schaffen und erhalten.
2. Tiere fördern und ermöglichen die Verbreitung von Samen sowie die Bestäubung von Pflanzen.
3. Indem die Ökosysteme Schadstoffe aufnehmen und abbauen, verbessern sie dadurch die Luftqualität.
4. Ökosysteme regulieren das Klima.
5. Der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre sowie der pH-Wert des Meerwassers werden durch die Pflanzen reguliert.
6. Die Menge, Verfügbarkeit und Verteilung von Süsswasser werden durch die Ökosysteme reguliert.
7. Organische Partikel, Schadstoffe, Krankheitserreger und Nährstoffe werden durch die Ökosysteme aus dem Wasser gefiltert und liefern so den Menschen hochwertiges Trinkwasser.
8. An der Bodenbildung und -erhaltung sowie an der Bereitstellung der Nährstoffe für die Nutzpflanzen sind die Organismen massgeblich beteiligt.

9. Die Menschen und ihre Infrastruktur werden durch die Ökosysteme vor Extremereignisse wie Tsunamis, Lawinen, Erdrutsche, Hitzewellen, Hochwasser und Stürme geschützt.
10. Die Biodiversität reguliert die natürliche Schädlingskontrolle.
11. Biomasse wird von den Ökosystemen produziert, welche als Brennstoff dient.
12. Kultivierte, wildlebende oder domestizierte Organismen dienen als Nahrung für den Menschen. Des Weiteren liefert die Natur Futter für die Nutztiere.
13. Die zahlreichen Mineralien, die der Mensch benötigt, um zu bauen, sich einzukleiden oder um zu dekorieren etc. werden von den Organismen geliefert. Zudem werden lebende Organismen als Haus- und Nutztiere gehalten.
14. Für Heilmittel, die seit Jahrtausenden vom Menschen verwendet werden, sind die Organismen eine der wichtigsten Quellen.
15. Organismen, Lebensräume und Landschaften ermöglichen den Menschen, Bildung, Wissen und Fähigkeiten zu erwerben.
16. Der Mensch erholt sich physisch und geistig in einer natürlichen, biologisch vielfältigen Umgebung.
17. Organismen, Lebensräume und Landschaften können den sozialen Zusammenhalt fördern und haben das Potenzial für spirituelle Erfahrungen.
18. Die Biodiversität dient zu Aufrechterhaltung und Sicherungen von zukünftigen Optionen. Unsere Nachkommen sollten auf die Ressource Biodiversität zurückgreifen können, um ihre Lebensqualität erhalten zu können.

Der Mensch ist, ohne eine vielfältige Biodiversität, nicht in der Lage langfristig zu überleben. Jeder Wegfall einer Art könnte fatale Folgen für ein Ökosystem und unsere Existenz haben. Je mehr Arten in einem Ökosystem leben, umso besser laufen die natürlichen Prozesse und die Vernetzung der unterschiedlichen Organismen.

Allgemeine Situation der Biodiversität in der Schweiz

Die Biodiversität hat sowohl in der Schweiz als auch weltweit erheblich abgenommen. Der Weltbiodiversitätsrat IPBES identifiziert Landnutzungsänderungen, Ressourcenübernutzung, Klimawandel, Verschmutzung und das Eindringen gebietsfremder Arten als Hauptursachen für diesen Verlust. IPBES betont, dass nur durch einen grundlegenden Wandel in allen Bereichen der Gesellschaft und eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen eine Trendwende erreicht werden kann.

Die Schweiz hat in den letzten rund 200 Jahren einen Grossteil der artenreichsten Lebensräume verloren. Rund 90% der Auen und Moor Flächen sind verschwunden. Die Trockenwiesen haben sogar 95% der Fläche eingebüsst. Des Weiteren kommt hinzu, dass die Qualität der Lebensräume abnimmt. Mit dem Verschwinden der Lebensräume, verschwinden auch die verschiedenen Arten. 40% aller Arten in der Schweiz sind bedroht. Damit steht die Schweiz auf dem traurigen ersten Platz aller Industrieländer der Welt. Insekten sind in der Schweiz sehr stark bedroht, da rund 60% der Insektenarten vom Aussterben bedroht sind. Der Bund geht davon aus, dass der Verlust der Biodiversität bis ins Jahr 2050, die Schweiz bis zu 16 Milliarden Franken kostet, wenn nichts unternommen wird (Stand 2023). Trotz Massnahmen

wie zum Beispiel Renaturierungen, Förderung von Biodiversitätsflächen in der Landwirtschaft oder erstellten Waldreservaten, schwindet die Biodiversität weiterhin.

Heute ist der Schweiz bewusst, dass eine hohe Biodiversität wichtig ist und deshalb geschützt und gefördert werden muss. Der Bund und die Kantone verstärkten in den letzten Jahren ihre Bemühungen für die Erhaltung der Biodiversität in der Schweiz. Die Bemühungen und Massnahmen erzielten lokale Erfolge aber sind nicht ausreichend, um die Biodiversität in der Schweiz langfristig zu erhalten. Ein grosses Problem ist die Zerstückelung der einzelnen Lebensräume. Für die Biodiversität ist es wichtig, dass unterschiedliche Lebensräume miteinander vernetzt sind. Die Verluste an Flächen und Qualität der Lebensräume widerspiegeln sich auf den Roten Listen der gefährdeten Arten.

Rote Listen

Die Roten Listen sind Fachgutachten, welche das Risiko für ein Aussterben von einheimischen Arten aufzeigen. Diese Listen werden im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) erstellt. Die Erstellung der Listen ist ein mehrjähriger Prozess und wird nach den Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN erstellt. Bei ca. 47% der untersuchten Arten besteht Handlungsbedarf.

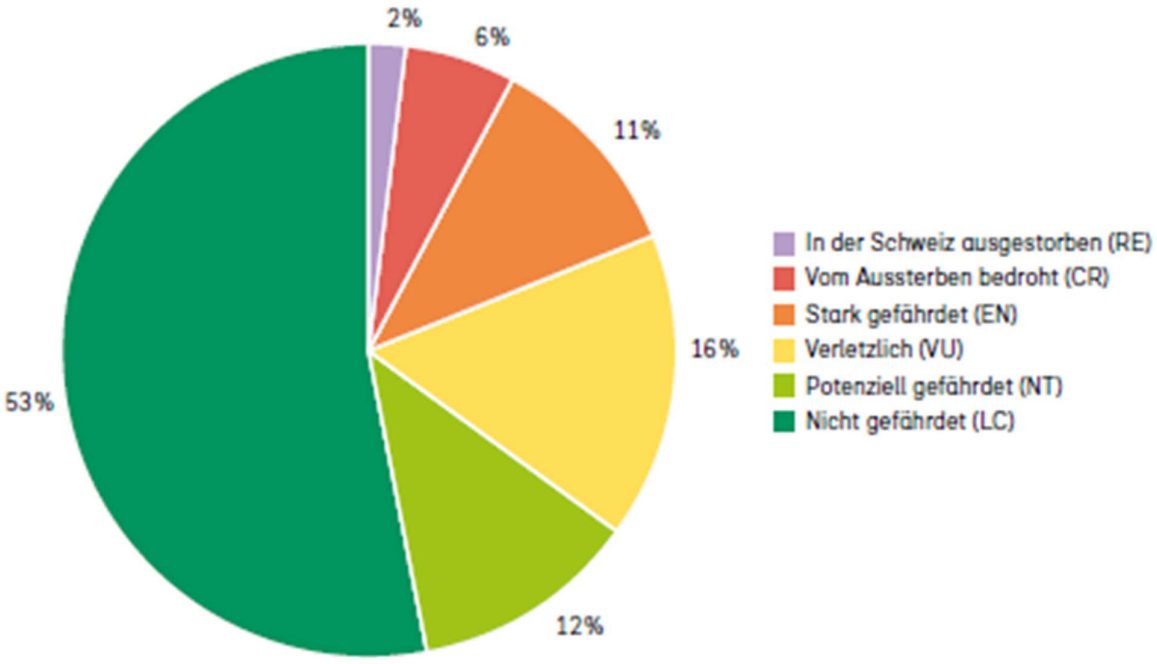


Abbildung 2 Anteil der untersuchten Arten nach Gefährdungskategorie in der Schweiz in %

In der Schweiz liegt eine besondere Verantwortung für Arten, die ausschliesslich oder hauptsächlich in der Schweiz vorkommen, sogenannte Endemiten. Von diesen Arten sind 48 % auf den Roten Listen verzeichnet. Schutzgebiete spielen eine entscheidende Rolle bei der Erhaltung gefährdeter Arten. Ein Drittel der Fundorte von gefährdeten Arten befindet sich in den Biotopen von nationaler Bedeutung, obwohl diese nur 2,2 % der Landesfläche ausmachen. Es gibt nur wenige Experten, die in der Lage sind, Arten sicher zu bestimmen, was dazu führt, dass nur ein kleiner

Teil der gesamten Artenvielfalt der Schweiz im Rahmen von Rote-Liste-Projekten erfasst werden kann.

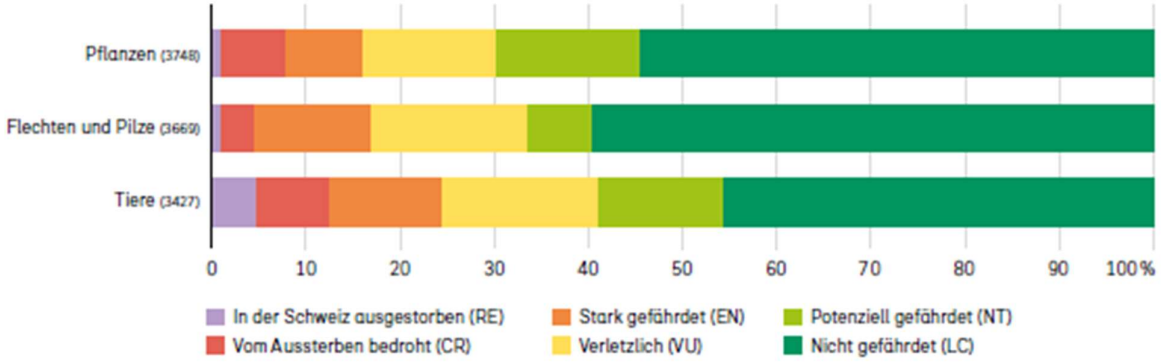


Abbildung 3 Anteil Pflanzen, Tiere, Pilze und Flechten nach Gefährdungskategorien in %

Beurteilung der Gefährdung

Um die Biodiversität in der Schweiz zu schützen, ist es von grosser Bedeutung, den Gefährdungsstatus vieler einheimischer Pflanzen-, Tier- und Pilzarten sowie ihrer Lebensräume zu kennen. Dies wird durch die Erstellung von Roten Listen ermöglicht, in denen Arten und Lebensräume anhand bestimmter Kriterien in Gefährdungskategorien eingestuft werden. Seit dem Jahr 2000 werden die Roten Listen in der Schweiz nach den international anerkannten Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN erstellt. Diese Kriterien sind präzise definiert und ermöglichen eine wissenschaftlich fundierte Einstufung der Arten. Im Vergleich zu den vorherigen Kriterien, die bis zum Jahr 2000 verwendet wurden, sind die IUCN-Kriterien genauer und verbindlicher. Die Einstufung einer Art in eine Gefährdungskategorie basiert auf Kriterien, die die Wahrscheinlichkeit des Aussterbens einer Art beschreiben. Jede Gefährdungsbeurteilung wird dokumentiert, um nachvollziehbar zu machen, welche Kriterien zur Einstufung geführt haben. Im Allgemeinen ist der Gefährdungsgrad einer Art umso höher, je kleiner und fragmentierter ihr Lebensraum ist und je schneller der Bestand abnimmt. Arten, die in den IUCN-Kategorien "Vom Aussterben bedroht" bis "Verletzlich" eingestuft sind, gelten als "Gefährdet". Die Kategorie "Potenziell gefährdet" dient als Vorwarnliste für Arten, bei denen eine mögliche oder wahrscheinliche Gefährdung besteht. Zusammen mit den Arten in den Kategorien "ausgestorben", "nicht gefährdet" und "ungenügende Datengrundlage" ergibt sich die Gesamtzahl der bewerteten Arten. Arten, die als Neobiota, gelegentliche Gäste, Wanderarten oder mit taxonomischen Unsicherheiten eingestuft werden, gelten als "Nicht anwendbar". Einheimische Arten, die aus anderen Gründen noch nicht in einer Roten Liste bewertet wurden, gelten als "Nicht beurteilt". Für die Anwendung der IUCN-Kriterien bei der Erstellung einer Roten Liste ist eine möglichst genaue Kenntnis der nationalen Verbreitung der Arten erforderlich. Dies erfordert teilweise aufwendige Feldarbeiten, die im Auftrag des

Bundesamts für Umwelt (BAFU) von nationalen Daten- und Informationszentren sowie Koordinationsstellen für Artenförderung durchgeführt werden.

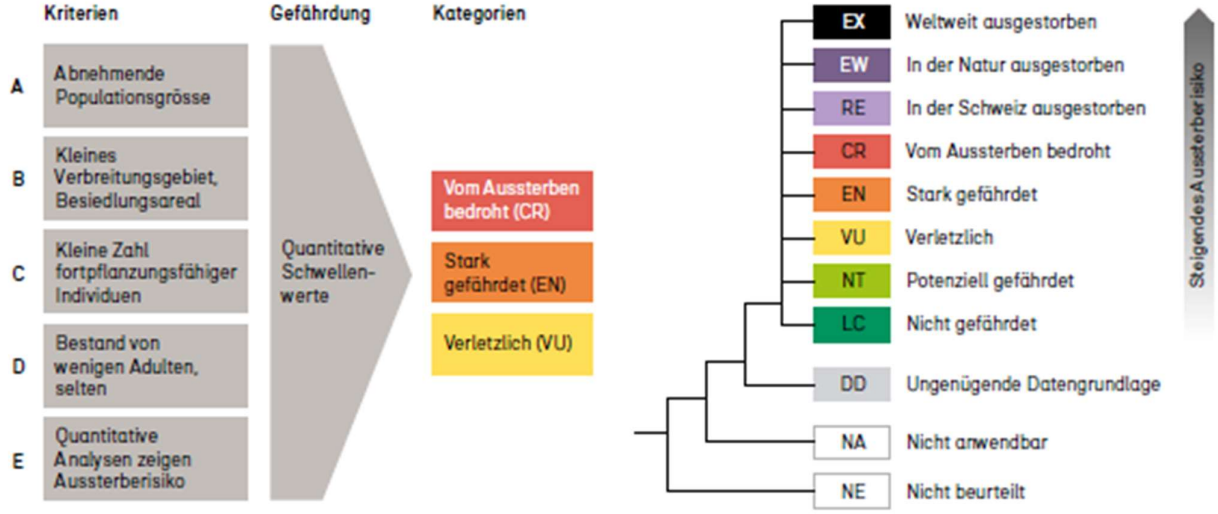


Abbildung 4 Beurteilungskriterien und Gefährdungskategorien

Rote Listen sind ein wichtiges Instrument zur Erhaltung der Biodiversität, da sie den Gefährdungsstatus von Organismen und Lebensräumen bewerten. Seit 2000 werden in der Schweiz die Arten nach den Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN bewertet. Diese Listen haben rechtliche Wirkung und dienen als Grundlage für verschiedene Zwecke. Erstens werden sie verwendet, um schützenswerte Lebensräume und gefährdete Arten zu identifizieren, was bei Planungs- und Bauvorhaben berücksichtigt werden muss. Zweitens helfen sie bei der Priorisierung von Massnahmen zur Förderung gefährdeter Arten, basierend auf ihrem Gefährdungsgrad und der internationalen Verantwortung. Drittens dienen sie der Information der Öffentlichkeit über den Zustand der Biodiversität. Rote Listen haben es geschafft, ein breites Publikum mit wissenschaftlich fundierten, aber dennoch verständlichen Informationen über den Zustand der Artenvielfalt und Lebensräume zu erreichen. Sie signalisieren Handlungsbedarf, unterstützen die Naturschutzpraxis, dienen als Erfolgskontrolle und rechtfertigen den Schutz von Arten und Lebensräumen. Sie fliessen auch in verschiedene Zustandsindikatoren ein und fördern Forschungsprojekte und Massnahmenprogramme zum Schutz gefährdeter Arten und Lebensräume.

Gefährdete Arten

In der Schweiz wurden bisher 56’009 einheimische Arten nachgewiesen. Dies ist ein Anstieg um über 10’000 Arten im Vergleich zu 2011, vor allem aufgrund neuer molekularer Bestimmungsmethoden, intensiverer Forschung und einer Zunahme an Beobachtungsmeldungen. Insekten und Pilze machen den Grossteil dieses Anstiegs aus. Insekten stellen 52% der bekannten Arten in der Schweiz dar. Es wird geschätzt, dass weitere 20’000 noch nicht entdeckte oder beschriebene Insektenarten in der Schweiz leben. Insgesamt wird die Artenvielfalt in der Schweiz auf 85’180 mehrzellige Arten geschätzt, ähnlich wie in anderen europäischen Ländern mit grösserer Fläche. Dies ist auf die Topografie mit grossen Höhenunterschieden, die heterogene Verteilung von Niederschlägen und die Lage im

Zentrum Europas an der Schnittstelle verschiedener Gewässereinzugsgebiete zurückzuführen.

Für die Roten Listen werden nur einheimische, wildlebende Arten innerhalb ihres natürlichen Verbreitungs- und Besiedlungsraums sowie wieder angesiedelte einheimische Arten bewertet. Eingeführte Arten, Arten, die sich nicht im Beurteilungsraum fortpflanzen, und Arten mit taxonomischen Unsicherheiten werden nicht bewertet. Arten mit unzureichender Datengrundlage werden ebenfalls nicht bewertet. Bisher wurde der Gefährdungsstatus von 10'844 einheimischen Arten mit ausreichender Datengrundlage ermittelt, was einem Anstieg um 494 Arten in den letzten zehn Jahren entspricht. Da jedoch die Anzahl bekannter Arten noch stärker zugenommen hat, ist der Anteil bewerteter Arten von 23% auf 20% gesunken. Es gibt jedoch grosse Unterschiede zwischen den Organismengruppen. Nur 10% aller bekannten Insektenarten wurden hinsichtlich ihres Aussterberisikos bewertet, während es bei Pilzen 32% und bei Flechten 41% sind. Bei Gefässpflanzen, Moosen und Wirbeltieren liegt dieser Wert nahezu bei 100%. Von den insgesamt 10'844 bewerteten Arten wurden 35% als gefährdet oder ausgestorben eingestuft, während 12% potenziell gefährdet sind. Dies bedeutet, dass bei 47% aller untersuchten einheimischen Arten in der Schweiz Massnahmen zum Schutz und zur Förderung der Artenvielfalt erforderlich sind. Der Anteil gefährdeter oder ausgestorbener Arten variiert stark je nach Organismengruppe, wobei er bei Gruppen mit wenigen Arten besonders hoch ist, wie z.B. bei Armleuchteralgen, Zehnfusskrebsen, Singzikaden, Amphibien und Reptilien.

Einheimische Arten 2022							
		gefährdet oder ausgestorben	potenziell gefährdet	nicht gefährdet	bewertet	bekannt	geschätzt
Total	Anzahl	3776	1282	5786	10844	56009	85180
	Prozent	35 %	12 %	53 %	19 %	100 %	
Tiere	n	1409	457	1561	3427	39438	62227
	%	41 %	13 %	46 %	9 %	100 %	
Pflanzen	n	1135	575	2038	3748	5450	5926
	%	30 %	15 %	55 %	69 %	100 %	
Flechten, Pilze	n	1232	250	2187	3669	11121	17027
	%	33 %	7 %	60 %	33 %	100 %	

Abbildung 5 Anteile geschätzter, bekannter, bewerteter und gefährdeter/ausgestorbener Arten in der Schweiz

Verschwunden oder vom Aussterben bedrohte Arten

Das Aussterben einer Art ist ein schleichender Prozess, der zunächst auf lokaler Ebene beginnt. Durch den Rückgang der Qualität des Lebensraums nimmt die Anzahl der Individuen ab. Durch die Zerstörung des Lebensraums können jedoch auch ganze Populationen innerhalb kurzer Zeit ausgelöscht werden. Das einst zusammenhängende Verbreitungsgebiet einer Art wird dadurch immer fragmentierter. Wenn die Bedrohungen fortbestehen, verschwindet die Art aus ganzen Regionen und Ländern. Das Aussterben einer Art in einem Land bedeutet nur in seltenen Ausnahmefällen, dass sie global ausgestorben ist. Es zeigt jedoch,

dass sich ihr Verbreitungsgebiet bedrohlich verkleinert hat. In der Schweiz sind bereits 245 Arten ausgestorben, darunter sechs Fischarten und eine Unterart von Gefässpflanzen. Seit 2016 unterscheidet die IUCN zwischen nachgewiesenermassen ausgestorbenen Arten und verschollenen Arten, bei denen noch Hoffnung auf Wiederentdeckung besteht. Letztere werden nun als "Vom Aussterben bedroht" eingestuft, während sie in der Synthese der Roten Listen von 2011 noch als ausgestorben galten. Die absolute Anzahl der ausgestorbenen Arten lässt sich daher nicht direkt vergleichen. Seit 2011 sind acht weitere Arten ausgestorben oder verschollen. Dabei handelt es sich um die Moorgrundel bei den Fischen, die Mond-Azurjungfer bei den Libellen sowie drei Tagfalterarten. Unter den Gefässpflanzen sind die Wanderheide und der Donau-Ampfer-Knöterich verschwunden, und bei den Grosspilzen das Weisse Stengelbecherchen. Viele Arten in der Schweiz haben in den letzten Jahrzehnten Bestandseinbussen erlitten. Einige von ihnen haben nur noch ein sehr kleines Verbreitungsgebiet oder sind nur noch mit sehr wenigen Individuen vertreten. 642 Arten erfüllen dieses Kriterium und werden in der Roten Liste als "Vom Aussterben bedroht" eingestuft, was bedeutet, dass in den nächsten 10 Jahren ein hohes Risiko des Aussterbens besteht. Insgesamt sind 8% der bewerteten Arten ausgestorben oder vom Aussterben bedroht. Aquatische Organismengruppen sowie Lebensraumspezialisten der Feuchtgebiete und Trockenstandorte weisen den höchsten Anteil an ausgestorbenen oder vom Aussterben bedrohten Arten in der Schweiz auf.

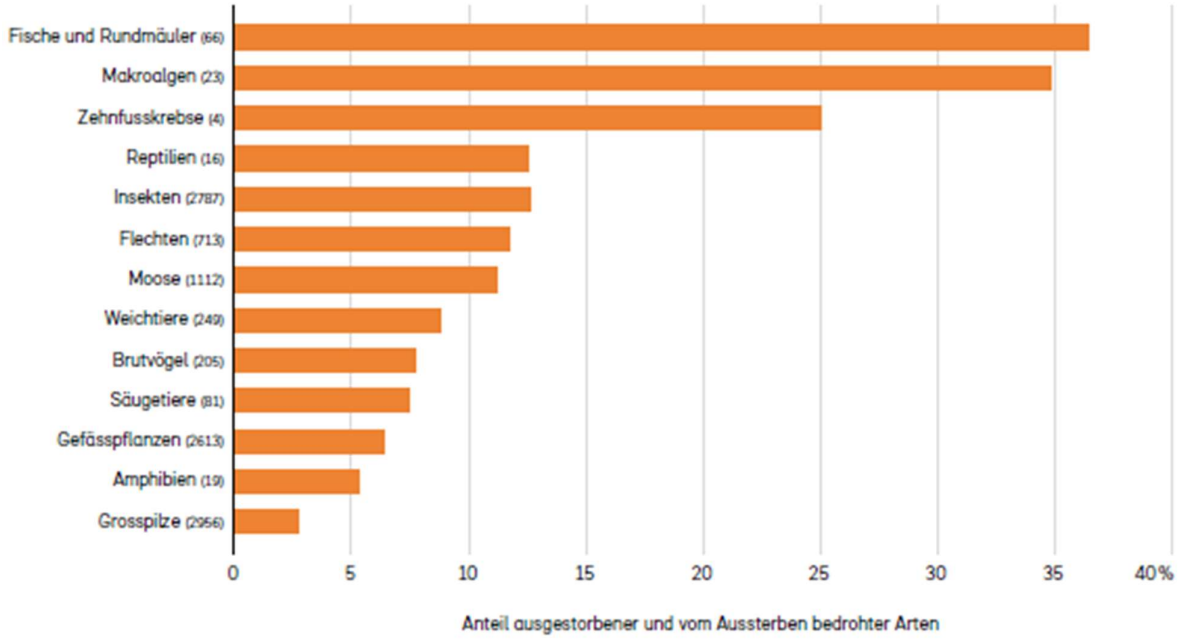
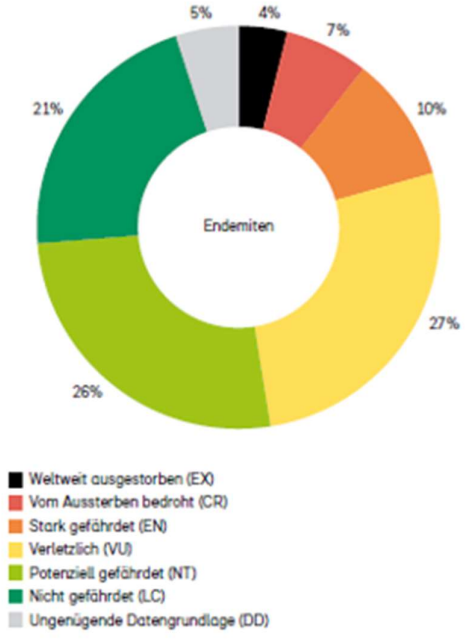


Abbildung 6 Anteil ausgestorbener und vom Aussterben bedrohter Arten in der Schweiz in %

Endemiten

Die Schweiz trägt eine grosse Verantwortung für Arten, deren Aussterben in der Schweiz ein weltweites Aussterben oder ein deutlich erhöhtes Aussterberisiko bedeuten würde. Dazu gehören endemische Arten sowie einheimische Arten, die weltweit oder europaweit gefährdet sind. Bisher wurden in der Schweiz 156 Arten und 23 Unterarten identifiziert, deren Verbreitungsgebiet entweder auf die Schweiz oder eng begrenzt auf die Schweiz und das angrenzende Ausland beschränkt ist.

Um als endemische Art eingestuft zu werden, müssen ausreichende Kenntnisse über Taxonomie und Ökologie sowie Daten zur Art und zur jeweiligen Organismengruppe vorhanden sein. Die vorhandenen Verbreitungsdaten müssen einen landesweiten und internationalen Überblick ermöglichen. Die Teilnahme der Schweiz an der internationalen Biodiversitätsdatenbank "Global Biodiversity Information Facility" (GBIF), die 2016 vom Bund beschlossen wurde, spielt dabei eine wichtige Rolle, da sie es ermöglicht, die Verbreitung von Arten im globalen Kontext zu betrachten. Seit 2011 ist die Anzahl bekannter, endemischer und teilendemischer Taxa von 116 auf 179 gestiegen. Von diesen leben 44 ausschliesslich in der Schweiz und können als Vollendemiten oder Schweizer Endemiten bezeichnet werden. Insbesondere bei den Fischen wurden neue Arten entdeckt. Die Gattung Coregonus umfasst in der Schweiz 21 beschriebene Felchenarten, von denen 17 Schweizer Endemiten sind. Die Beschreibung von sieben weiteren Arten ist derzeit im Gange. Im Jahr 2011 waren 27 Endemiten noch nicht als "National Prioritäre Arten" aufgelistet, aber mittlerweile gelten alle Schweizer Endemiten und Teilendemiten als Verantwortungsarten, die im Vollzug ausdrücklich berücksichtigt werden müssen. 48% aller bewerteten Endemiten stehen auf der Roten Liste. Zwölf Arten (7%) sind vom Aussterben bedroht und sieben Arten (4%) sind ausgestorben. Dazu gehören der Bodensee-Steinbrech, die Purpur-Grasnelke sowie fünf Felchenarten und eine Saiblingsart. Für neun bewertete Arten mit endemischem Status liegen derzeit nicht genügend Daten vor, um den Gefährdungsgrad zu bewerten. Laut der globalen Roten Liste der IUCN gibt es derzeit 133 Arten in der Schweiz, die weltweit gefährdet oder ausgestorben sind. Sieben Arten sind in der Schweiz und weltweit ausgestorben und weitere 78 Arten gelten als potenziell gefährdet. Diese Arten umfassen hauptsächlich Insekten, Fische, Moose und Grosspilze. Die Schweiz hat daher eine besondere Verpflichtung, Massnahmen zum Schutz und zur Förderung dieser rund 200 Arten zu ergreifen.



Organismengruppe	Anzahl weltweit gefährdeter Arten in der Schweiz
Säugetiere	4
Vögel	2
Reptilien	0
Amphibien	1
Fische	14
Insekten	32
Zehnfusskrebse	2
Muscheln und Schnecken	9
Gefässpflanzen	4
Grossalgen	0
Moose	18
Grosspilze	47
Total	**133**

Abbildung 7 Gefärdungseinstufungen von endemischen Arten und Arten welche in der Schweiz vorkommen

Zustand nach Regionen und Lebensräumen

Um einen Überblick über die Gefährdungssituation in den verschiedenen Regionen der Schweiz zu erhalten, wurde der Anteil national gefährdeter und ausgestorbener Tier- und Pflanzenarten in den Regionen anhand der Fundmeldungen in den Datenbanken für den Zeitraum von 2000 bis 2020 ermittelt. Auf nationaler Ebene beträgt der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Arten 35%. Auf regionaler Ebene ist dieser Anteil geringer, da nicht alle gefährdeten oder ausgestorbenen Arten in allen Regionen vorkommen, während nicht gefährdete Arten oft ein grosses Verbreitungsgebiet haben. Der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Arten ist im intensiv genutzten Mittelland am höchsten und in den östlichen Zentralalpen am niedrigsten. Eine Auswertung nach Höhenlagen ergab kein eindeutiges Bild. Im Talgebiet unterhalb von 800 m ü. M. war der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Gefässpflanzen- und Tierarten nur geringfügig höher als in den höheren Zonen.

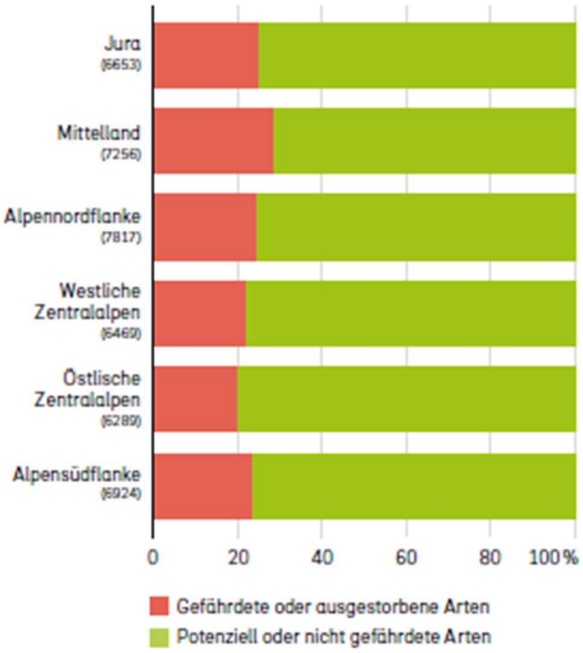


Abbildung 8 Übersicht Anteil von national gefährdeten und ausgestorbenen Tier- & Pflanzenarten nach Region in %.

Die meisten Arten sind eng an spezifische Lebensräume gebunden. Wenn diese Lebensräume selten sind oder ihre Qualität abnimmt, steigt das Risiko des Aussterbens für die darin lebenden Arten, insbesondere für Lebensraumspezialisten. Daher konzentriert sich der Schutz gefährdeter Arten oft auf den Erhalt ihrer Lebensräume. Um einen Überblick über die Gefährdungssituation der Lebensräume zu erhalten, haben Fachexperten im Auftrag des BAFU eine Rote Liste der gefährdeten Lebensräume erstellt, wobei die Kategorien und Kriterien der IUCN verwendet wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anteil gefährdeter Lebensraumtypen in verschiedenen Ökosystemen stark variiert. Am höchsten ist dieser Anteil bei Feuchtgebieten und Gewässern, während er im Wald am niedrigsten ist. Etwa die Hälfte der Lebensraumtypen im Siedlungsgebiet ist gefährdet. Der Zustand der Lebensräume spiegelt sich auch in der Gefährdungssituation der Gefässpflanzenarten wider: Ökosysteme mit einem hohen Anteil gefährdeter und ausgestorbener Lebensräume weisen auch einen hohen Anteil gefährdeter und ausgestorbener Arten auf. Zu den Ökosystemen mit vielen gefährdeten Gefässpflanzenarten gehören Gewässer, Ufer und Moore sowie Trockenwiesen in tieferen Lagen und Begleitfluren von Äckern und Weinbergen. Wälder hingegen haben einen geringen Anteil an bedrohten Gefässpflanzenarten. In den Wiesen der Talgebiete, die oft artenarm sind, kommen hauptsächlich häufige und weit verbreitete Arten vor. In aquatischen Lebensräumen ist der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Arten grösser als in terrestrischen Lebensräumen. Gewässer und Feuchtgebiete wurden in den letzten 150 Jahren stark durch

menschliche Eingriffe wie Flussverbauungen, Wasserkraftnutzung, Gewässerverschmutzung, Verlust von Teichen und Entwässerung der Landschaft für Landwirtschaft und Siedlungsraum verändert.

Schutzgebiete

Schutzgebiete spielen eine entscheidende Rolle bei der Erhaltung der Biodiversität, da sie natürliche oder naturnahe Lebensräume vor schädlicher Nutzung schützen und somit spezialisierten Arten einen Rückzugsort bieten. Ein wichtiger Bestandteil der ökologischen Infrastruktur sind die Inventare der Biotope von nationaler Bedeutung, zu denen Hoch- und Übergangsmoore, Flachmoore, Auen, Amphibienlaichgebiete sowie Trockenwiesen und -weiden gehören. Doch bieten Schutzgebiete tatsächlich einen sicheren Lebensraum für gefährdete Arten? Zwei nationale Monitoring Programme liefern Daten, die einen Vergleich zwischen den geschützten Biotopen von nationaler Bedeutung und der restlichen Landschaft ermöglichen. Beide Programme erfassen alle Pflanzenarten auf Untersuchungsflächen von jeweils 10 m². Während die 1’500 Untersuchungsflächen des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM) verschiedene Lebensräume repräsentieren (Äcker, Alpweiden, Siedlungen, Wald, Wiesen und Weiden), liegen die 6’902 Untersuchungsflächen der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS) ausschliesslich in den geschützten Biotopen von nationaler Bedeutung. In den geschützten Biotopen von nationaler Bedeutung sind Arten der Roten Listen deutlich häufiger vertreten als ausserhalb dieser Gebiete. Die in den Bundesinventaren aufgeführten Flächen spielen somit eine zentrale Rolle bei der Erhaltung der Artenvielfalt in der Schweiz. Der Vergleich verdeutlicht auch die Komplementarität der beiden nationalen Monitoring Programme mit ihren unterschiedlichen Schwerpunkten und ihre Bedeutung für die Überwachung der Biodiversität. Besonders viele gefährdete Arten kommen in Mooren vor. Ein Grossteil dieses Lebensraums wurde in den letzten 150 Jahren zerstört oder beeinträchtigt, weshalb die meisten auf Moore spezialisierten Arten auf der Roten Liste stehen. Trockenwiesen und -weiden haben in derselben Zeitspanne ebenfalls 95% ihrer Fläche verloren, jedoch ist die verbleibende Fläche grösser als die der Moore, weshalb der Anteil bedrohter Lebensraumspezialisten geringer ist. Eine Analyse der Fundmeldungen von Arten in den nationalen Datenbanken zeigt auch, dass ein Drittel der gemeldeten Fundorte von gefährdeten Arten in den geschützten Biotopen von nationaler Bedeutung liegt, obwohl diese nur 2,2% der Landesfläche ausmachen. Dies bedeutet jedoch auch, dass ein grosser Teil der gefährdeten Arten ausserhalb dieser Gebiete lebt. Dabei ist zu beachten, dass viele Vorkommen in anderen Schutzgebieten oder biodiversitätsfreundlich bewirtschafteten Flächen zu finden sind. Dies sind unter anderem Waldreservate, Biotope von regionaler Bedeutung, kantonale, kommunale und private Schutzgebiete oder Flächen mit hoher ökologischer Qualität zur Förderung der Biodiversität.

Prioritätensetzung der Artenförderung

Um die verfügbaren Gelder für den Artenschutz und die Förderung von Arten gezielt einzusetzen, ist es notwendig, Prioritäten zu setzen. Aus diesem Grund hat der Bund in Zusammenarbeit mit InfoSpecies im Jahr 2011 erstmals die Liste der "National Prioritären Arten" veröffentlicht und 2019 aktualisiert. Die Priorisierung erfolgt durch

Experten von InfoSpecies auf der Grundlage aktueller Daten. Sie basiert auf zwei Faktoren: dem Bedrohungsgrad, der dem Status in den aktuellen Roten Listen entspricht, und der internationalen Verantwortung. Die Schweiz trägt eine hohe Verantwortung für Arten, deren Verbreitungsgebiet hauptsächlich in der Schweiz liegt. Die höchste Verantwortung trägt die Schweiz für Arten, deren Aussterben in der Schweiz zu einem weltweiten Aussterben führen würde. In der Liste der "National Prioritären Arten" wird zudem angegeben, ob für jede eingestufte Art ein klarer Handlungsbedarf besteht und ob spezifische Artenförderprogramme, Lebensraumförderung oder Überwachung der Populationen erforderlich sind. Dieser Ansatz wird auch bei der kommenden Aktualisierung der Liste beibehalten, wobei sie um neue, relevante Informationen zur Artenförderung ergänzt wird. Eine ähnliche Priorisierung wurde auch im Bereich des Lebensraumschutzes vorgenommen. Dabei werden auch die "National Prioritären Lebensräume" aufgelistet, die hauptsächlich ausserhalb von Schutzgebieten vorkommen und dringenden Handlungsbedarf erfordern.

Vergleich mit dem Ausland

Die Gefährdungssituation der verschiedenen Organismengruppen unterscheidet sich teilweise erheblich zwischen der Schweiz und den benachbarten Ländern, wobei die Schweiz in den meisten Fällen die höchsten Werte aufweist. Besonders deutlich ist dieser Unterschied bei Amphibien und Fischen, wo ein dringender Handlungsbedarf in der Schweiz besteht. Die Gründe für diese Situation sind vielfältig. Ein Hauptgrund ist die oft schlechte ökologische Qualität und die Fragmentierung der geeigneten Lebensräume im Mittelland und in den Tälern der Schweiz. Auch die bessere Datengrundlage in der Schweiz sowie geografische Einflüsse wie die Lage des Landes in der Mitte Europas und am Rande der Verbreitungsgebiete einiger Arten spielen eine Rolle. Eine frühere Analyse aller gefährdeten Arten nach Gefährdungskriterien hat gezeigt, dass etwa die Hälfte der gefährdeten Arten in der Schweiz bedroht ist, weil ihre Bestände in dem untersuchten Zeitraum deutlich abgenommen haben oder ihr Verbreitungsgebiet stark geschrumpft ist. Viele andere Arten haben ein kleines Verbreitungsgebiet und gelten als selten. Es gibt verschiedene Gründe, warum Arten selten sein können: Zum einen kann die Fläche geeigneten Lebensraums in der Vergangenheit stark geschrumpft sein, zum Beispiel durch direkte Zerstörung wie Trockenlegung oder Bebauung. Zum anderen liegt die Schweiz am Rand des Verbreitungsgebiets einiger Arten. Einige Arten aus dem Mittelmeerraum finden beispielsweise nur in den warmen Gebieten des Wallis und der Alpensüdseite günstige Bedingungen vor. Ein weiterer Grund kann sein, dass das Verbreitungsgebiet von Natur aus klein ist. Dies trifft zum Beispiel auf Arten zu, die nur in einem bestimmten Lebensraumtyp vorkommen können und diesen nur an wenigen Orten finden können. Die Fortpflanzungsbiologie kann ebenfalls ein Grund für die Seltenheit sein. Bei einigen Arten, wie zum Beispiel Moosen, ist die Ursache für ihre Seltenheit bis heute unbekannt. Ein gemeinsames Merkmal dieser Arten ist jedoch, dass ihre Bestände aufgrund von Veränderungen in ihrem Lebensraum, zum Beispiel durch den Klimawandel, schnell verloren gehen können.

Schutzmassnahmen

Die Bundesverfassung in der Schweiz legt fest, dass Bund und Kantone dafür verantwortlich sind, die natürlichen Lebensgrundlagen langfristig zu erhalten. Dies beinhaltet auch die Erhaltung und Förderung der Biodiversität. In der Schweiz gibt es verschiedene Bundesgesetze, die sich mit diesem Thema befassen, wie das Natur- und Heimatschutzgesetz, das Umweltschutzgesetz, das Jagdgesetz, das Gewässerschutzgesetz, das Fischereigesetz und das Gentechnikgesetz. Ein nachhaltiger Umgang mit der Biodiversität wird auch in Gesetzen wie dem Raumplanungsgesetz, dem Landwirtschaftsgesetz, dem Waldgesetz und dem Nationalparkgesetz geregelt. Die Schweiz ist zudem ein Unterzeichnerstaat der UNO-Konvention zur Biodiversität von 1992. Das Ziel dieses internationalen Abkommens ist es, den Rückgang der Artenvielfalt bei Tieren, Pflanzen und anderen Organismen umzukehren. Im Jahr 2012 hat die Regierung eine Strategie zum Schutz und zur Förderung der Biodiversität entwickelt. Dieser entwickelte Aktionsplan verfügt über 26 Massnahmen, die in vier Kategorien unterteilt sind. Diese gelten als Vorgabe und beinhalten keine konkreten Umsetzungsprogramme. Diese im Einzelnen aufzuzeigen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Deshalb werden hier nur die Kategorien und Massnahmen, welche beschlossen wurden, aufgezeigt.

- Sofortmassnahmen
  - Unterhalt und Sanierung bestehender Schutzgebiete
  - Schaffung und Unterhalt von Waldreservaten
  - Quantitative und qualitative Sicherstellung von Alt- und Totholz
  - Spezifische Förderung National Prioritärer Arten
- Synergiemassnahmen
  - Konzeption der landesweiten Ökologischen Infrastruktur
  - Entwicklung einer Bodenstrategie Schweiz
  - Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an die natürlichen Standortbedingungen
  - Evaluation der Wirkung von Bundessubventionen
  - Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bei raumrelevanten Entscheidungen
  - Ergänzung der bestehenden Nachhaltigkeitsstandards mit Aspekten der Biodiversität
  - Anforderungen der Biodiversität in Musterbaureglementen
  - Internationale Zusammenarbeit zugunsten der Biodiversität und Umsetzung der Verpflichtungen im Bereich Biodiversitätsfinanzierung
  - Nutzung internationaler Erkenntnisse zugunsten der nationalen Biodiversitätspolitik
- Massnahmen mit Pilotprojekten
  - Regionale Vernetzungsplanung der ökologisch wertvollen Lebensräume
  - Optimierung der sektorübergreifenden Lebensraumförderung
  - Biodiversitätsfördernde Rückzonungen
  - Spezifische Förderung National Prioritärer Arten
  - Sensibilisierung für das Thema Biodiversität

    - Vorbildlicher Schutz und Förderung der Biodiversität auf aktiv genutzten Arealen des Bundes
- Massnahme
    - Verbindliche Sicherung besonders wertvoller Biodiversitätsflächen
    - Ausarbeitung und Weiterentwicklung sektorspezifischer Instrumente und Programme zur Vermeidung der genetischen Verarmung
    - Auf- und Ausbau von Ex-situ-Sammlungen zur Erhaltung prioritärer genetischer Ressourcen und gefährdeter Arten
    - Stärkung der Schweizer Forschung im Bereich Biodiversität
    - Stärkung des Themas Biodiversität in der Allgemein- und Berufsbildung
    - Sektorspezifische Stärkung des Themas Biodiversität in der Weiterbildung und Beratung
    - Stärkung der Massnahmen gegen den illegalen Handel mit Tieren und Pflanzen
    - Optimiertes und modernisiertes Datenmanagement

Die ersten drei Kategorien sind Massnahmen des Aktionsplans Biodiversität, welche in einer ersten Umsetzungsphase 2017 – 2023 umgesetzt wurden. Die vierte Kategorie sind zu prüfende Massnahmen für eine zweite Umsetzungsphase 2024 – 2027. In der zweiten Umsetzungsphase der Strategie Biodiversität Schweiz wird 2026 eine Gesamtevaluation durchgeführt. Diese Evaluation soll die bisherigen Erfolge und Misserfolge der Strategie bewerten. Dabei werden auch die Anstrengungen der Kantone zur Sanierung von Biodiversitätsverlusten berücksichtigt. Die Ergebnisse der Evaluation werden als Entscheidungsgrundlage für die Weiterführung des Aktionsplans Biodiversität nach 2027 dienen.

Biodiversität in den Schweizer Alpen

Vergangenheit

Die Alpen sind das grösste Gebirge in Europa und ragen bis über 4800 Meter über Meer in die Höhe. Der höchste Punkt der Schweizer Alpen, ist die Dufourspitze mit 4634 Metern über Meer, sie ist zugleich auch der zweit höchste Berg der Alpen. Vor rund 150 Millionen Jahren war das Gebiet der heutigen Alpen noch ein Ur-Meer. Unter dem Ur-Meer Tethys kollidierten die europäische und die afrikanische Kontinentalplatten miteinander. Durch dieses aufeinander treffen haben sich die Gesteinsschichten gefaltet, wurden gestaucht und übereinander geschoben. Weitere 120 Million Jahre später, war die europäische Platte so weit in den Erdmantel gerutscht, sodass ein Teil von ihr geschmolzen ist und dadurch die Platte abbrach. Der Rest der europäischen Kontinentalplatte ist nach oben getrieben und hat die Gesteinsschichten langsam nach oben gedrückt. So sind die Alpen entstanden. Dies ist auch der Grund, wieso in den Alpen ganz unterschiedliche Gesteinsarten anzutreffen sind, von europäischen über afrikanische bis zu Gesteinsarten des Meeresgrundes der Tethys. Deshalb ist es auch nicht verwunderlich, wenn man in den Alpen Fossilien von Meeresbewohner findet.

Das Klima in den Alpen durchlief, wie der Rest der Welt, immer wieder abwechselnd Warmzeiten und Eiszeiten. Die letzte Eiszeit war vor rund 100'000 bis 10'000 Jahren. In dieser Zeit war teilweise der ganze Alpenraum mit einer Eismasse bedeckt. Diese Eisschicht formte die Schweizer Alpen mehr oder weniger in den heutigen Zustand oder legte zumindest den Grundstein dafür.

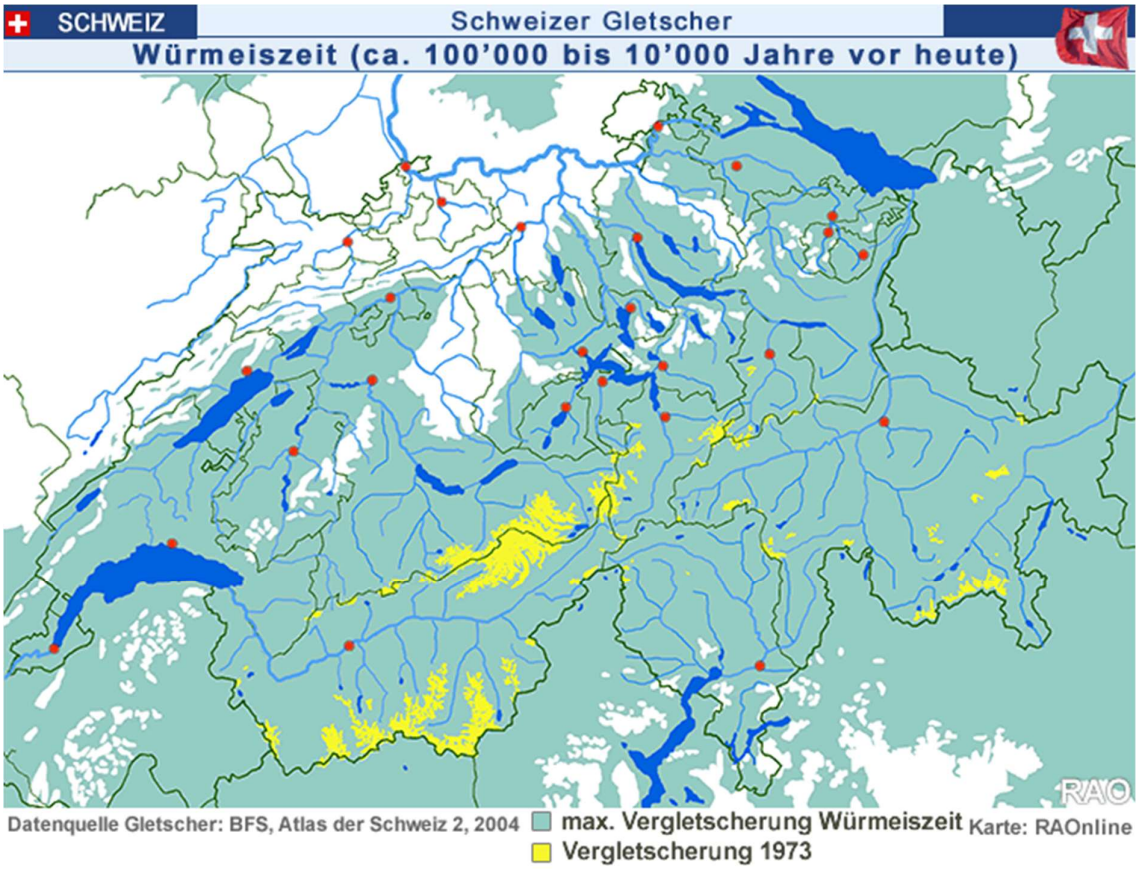


Abbildung 9 Ausdehnung der Vergletscherung

Forscher gehen davon aus, dass vor rund 6'000 Jahren gerade das komplette Gegenteil der Fall war und die Alpen fast komplett schnee- und eisfrei waren. Nur oberhalb von 4000 Metern über Meer sollte es wenige Schneebedeckte Gipfel gegeben haben.

Die Flora und Fauna in den Schweizer Alpen hat somit vor ungefähr 10'000 Jahren angefangen sich zu bilden. Die ersten Pflanzen, die sich in dem wieder eisfreien Gebiet verbreiteten, waren die Pionierpflanzen, die den Grundstein für die heutige Biodiversität legten. Mit der Zeit kamen die Pflanzen zurück, die vor der Eiszeit schon in dem Gebiet verbreitet waren und diese überlebt haben. Es ist bewiesen, dass Moos mehrere 100 Jahre unter einer Eisschicht übersteht. Mit der Zeit breiteten sich die Pflanzen und Tiere immer weiter aus. Eines der ersten Tiere waren wahrscheinlich die Gämse und der Steinbock, die sich in den Alpen wieder ansiedelten, was aus Fossilfunden hervorgeht. Mit der Erwärmung des Klimas in den tieferen Lagen Europas zogen die Murmeltiere in den Alpenraum ein. Murmeltiere

mögen eher kühlere Temperaturen und durch die Klimaerwärmung wird heute ihr Lebensraum bedroht.

Mit der Besiedlung der Alpen durch den Menschen, wurde die Biodiversität verändert. Man geht davon aus, dass die Menschen die Alpen von oben nach unten in Besitz genommen haben. Oberhalb der Baumgrenzen fanden die Menschen eine begrenzte Möglichkeit vor, ihre Nutztiere weiden zu lassen. Die Menschen schafften bereits vor rund 5'000 Jahren durch Rodung von Bergwälder Platz für grössere Viehweiden. Die entstandenen Alpweiden werden auch Sömmerungsgebiet genannt. Es wird davon ausgegangen, dass ca. die Hälfte der heutigen Sömmerungsgebiete früher bewaldet war. Durch diese Rodungen konnten sich neue Arten etablieren. Ausserdem schädigte der Mensch durch die Jagd die Biodiversität erheblich. Der Wolf wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in der Schweiz ausgerottet. Vor 1995 verirrten sich nur noch einzelne Wölfe in die Schweiz. Seit 1995 wandern rund 149 wieder in die Schweiz ein. Nicht alle blieben oder überlebten. Im Jahre 2012 gab es den ersten bewiesenen Nachwuchs seit der Wiedereinwanderung im Calanda-Rudel. Heute gibt es wieder 26 Wolfsrudel und insgesamt ca. 240 Wölfe. Von den 26 Wolfsrudel sind 18 Rudel die ausschliesslich in der Schweiz leben. Die allermeisten leben im Alpenraum. Nicht nur den Wolf hat der Mensch in den Alpen ausgerottet, auch der Bartgeier, der Braunbär, der Steinbock, der Luchs oder der Fischadler wurden ausgerottet. Aber auch die Rehe, Hirsche und Gämse wurden bis auf wenige Exemplare durch die Jagd reduziert. Heute ist man bemüht die einzelnen Arten, welche man dazumal fast oder ganz ausgerottet hat, wieder anzusiedeln und zu schützen. Die Wiederansiedlung der einzelnen Arten war nicht immer ganz legal von statten gegangen. Die ganze Steinbockpopulation in den Schweizer Alpen, stammte von Steinböcken aus Italien ab. Da im Jahre 1809 der letzte Steinbock in der Schweiz erlegt worden war, gab es keine Möglichkeit mehr mit Schweizer Exemplare die Population wieder aufzubauen. In dieser Zeit waren die Steinböcke generell in den Alpen vom Aussterben bedroht. Nur noch in Italien überlebte eine Population, welche Ende des 19. Jahrhundert durch den Schutz des italienischen Königs ca. 3'000 Tieren umfasste. Zwischen 1906 und 1933 wurden auf Bestreben des St. Galler Hotelier Robert Mader dank eines Wilderers aus dem Aostatal in Italien 59 Kitze in die Schweiz geschmuggelt. Da die heutige Population nur von den Vorfahren aus Italien abstammten ist die genetische Vielfalt bei den Steinböcken eher gering.

Abbildung 10 Transport von Steinböcken zur Auswilderung in den 1920er Jahren

Der Mensch hat aber nicht nur der Biodiversität geschadet. Bergbauern tragen mit dem Wildheuen einen Beitrag zur Förderung der Biodiversität in den Alpen bei.

Wildheuen findet in den steilen Grashängen in den Alpen statt. Diese Steilwiesen sind für die Tiere der Bauern schwierig, gar nicht zu erreichen oder einfach zu steil für das Vieh. Die Bauern betreiben das Wildheuen schon seit dem 17. Jahrhundert, allerdings dazumal aus ökonomischem Antrieb. Dies hat sich geändert, denn heute ist das Wildheuen ohne finanzielle Förderprogramme nicht mehr rentabel, da man für 100 Kilogramm Wildheu nur etwa 30 Franken erhält. Beim Wildheuen werden die steilen Grashänge meistens noch mit der Sense von Hand gemäht. Die Arbeit ist körperlich anspruchsvoll und sehr gefährlich, weil das gemähte Gras eine sehr rutschige Unterlage bildet. Das gemähte Gras wird getrocknet und zu 50 bis 60 Kilogramm schweren Ballen zusammengebunden. Diese Ballen werden dann über ein Stahlseil ins Tal befördert, heutzutage wird das Heu auch vereinzelt mittels Helikopter ins Tal gebracht. Das Wildheuen ist für die Biodiversität deshalb so wichtig, denn durch das Mähen der Flächen, erhalten viele Tiere und Pflanzen einen neuen Lebensraum. Würden die Flächen nicht mehr gemäht werden, würden die Flächen verbuschen und somit die Artenvielfalt einschränken. Ausserdem ist das Wildheuen eine Massnahme für den Lawinenschutz. Die ungeschnittenen Gräser werden bei Regen- oder Schneefällen in Fallrichtung zu Boden gedrückt und bilden so eine ideale Gleitebene für Lawinen, zudem nehmen durch das Wildheuen die Erosionsschäden ab. Heute gibt es nur noch wenige Wildheuflächen und Bauern, die diese gefährliche Arbeit verrichten. Gut ein Drittel der Wildheuflächen liegen im Kanton Uri, der sich sehr stark für das Wildheuen einsetzt.

Schlussendlich ist es schwierig eine Aussage zu treffen, wie hoch oder niedrig die Biodiversität in den Alpen früher war. Das Einzige, was man dazu sagen kann, ist dass sich das Ökosystem der Alpen laufend auf Grund des Klimas und der Menschen angepasst und sich dementsprechend die Biodiversität gestaltet hat.

Gegenwart

Lebensräume im Hochgebirge

Der Alpenraum ist ein wichtiger Lebensraum für viele seltene Tier- und Pflanzenarten. In den Schweizer Alpen gibt es ebenfalls noch die letzte wilde und ursprüngliche Natur in unserem Land. Alpweiden und Wildheuwiesen zählen aktuell zu den artenreichsten Flächen in der Schweiz. Zum Beispiel gibt es über 600 Pflanzenarten, die nur in den Alpen vorkommen oder zumindest ihren Verbreitungsschwerpunkt dort haben. Für diese Arten hat die Schweiz eine besondere Verantwortung. Damit die Schweiz dieser Verantwortung gerecht wird, erarbeitete die Schweiz die «Liste der National Prioritären Arten». Die Priorität wird dabei aus einer Kombination zwischen nationalem Gefährdungsgrad und der internationalen Verantwortung der Schweiz für die entsprechende Art definiert. Dabei ist es nicht verwunderlich, dass die meisten der gelisteten Arten sich in den höheren Lagen der Alpen befinden. Flächen in denen mehr als fünf Pflanzenverantwortungsarten vorkommen, liegen durchschnittlich auf rund 2'000 Metern über Meer. Vor allem die erwähnte wilde, natürliche Natur kommt fast ausschliesslich in den höheren Lagen vor. Dies weil es dort keine Siedlungen und Infrastrukturen gibt und somit ein überwiegend natürlicher Prozess stattfinden kann. Diese Räume sind in der Regel gut untereinander vernetzt und selten voneinander

isoliert. Damit dies so bleibt hat der Bund im Jahre 2020, Qualitätsziele für die hochalpine Landschaft festgelegt.

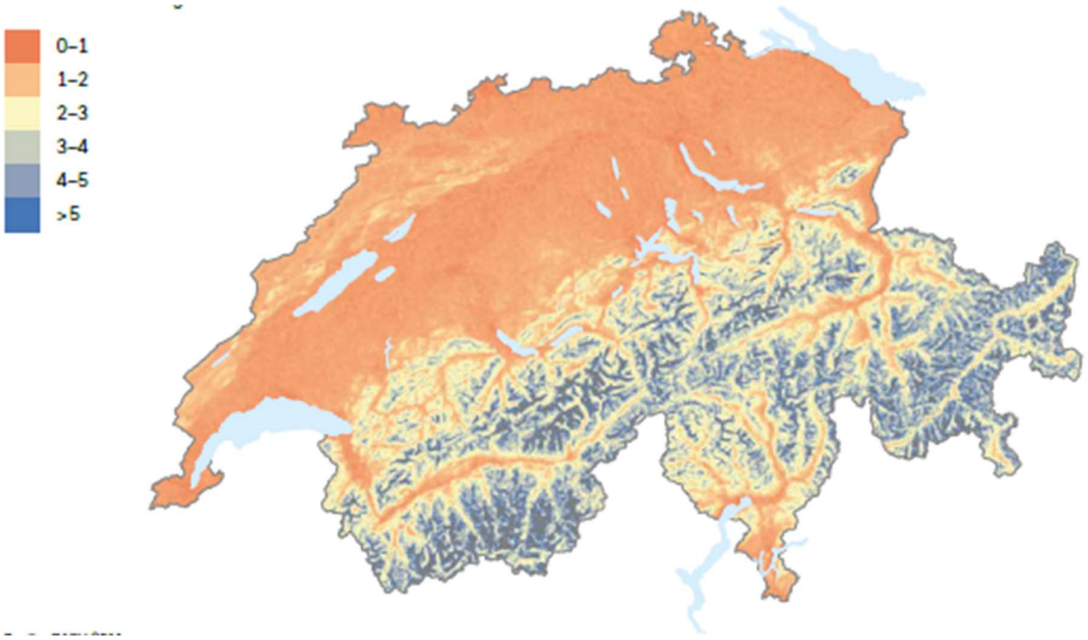


Abbildung 11 Übersicht Verteilung und Anzahl von Pflanzenverantwortungsarten

Heute beanspruchen die Sömmerungsgebiete rund 10% der Schweizer Landesfläche. Dort hat sich die Alpwirtschaft über Jahrhunderte entwickelt und ist auf die vorhandenen Gegebenheiten gut angepasst und die heutige Biodiversität geschaffen. Im Durchschnitt weisen diese Alpweiden 40 Pflanzenarten auf 10 Quadratmetern, dies ist der höchste Durchschnitt aller untersuchten Lebensräume. Der Trend aus den letzten Jahren, die Nutztiere mehr auf die «guten» Flächen zu konzentrieren und die «schlechteren» Flächen zu vernachlässigen, wirkt sich nicht unbedingt positiv auf die Artenvielfalt aus. Die intensiv genutzten Flächen werden zu stark beansprucht und die vernachlässigten Flächen werden zunehmend verbuschen und verwalden und damit diverse Arten verdrängen. Aktuell sind ca. 23% der Zentralalpen und fast 50% der Alpensüdseite bewaldet. Der ganze Waldzuwachs in der Schweiz, welcher zwischen 1985 und 2009 erfolgte, fand fast ausschliesslich in den Alpen statt. Pro Hektar und Jahr gelangen zehn Kilogramm Stickstoff über die Atmosphäre in die alpinen Böden. Durch diese Stickstoffdüngung werden erwiesenermassen Kräuter zu Gunsten von Gräsern verdrängt, denn die Arten sind in dieser Region auf die nährstoffarmen Böden angepasst und werden durch diese Überdüngung von neuen Arten verdrängt, welche mehr Nährstoffe zum Leben benötigen.

Die Alpen sind auch aus wirtschaftlicher Sicht für die Schweiz von Bedeutung. Sie ziehen jedes Jahr Touristen in die Schweiz, welche die Schönheit der Alpen und deren Natur bewundern. Ungefähr um 1900 begann der Alpentourismus in vielen Regionen und hat seither die Ökosysteme immer mehr belastet. Natur musste für die benötigten Infrastrukturen wie Hotels und Ferienhäuser weichen. Aber auch Skigebiete machen den Ökosystemen zu schaffen, denn durch die künstliche

Beschneiung, auf die man dank dem Klimawandel immer häufiger zurückgreifen muss, wird viel Wasser verbraucht, welches dann im Ökosystem bei Feuchtlebensräumen fehlt. Ausserdem kommt durch Kunstschnee weniger Sauerstoff hindurch, wodurch die Vegetation unter dem Schnee leidet. Allgemein machen die Freizeitaktivitäten in den Alpen, der Natur zu schaffen. Freizeitsportler, die sich abseits der Pisten oder Wanderwege aufhalten, zertrampeln nicht nur die sensiblen Pflanzen, sondern stören auch die Wildtiere. Wildtiere benötigen viel Energie, wenn Sie von den Menschen flüchten. Damit die Tiere im Winter nicht ihre kostbare Energie verlieren und einen ruhigen und sicheren Rückzugsraum haben, werden Wildruhezonen eingerichtet, die die Menschen weder betreten noch befahren dürfen. Im Sommer fehlen solche Ruhezonen leider weitgehend, weil sich der Tourismus im Sommer viel stärker ausdehnt.

Der Klimawandel ist in den Alpen stark zu spüren. In den letzten 120 Jahren hat sich hier das Klima doppelt so stark erwärmt wie der globale Durchschnitt. Dies hat zur Folge, dass die Pflanzenvielfalt in den Alpen sogar zugenommen hat. Zwischen 2001 und 2015 sind die Pflanzenarten im Gebirge um 10 Höhenmeter nach oben gewandert. Da Arten aus den tieferen Lagen schneller reagieren als diejenigen in den höheren Lagen, befürchten Forscher, dass die hochalpinen Arten einem immer grösseren Druck ausgesetzt werden. Die Tiere reagieren schneller auf die klimatische Veränderung. Brutvögel zum Beispiel haben ihre Brutstandorte in den letzten 20 Jahren um 24 Metern nach oben verlegt. Ein weiteres Beispiel ist, dass nachgewiesen wurde, dass die Anzahl an kältezeigenden Schmetterlingsarten abgenommen und hingegen wärmezeigende Arten zugenommen haben.

Auch der Bedarf an mehr elektrischer Energie hinterlässt seine Spuren in den Alpen. Durch das Errichten von Wasserkraftwerken werden Lebensräume zerstört. Im Allgemeinen gibt es in den Alpen ein hohes Potential, um erneuerbare Energien zu gewinnen. Mithilfe der erneuerbaren Energien könnte die Schweiz gleichzeitig etwas gegen den Klimawandel unternehmen, unabhängiger vom Ausland sein und den Energiebedarf besser abdecken. Hier gibt es aktuell immer wieder grosse Konfliktpunkte zwischen der Stromgewinnung und dem Natur- und Landschaftsschutz, wo jedes Mal am Ende abgewogen werden muss, welches von beiden nun wichtiger ist. Egal welche erneuerbare Energieform gewählt wird, es bleibt immer ein Eingriff in die Natur und das vorhandene Ökosystem, auch wenn vorher eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt wurde.

Moore

Moore sind in vielerlei Hinsicht wichtig. Zum einen bieten sie einen Lebensraum für Tiere und Pflanzen, sind aber zugleich auch ein wichtiger und grosser Kohlenstoffspeicher und helfen mit, das Klima zu regulieren. Global gesehen machen Moore ca. 3% der Landesoberfläche aus, speichern aber ca. 30% des terrestrischen Kohlenstoffs. Dieser Faktor 10 ist auch auf die Schweiz und ihre Moore zutreffend. Sie können auch bei starken Regenfällen das Wasser wie ein Schwamm aufsaugen und dosiert wieder abgeben und helfen so Überschwemmungen zu verhindern. Sie sind Wasserspeicher für Trockenperioden, reinigen das Wasser und sind bedeutende Naherholungsgebiete. Es werden zwischen Hoch- und Flachmoore unterschieden.

Abbildung 12 Moorlandschaft bei Glaubenberg

Die Vegetation bei Hochmooren ist über den Wasserspiegel hinaus in die Höhe gewachsen und wird von nährstoffarmem Regenwasser gespeist. Deshalb gehören die Hochmoore zu den nährstoffärmsten Lebensräumen in ganz Europa und die Pflanzen, die in diesem Lebensraum zurechtkommen, können in der Schweiz auch nur in den Hochmooren überleben. Heute gelangen nicht mehr so viele Nährstoffe durch die Luft in die Moore wie in den letzten Jahren, was sich negativ auf die bestehende Vegetation auswirkt, da diese von Pflanzen mit einem höheren Nährstoffbedarf verdrängt werden. Aufgrund der Nährstoffüberversorgung und des Feuchtigkeitsverlustes wachsen immer mehr Büsche und Bäume in den Hochmoorflächen. Seit 1997 nimmt die Bedeckung durch Gehölze jedes Jahr um 0.2% zu. Dies geschah vor allem in den Alpen und im Jura.

Die Flachmoore, die neben Regenwasser auch von Grundwasser feucht gehalten werden sind deshalb etwas nährstoffreicher als Hochmoore, verlieren aber an Qualität. Flachmoore sind hauptsächlich auf gerodetem Gebiet entstanden oder oberhalb der Waldgrenzen.

In der Schweiz kommen rund 1'100 Moosarten, was etwa zwei Drittel aller europäischen Moosarten entspricht, vor. Für viele dieser Moosarten sind die Moore ein wichtiger Lebensraum, welcher unbedingt erhalten werden muss. Renaturierung ist hierbei das passende Stichwort. Durch Wiedervernässung des Moores lässt sich in der Regel die Entwässerung rückgängig machen. Dies führt zur Wiederherstellung des moorigen Wasserhaushaltes, welcher die Voraussetzung für einen Wachstum von Torfmoosen ist. Die Wiedervernässung lässt sich durch Dämme oder zuschütten von Abläufen bewerkstelligen. Des Weiteren müssen die Moore entholzt und dafür gesorgt werden, dass nicht mehr Nährstoffe in die Moore gelangen und genügend grosse Pufferzonen um ein Moor errichtet werden. Zurzeit laufen viele Hochmoorrenaturierungen die von den Kantonen durchgeführt und vom Bund finanziell unterstütz werden. Diese Projekte zeigen schon die ersten positiven Wirkungen.

Gewässer

Die Fliess- und Stillgewässer bieten vielfältige Lebensräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten, vorausgesetzt sie befinden sich in einem natürlichen Zustand. In der Natur werden grössere Gewässer in Talgebieten meisten herkömmlich von Auenwäldern und Feuchtwiesen flankiert. Gerade diese Auen sind sehr wertvolle Lebensräume für rund 40% der heimischen Pflanzenarten und 84% der heimischen Tierarten, welche ganz oder teilweise in diesen Lebensräumen beheimatet sind. Die alpinen Auen befinden sich im Grossen und Ganzen noch in einem guten Zustand, besonders die Auen in den westlichen Zentralalpen sind am dynamischsten. Durch Landgewinnung und Hochwasserschutz-massnahmen gingen viele der gewässernahen Lebensräume verloren. Auch durch den Bau von Wasserkraftwerken, die rund 60% des in der Schweiz produzierten Stroms ausmachen, belasten und verändern die Lebensräume im und am Wasser.

Abbildung 13 Rhäzünser Rheinauen

Besonders die Quellen als Lebensraum haben grosse Verluste erlitten. Die Quellbewohner sind oft eng an den Lebensraum gebunden und können nicht einfach auf eine andere Quelle ausweichen. Dies ist der Grund weshalb sich rund 70% der Quellbewohner auf den roten Listen befinden. Durch Beschneiungsanlagen, Kraftwerke, Trinkwassernutzung, andere Bauvorhaben und den Klimawandel verschärft sich insbesondere die Lage in den Alpen zunehmend. 87% der untersuchten alpinen Quellen gelten als «stark verletzlich».

Heute sind viele Fliessgewässer nicht mehr im natürlichen Zustand. Durch Verbauungen und starke Abflussschwankungen nach Speicherkraftwerken wird ein natürlicher Lebensraum gestört. In den Alpen sind ca. 35'000 künstliche Hindernisse in Form von Bauwerken und künstlichen Abstürzen, welche die Fliessgewässer in mehrere Teilstücke zerstückeln. Die Zerstückelung hindert die Tiere in ihrem natürlichen Verhalten wie zum Beispiel die Wanderungen der Fische. Ebenfalls wird durch die Beeinträchtigungen die Qualität des Lebensraumes vermindert, was zu Vertreibung diverser Arten führt. Im Allgemeinen weisen viele Fliessgewässer in den Alpen eine gute Qualität auf. Trotzdem ist eine gewisse Vorsicht geboten, da durch die Erwärmung der Gewässer, die Arten weiter Flussaufwärts in kühlere Bereiche vordringen und je weiter Flussaufwärts sich Arten befinden, desto weniger Möglichkeiten und Platz haben diese, um auszuweichen.

Durch Trockenlegung von Feuchtstellen und Kleingewässern sind insbesondere Amphibien, Libellen und Wasserpflanzen in ihrer Existenz bedroht. Diese Feuchtstellen und Kleingewässer sind nicht nur ein wichtiger Lebensraum, sondern sind auch wichtige Vernetzungsstellen zwischen den umliegenden Gewässern.

Die Seen in den Alpen sind nicht nur wunderschön, sondern auch Lebensräume, die bedroht sind. Bedroht werden diese durch Verbauung der Seeufer, Wassererwärmung, Sauerstoffmangel in den Tiefen und schlechte Zirkulation des Wassers. Die alpinen Seen sind meistens von übermässiger Nährstoffzufuhr verschont geblieben. Doch der Sauerstoffmangel in der Tiefe zwang diverse Arten sich in seichtere Gebiete zurückzuziehen, wo bereits andere verwandte Arten beheimatet sind. Die verwandten Arten mischen sich und die genetische Vielfalt geht verloren, ein Artensterben ist die Folge davon. Die grösseren Schweizer alpinen Seen Thunersee, Vierwaldstädtersee, Walensee und Brienzersee weissen jeweils vier bis acht endemische Fischarten auf. Endemisch bedeutet in diesen Fällen, dass diese Arten nur in diesem begrenzten Gebiet vorkommen.

Wald

Dank nachhaltiger Waldbewirtschaftung sind die heutigen Wälder zwar zum grössten Teil wieder naturnahe Ökosysteme, weisen aber trotzdem noch deutliche Unterschiede zu den ursprünglichen Urwäldern auf. Dies macht sich auch in der Artenvielfalt bemerkbar, besonders an Totholz fehlt es in den Wäldern, welche für Insekten wichtig ist. Ein Urwald weisst typischerweise grosse dicke Bäume, ein hoher Anteil an Totholz sowie viel vermoderndes Holz am Boden auf. Verschiede Pilz- und Flechtenarten wachsen an den Bäumen und in den hohlen Baumstämmen sind viele Fledermausarten zu Hause. Ein Urwald verjüngt sich meist kleinflächig sowie zeitlich und örtlich gestaffelt.

Für die Biodiversität in diesem ehemaligen Waldland, dazumal waren rund drei Viertel der Schweiz mit Wald bedeckt, sind die Wälder auch heute noch von grosser Bedeutung. Um die 40% der in der Schweiz vorkommenden Tier- und Pflanzenarten leben im oder vom Wald. Die Lebensräume Wald und Auen liegen oftmals nahe beieinander. Durch die Bewirtschaftung des Waldes sind auch neue Lebensräume wie Lichtungen entstanden, welche heute eine grosse Artenvielfalt aufweisen. Insgesamt können zwischen 121 Waldlebensräume nach Exposition, klimatischen Verhältnissen, Höhenlagen, Niederschlagsmenge, geologischem Untergrund und Böden unterschieden werden. Diese Verhältnisse sind auch für die Zusammenstellung der Artenvielfalt mitverantwortlich, da als Beispiel in den höheren Lagen Nadelbäume anstatt Laubbäume anzutreffen sind. Etwa ein Drittel der Fläche der Schweiz sind heute noch mit Wald bedeckt. Diese Wälder sind durch den Menschen geprägt worden, was zu sowohl positiven wie auch negativen ökologischen Auswirkungen geführt hat. Insgesamt hat die biologische Qualität der Wälder in den letzten drei Jahrzehnten zugenommen.

Auch wenn die Qualität sich verbessert hat, stellen vor allem fehlendes Totholz und fehlende feuchte Wälder und Tümpel gewisse Arten wie Amphibien und Käfer vor Existenzprobleme. Habitat Bäume und Totholz sind für mehr als 20% der im Wald lebenden Arten ein wichtiges und unersetzliches Habitat und eine unverzichtbare Nahrungsquelle. Erfreulich ist, dass die Menge an Totholz zugenommen hat und in den Alpen die von den meisten Arten mindestens benötigte Menge von 20 bis 50 m^3/ha erreicht wurde. Teilweise wie auf der Alpensüdflanke aber nur knapp. Gewisse Arten würden sogar über 100 m^3/ha Totholz benötigen, was kaum möglich ist, wenn man die Wälder auch noch wirtschaftlich nutzen möchte. In Gebirgsregionen ist das

Totholz ebenfalls noch ein wichtiges Keimbeet für Baumsamen. Aber auch bei den Wäldern, wie schon bei den Alpwiesen, verändert sich die Artenvielfalt wegen den Stickstoffeinlagerungen über die Luft. Durch diese Überdüngung ziehen sich Arten, die mit wenig Nährstoffen auskommen immer weiter zurück. Ebenso macht der Klimawandel der Vegetation zu schaffen. Trifft die erwartete Erwärmung von 3,1°C – 4,3°C bis Ende des Jahrhunderts ein, verschiebt sich die Vegetation um 500 bis 700 Höhenmeter nach oben. Die Arten, welche rund um die Baumgrenzen leben, werden mit der aufrückenden Vegetation schwer zu kämpfen haben.

In der Schweiz gibt es nur noch drei nahezu ursprüngliche Urwälder, welche ca. 0.01% der gesamten Waldflächen ausmachen. Alle drei liegen in den Alpen. Dies sind der Fichten-Urwald in Scatlé im Kanton Graubünden, der Tann-Urwald in Derborence im Kanton Wallis und der Bödmerenwald im Muotatal im Kanton Schwyz. Die beiden Urwälder im Wallis und Graubünden sind zusammengezählt, gerade einmal etwas mehr als 30 ha gross. Der Bödmerenwald ist zwar nicht gänzlich ungenutzt, übertrifft aber mit seinen rund 550 ha die anderen beiden um Längen. Durch die Zunahme von Waldreservaten und ungenutzten Wäldern, werden sich diese mit enorm viel Zeit wieder zu ihrer ursprünglichen Form und Artenzusammensetzung entwickeln. In den Alpen gibt es je nach Region zwischen 10-20% der Waldflächen, in denen seit über 100 Jahren keine forstlichen Eingriffe mehr stattgefunden haben und die Wälder sich auf natürliche Art und Weise gestaltet haben. Der Mensch schafft aber wie bereits angespochen auch neue Lebensräume in den Wäldern. In den Alpen werden die Nadelwälder teilweise offen gehalten, damit diese für Hasel- und Auerhühner attratikv bleiben und nicht wieder verschwinden.

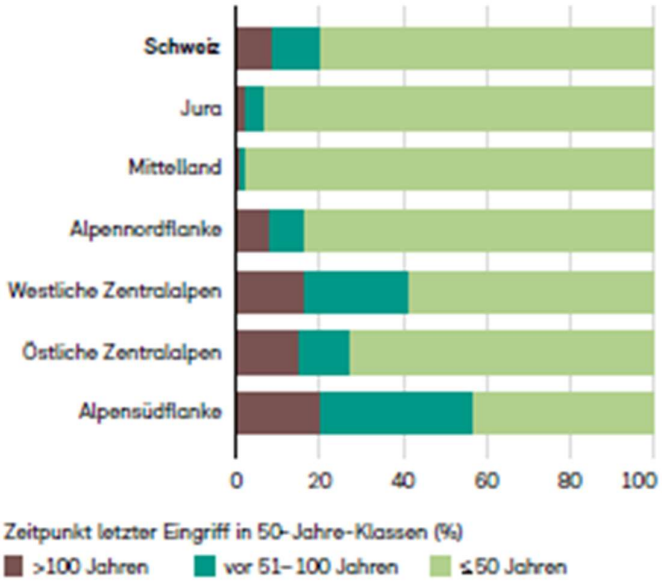


Abbildung 14 Anteil Waldflächen ohne forstliche Eingriffe

Der Bund und die Kantone unternehmen viel, um den Lebensraum Wald zu fördern und zu schützen. Das Ziel bis 2030 5% der Waldflächen in Naturwald- beziehungsweise Sonderwaldreservate auszuscheiden wurde bereits 2019 mit einem Stand von 6,5% übertroffen.

Agrarland

Durch die Rodung im Mittelalter entstanden viel neue Lebensräume, die durch die Landwirtschaft eine steigende Artenanzahl und Artendichte vorweisen konnten. Durch die Mechanisierung, Trockenlegung von Feuchtgebieten, systematische Beseitigung von Kleinstrukturen und grossflächigem Einsatz von Pestiziden und Dünger kam es nach dem ersten Weltkrieg zu einem stetigen Biodiversitätsverlust.

Dies geschah auch in den günstig gelegenen Berggebieten. In den Alpen brach die Artenvielfalt nicht so schnell zusammen, wie im Mittelland. Dies weil die Flächen schwieriger zu erreichen waren und es dazumal die technischen Hilfsmittel noch nicht gab wie heute. Kleinstrukturen wurden auch in den Alpen rigoros entfernt, wenn diese gestört hatten. Die Wiesen und Weiden wurden mehr gedüngt und bewässert. Auch die Landmaschinen wurden schwerer und hinterliessen ihre Spuren in der Natur. Viele Landwirtschaftsvogelarten konnten bis vor 20 Jahren nur noch in den Bergregionen überleben. Mittlerweile sind auch in den letzten zwei Jahrzehnten diese Vogelarten unter stärkeren Druck geraten oder sogar bereits ganz verschwunden. Angaben zu den Sömmerungsgebieten (Landwirtschaftsland in den Alpen), die zum Teil Trockenwiesen und -weiden sind, befinden sich im Kapitel «Lebensräume im Hochgebirge».

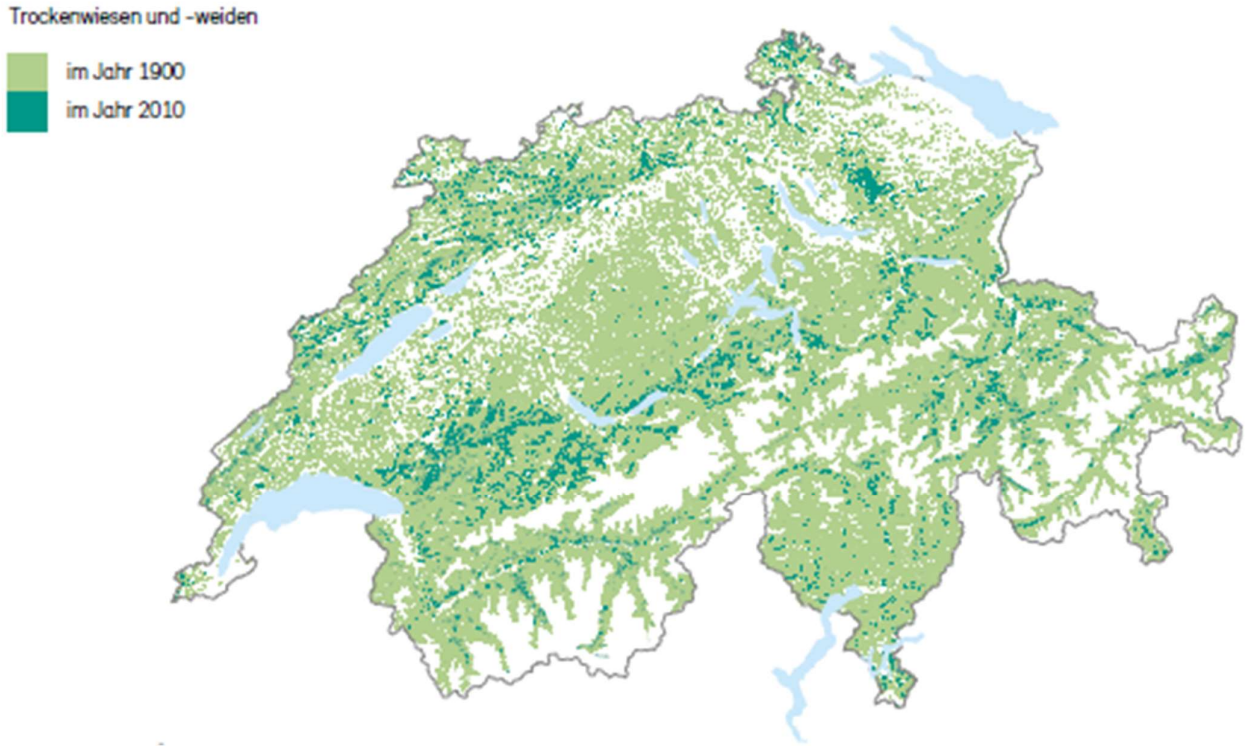


Abbildung 15 Rückgang von Trockenwiesen- & weiden zwischen 1900 & 2010

Der Bund hat in den 1990er-Jahren die Biodiversitätsförderflächen, kurz BFF eingeführt. Diese dienen dem ökologischen Ausgleich zur Intensivnutzung. Die BFF zählen zu den landwirtschaftlichen Nutzflächen. Die BFF und deren Beiträge, fördern und erhalten die Biodiversität auch in den höheren Lagen, nicht nur in der Talzone. Würden die Beiträge wegfallen, würden die wertvollen Flächen nicht mehr genutzt werden, da sich dies nicht rentieren würde. Die Folge wäre die Verbuschung der Fläche. Der Unterschied zwischen BFF und Kontrollfächen bezüglich deren Arten- und Lebensraumvielfalt nimmt in den Bergzonen ab. Dies bedeutet, dass die Arten-Lebensraumvielfalt in den Kontrollfächen, näher an diejenigen der BFF kommt.

Die folgende Abbildung zeigt auf, dass die Anzahl von Pflanzenarten und Lebensräume pro 10m² in den höheren Zonen, somit in den Alpen höher ist, wie in der restlichen Schweiz.

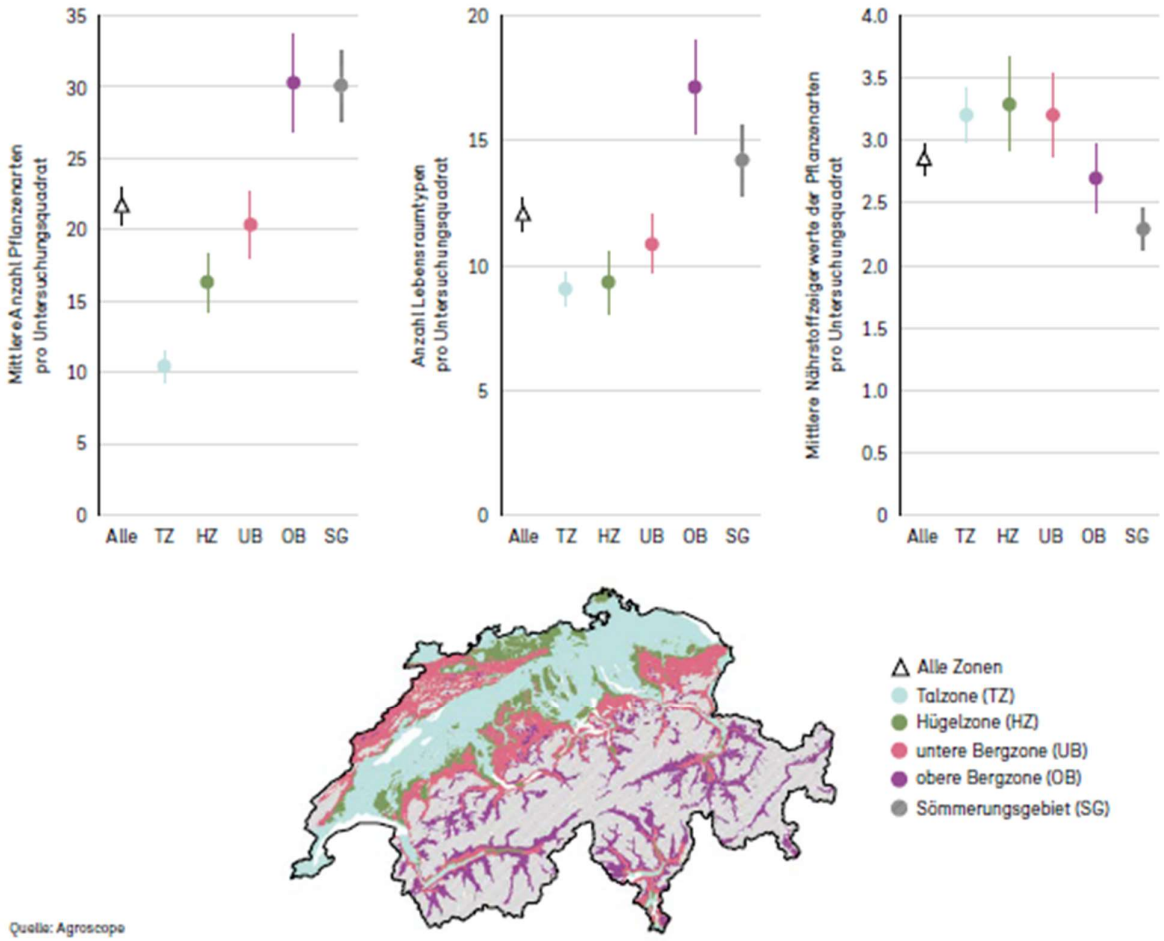


Abbildung 16 Biodiversitätsindikatoren nach Höhenlagen

Siedlungsraum

Die Biodiversität in den Siedlungsgebieten der Schweiz spielt eine wichtige Rolle für das ökologische Gleichgewicht und die Lebensqualität der Menschen. Obwohl die Schweiz ein dicht besiedeltes Land ist, gibt es immer noch viele Möglichkeiten, die Vielfalt der Tier- und Pflanzenarten zu erhalten und zu fördern.

In den Siedlungsgebieten der Schweiz gibt es verschiedene Lebensräume, die unterschiedlichen Arten Lebensraum bieten. Dazu gehören Gärten, Parks, Grünflächen, Gewässer und Wälder. Diese Lebensräume sind wichtig für Nahrung, Schutz und Fortpflanzungsmöglichkeiten für eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten. Solche Siedlungsgebiete und Lebensräume findet man auch in Alpen und den Tälern.

Besonders wichtig für die Biodiversität in den Siedlungsgebieten sind naturnahe Gärten und Grünflächen. Durch den Einsatz von einheimischen Pflanzen und die Schaffung von Strukturen wie Totholzhaufen oder Steinhaufen können Lebensräume für Insekten, Vögel und andere Tiere geschaffen werden. Auch das Anlegen von Teichen oder das Erhalten von natürlichen Gewässern trägt zur Biodiversität bei. Die Qualität der Biodiversität ist auch stark abhängig von angrenzenden naturnahen Lebensräumen.

Die Förderung der Biodiversität in den Siedlungsgebieten hat nicht nur ökologische, sondern auch soziale und wirtschaftliche Vorteile. Eine vielfältige Tier- und Pflanzenwelt trägt zur Lebensqualität der Menschen bei und bietet Möglichkeiten zur Erholung und zum Naturerlebnis. Bestimmte Arten wie bestäubende Insekten oder Vögel können auch einen wirtschaftlichen Nutzen haben, beispielsweise durch die Bestäubung von Nutzpflanzen.

Um die Biodiversität in den Siedlungsgebieten der Schweiz zu erhalten und zu fördern, sind verschiedene Massnahmen erforderlich. Dazu gehören die Schaffung von naturnahen Lebensräumen, die Reduzierung des Einsatzes von Pestiziden und die Förderung von umweltfreundlichen Garten- und Landwirtschaftspraktiken. Auch die Sensibilisierung der Bevölkerung für die Bedeutung der Biodiversität und die Möglichkeiten zur Mitgestaltung in den Siedlungsgebieten sind von grosser Bedeutung.

Die Biodiversität in den Siedlungsgebieten der Schweiz ist ein wertvolles Gut, das es zu schützen und zu fördern gilt. Durch gezielte Massnahmen und das Bewusstsein der Bevölkerung kann die Vielfalt der Tier- und Pflanzenarten erhalten und weiterentwickelt werden, zum Wohle der Natur und der Menschen.

Zukunft

Die Zukunft der Biodiversität in den Alpen ist besorgniserregend. Die alpinen Ökosysteme sind durch verschiedene Faktoren bedroht, darunter der Klimawandel, die Landnutzungsänderungen, die Verschmutzung und die Ausbreitung gebietsfremder Arten.

Der Klimawandel hat bereits Auswirkungen auf die alpine Biodiversität. Die Temperatur steigt in den Alpen zwei bis dreimal so schnell wie im Rest der Welt. Zwischen 1850 und 2020 ist die durchschnittliche Temperatur in den Alpen um 2°C gestiegen. Bis zum Jahr 2100 wird eine Zunahme von 4-5°C erwartet. Es wird damit gerechnet das ab dem Jahr 2100 keine Gletscher oder Schneefelder mehr unter 3500 Meter über Meer geben wird. Viele alpine Pflanzen und Tiere sind an die kühlen Bedingungen angepasst und könnten Schwierigkeiten haben, mit den sich ändernden klimatischen Bedingungen Schritt zu halten. Allgemein gilt, dass die Biodiversität und das Klima immer in einer Wechselwirkung zueinander stehen, ändert sich das Klima so verändert sich die Biodiversität mit und umgekehrt.

Die Verschmutzung, insbesondere die Luft- und Wasserverschmutzung, beeinträchtigt ebenfalls die alpine Biodiversität. Schadstoffe können sowohl direkt als auch indirekt auf Pflanzen und Tiere wirken und ihre Lebensfähigkeit beeinträchtigen. Wenn die Schweiz die Stickstoffemissionen nicht in den Griff bekommt, wird sich die Artenzusammensetzung in den Alpen weiterhin wandeln und im schlimmsten Fall geht in lokalen Gebieten, die eine oder andere Art verloren.

Die Landnutzungsänderungen, insbesondere der Ausbau des Tourismus und der Infrastruktur, haben ebenfalls negative Auswirkungen auf die alpine Biodiversität. Die Zersiedelung und der Verlust von natürlichen Lebensräumen führen zum Rückgang von Arten und zur Fragmentierung von Populationen.

Die Ausbreitung gebietsfremder Arten stellt eine weitere Bedrohung für die alpine Biodiversität dar. Diese Arten können einheimische Arten verdrängen und die ökologischen Prozesse in den alpinen Ökosystemen stören.

Wenn ein Lebensraum grösstenteils zerstört wird, sterben viele Tier-, Pflanzen- und Pilzarten sofort aus. Andere können sich zwar im veränderten Lebensraum halten, pflanzen sich aber immer seltener oder kaum noch fort. Im Laufe der nächsten Jahre und Jahrzehnte sterben diese Arten aus. Dieser Prozess dauert so lange an, bis sich ein neues Gleichgewicht zwischen dem degenerierten Lebensraum und der Anzahl potenziell vorkommender Arten eingestellt hat. Die Verzögerung des Aussterbens wird als Aussterbeschuld bezeichnet und definiert die Anzahl der Arten, die nach einer Veränderung des Lebensraums mittel- bis langfristig verschwinden werden. Lange Zeit war dieses Aussterben für Beobachter unerklärlich, da sich Grösse und Qualität der verbleibenden Lebensräume kaum verschlechtert haben. Doch die Anzahl der Arten nach einer Veränderung des Lebensraums täuscht. Arten werden auch in Zukunft so lange aussterben, bis sich ein neues Gleichgewicht eingestellt hat bzw. die Aussterbeschuld abbezahlt ist. Viele Untersuchungen zeigen, dass das Phänomen der Aussterbeschuld weit verbreitet ist und in allen Lebensräumen auftritt. Dies gilt auch für die Schweiz, in der fast alle Lebensräume in den letzten 150 Jahren erhebliche qualitative und quantitative Verluste erlitten haben und die verbleibenden Flächen deutlich schlechter miteinander verbunden sind. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass ohne Gegenmassnahmen viele kleine Populationen von Arten in Zukunft lokal verschwinden werden. Um solche Verluste sichtbar zu machen, sind Monitoring-Programme unerlässlich. Es gibt jedoch auch eine gute Nachricht, der Aussterbeschuld kann entgegengewirkt werden. Mit gezielten Sofortmassnahmen lässt sich ein weiteres Aussterben der betroffenen Arten verhindern. Es gilt, die ökologische Qualität der verbleibenden Lebensräume deutlich zu verbessern, neue Lebensräume zu schaffen und die Vernetzung zu verbessern.

Abbildung 17 Veränderung eines Lebensraums

Um die Zukunft der Biodiversität in den Alpen zu sichern, sind dringende Massnahmen erforderlich. Es ist wichtig, den Klimawandel zu bekämpfen und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, um die Auswirkungen auf die alpinen Ökosysteme zu verringern. Eine nachhaltige Landnutzung und der Schutz natürlicher Lebensräume sind ebenfalls entscheidend, um die alpine Biodiversität zu erhalten. Darüber hinaus ist es wichtig, die Verschmutzung zu reduzieren und die Ausbreitung gebietsfremder Arten zu kontrollieren.

Die Zusammenarbeit auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene ist von entscheidender Bedeutung, um diese Herausforderungen anzugehen und die Zukunft der Biodiversität in den Alpen zu sichern. Nur durch gemeinsame Anstrengungen können wir die alpine Biodiversität schützen und erhalten.

Alpine Photovoltaikanlagen

Ausgangslage

Die Schweiz hat mit der Energiestrategie 2050 beschlossen, aus der Atomenergie auszusteigen, die Energieeffizienz zu steigern und den Ausbau erneuerbarer Energien voranzutreiben. Durch diese Neuausrichtung, die von der Bevölkerung bestätigt wurde, strebt die Schweiz eine nachhaltige und klimafreundliche Energieversorgung mit erneuerbaren Energien an und möchte die Abhängigkeit von importierten Energien reduzieren. Gemäss dem Pariser Abkommen zur Dekarbonisierung des Energiesystems wird in der Schweiz bis 2050 ein zusätzlicher Strombedarf von 45-50 TWh erwartet.

Um die Ziele des Bundesrates zu erreichen, dass in der Schweiz ab 2050 keine Treibhausgase mehr ausgestossen werden sollen, müssen Anpassungen an der Energiestrategie 2050 vorgenommen werden. Insbesondere ist es wichtig, im Verkehr und bei der Wärmeerzeugung fossile Energieträger weitgehend durch umweltfreundlich erzeugten Strom zu ersetzen. Die Botschaft des Bundesrates vom 18.6.2021 legt einen neuen Zielwert von 17 TWh für das Jahr 2035 fest, um den Ausbau erneuerbarer Energien voranzutreiben. Davon soll die Photovoltaik mit 14 TWh den grössten Beitrag leisten. Von Experten wurde das nutzbare PV-Potenzial für alpine Freiflächen in Höhenlagen zwischen 1'500 und 2'500 m ü. M. auf 16.4 TWh geschätzt. Dabei wurden Einspeisemöglichkeiten berücksichtigt und Schutzgebiete ausgelassen.

Alpine Solaranlagen sind eine innovative und umweltfreundliche Möglichkeit, erneuerbare Energie in den alpinen Regionen zu produzieren und so zur Versorgungssicherheit der Schweiz beizutragen. Durch die Installation von Solaranlagen in den Bergen können die natürlichen Ressourcen optimal genutzt und gleichzeitig der CO2-Ausstoss reduziert werden.

Die alpinen Regionen bieten ideale Bedingungen für die Nutzung von Solarenergie. Die hohen Berge und die klare Luft sorgen für eine hohe Sonneneinstrahlung, die für die Effizienz der Solaranlagen entscheidend ist. Zudem sind die alpinen Gebiete oft dünn besiedelt, was ausreichend Platz für die Installation von Solaranlagen bietet.

Es gibt aktuell drei Varianten wie man eine Alpine Photovoltaikanlage realisieren kann. Anlagen können entweder an bestehenden Infrastrukturen, freistehend auf den freien Flächen in den Bergen oder auf Seen installiert werden.

Floating Photovoltaik

Die Floating Photovoltaikanlagen (FPV) werden auf einer schwimmenden Konstruktion auf dem See installiert. Solche Anlagen sind global gesehen stark im Aufwind, allerdings gibt es zu deren unmittelbaren Auswirkungen auf die Natur und die Umwelt bis anhin nur wenige Berichte. Die Auswirkungen von FPV auf Gewässer

sind je nach Gewässertyp und Anwendungsbereich unterschiedlich. In einigen Fällen kann FPV dazu beitragen, die Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässer zu mildern. In anderen Fällen kann es jedoch auch schädliche Auswirkungen auf das Gewässerökosystem haben.

Es gibt mehrere Vorteile was für FPV sprechen. Es wird keine kostbare Landfläche benötigt und die steigenden Wassertemperaturen können etwas reduziert werden. Dies hilft den potenziell toxischen Algenblüten entgegenzuwirken. Die Fische halten sich gerne unter einer FPV auf, da die zum einem unter der Anlage ein neuer Lebensraum entstehen kann und zum anderen die Fische da von Fischern geschützt sind. Aus der technischen Sicht ist der Pluspunkt, dass die FPV dank dem Kühleffekt des Wassers, einen rund 11% höheren Wirkungsgrad erreicht, wie vergleichbare Anlagen auf dem Land. Gemäss niederländischen Untersuchungen finden auch nur eine geringe Freisetzung von Schwermetallen statt und es gibt keinen Eintrag von organischen Mikroverunreinigungen im Wasser, sodass die Wasserqualität nicht wirklich beeinflusst wird.

Es gibt für die FPV aktuell nur einen wirklichen Nachteil, welcher aber einen sehr grossen Einfluss auf die Biodiversität haben kann. Dieser Nachteil ist die aktuelle Unwissenheit über die möglichen Veränderungen der Biodiversität in den betroffenen Seen. Es gibt noch viele Fragen und Unklarheiten darüber, wie FPV die Seen beeinflusst. Dazu gehören die Wirkungsmechanismen auf die Durchmischung des Gewässers, mögliche negative Auswirkungen auf die Unterwasservegetation, Einflüsse auf das Phytoplankton und die Primärproduktion sowie Auswirkungen auf Nahrungsnetze. Die Schwierigkeit, die die aufwändigere Konstruktion mit sich bringt und die damit verbunden höheren Investitionskosten sind aber ebenfalls nicht zu vernachlässigen.

2019 wurde in den Walliser Alpen die weltweit erste hochgelegene schwimmende Solaranlage in Betrieb genommen. Sie befindet sich auf dem Lac des Toules, einem Stausee auf 1’810 Metern über dem Meeresspiegel und ist ein Pilotprojekt. Die Anlage besteht aus 1’400 Solarmodulen, die auf 36 schwimmenden Plattformen aus Aluminium und Polyethylen montiert sind. Die Plattformen sind im Boden verankert. Die Anlage produziert jährlich mehr als 800’000 kWh Strom, dies entspricht etwa dem Strombedarf von 220 Haushalten. Die Verwendung von bifazialen Solarmodulen ermöglicht es, auch das von der Wasseroberfläche reflektierte Licht zu nutzen. Die Investitionskosten beliefen sich für diese Anlage auf 2,35 Millionen Franken. Ist das Projekt erfolgreich, sollte die Anlage erweitert werden und ca. einen Drittel des ganzen Sees bedecken. Dann würde die Anlage etwa 22 Millionen kWh pro Jahr produzieren, was dem Bedarf von rund 8'000 Haushalten entspricht. Dieses Projekt wurde von der lokalen WWF Sektion nur gebilligt, weil durch die jährliche Entleerung des Stausees sich sowieso keine Flora und Fauna im See entwickeln kann. Ansonsten wäre wahrscheinlich mit einem sehr grossen Widerstand gegen das Projekt zu rechnen gewesen.

Abbildung 18 Floating Photovoltaikanlage auf dem Lac des Toules

Damit der Bau einer FPV in den Alpen überhaupt Sinn macht, müssen einige Kriterien erfüllt sein. Der See darf nicht in einem Schutzgebiet liegen, sollte mit bestehender Infrastruktur erreichbar sein und selbstverständlich über ein gewisses Solarkraft-Potenzial verfügen. Anhand dieser Kriterien würden in der Schweiz gemäss einer Studie, rund zehn Alpenseen infrage kommen.

Freiflächen Photovoltaik

Freiflächen Photovoltaikanlagen werden, wie der Name schon sagt auf freien Flächen gebaut. Solche Anlagen sind in unserem Nachbarland Deutschland häufig anzutreffen, vorwiegen im Flachland. Die erste grössere Alpine Solaranlage wurde in Österreich errichtet und ist Stand Oktober 2023 die einzige grössere Alpine Solaranlage in den Alpen. Der Bund hat nun den Weg zum Bau solcher Anlagen in den Alpen geebnet. Die Schweiz übernimmt somit eine Pionierrolle in Europa, wenn es um den Ausbau grosser Alpinen Photovoltaikanlagen geht.

Das eine Freiflächen Anlage auch lukrativ sein kann und diese Unternehmung nicht ein kompletter Blindflug ist, wurde auch bereits in der Schweiz mittels einer kleinen Testanlage bewiesen. Die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaft (ZHAW) betreibt eine Photovoltaik-Versuchsanlage auf der Totalp in Davos, die sich auf einer Höhe von rund 2'500 m ü. M. befindet. Messungen aus den Jahren 2018 und 2019 zeigten eine Flächeneffizienz, die etwa 1,5 bis 2-mal höher war als bei PV-Anlagen im Schweizer Mittelland. Bei einer Neigung von 70° oder mehr kann im Winterhalbjahr mehr als 50 % der Energie produziert werden, was hauptsächlich auf die Schneebedeckung der umliegenden Landschaft zurückzuführen ist. Bifaziale Module mit einer Neigung von 70° erzielten den höchsten absoluten Ertrag im Winterhalbjahr. In dieser Zeit konnten sie eine ähnlich hohe Strommenge

produzieren wie eine Mittelland-Anlage gleicher Grösse über das gesamte Jahr hinweg. Im Winterhalbjahr war der Stromertrag sogar 3 bis 3,5-mal höher im Vergleich zu einer gleich grossen PV-Anlage im Mittelland.

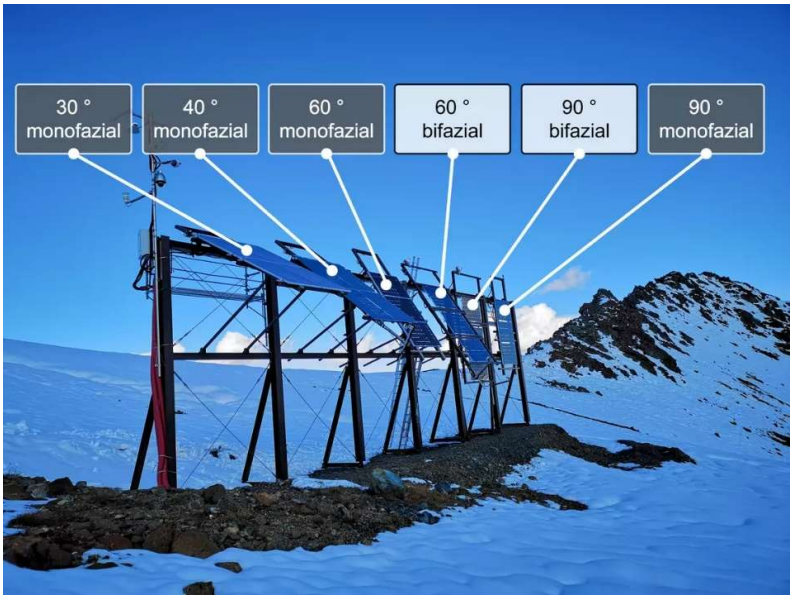


Abbildung 19 Testanlage der ZHAW in Davos

Um die Stromversorgung im Winter zu sichern, hat das Parlament am 30. September 2022 dringliche Massnahmen beschlossen. Dazu gehört, dass der Bau von grossen Solaranlagen ausserhalb von Baugebieten erleichtert wird. Diese Anlagen sollen einen grossen Teil ihres Stroms im Winter produzieren, um von den erleichterten Bewilligungsverfahren und der bevorzugten Förderung zu profitieren. Der Bau von Solaranlagen in den Alpen wurde vom Parlament als «Übergeordnetes Interesse» eingestuft. Dies bedeutet, dass gewisse Regeln und Verbote ausser Kraft gestellt werden, weil das öffentliche Interesse überwiegt. Die einzige Ausnahme diesbezüglich sind die Naturschutzgebiete, in diesen dürfen keine Anlagen gebaut werden trotz dem übergeordneten Interesse. Die Bewilligung für solche grossen Anlagen erfolgt schlussendlich immer von den jeweiligen Kantonen.

Gemäss Artikel 71a des Energiegesetzes, der am 30. September 2022 verabschiedet wurde, wurden Rahmenbedingungen für eine erleichterte Bewilligung von Photovoltaik-Grossanlagen eingeführt. Um als standortgebunden und von nationalem Interesse zu gelten, müssen die Anlagen bestimmte Kriterien erfüllen. Dazu gehören eine minimale Grösse von 10 GWh jährlicher Produktion, eine minimale Stromproduktion im Winterhalbjahr von 500 kWh/kW und die öffentliche Auflegung des Baugesuchs bis zum 31.12.2025. Für solche Anlagen besteht keine Planungspflicht und somit muss weder eine Richtplanung noch eine Nutzungsplanung durchgeführt werden. Jedoch ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich und die Anlagen müssen nach Ausserbetriebnahme vollständig zurückgebaut werden. Der Gesetzesartikel bleibt in Kraft, bis die kumulierte erwartete Jahresproduktion der rechtskräftig bewilligten Anlagen 2 TWh erreicht.

Der Bund fördert Freiflächen-Projekte in den Alpen, da die Kosten so hoch sind und diese kein Unternehmen allein tragen möchte. Der Bund vergütet den Unternehmen bis zu 60% der anrechenbaren Investitionskosten aber nur in der Höhe der ungedeckten Kosten. Selbstverständlich müssen die Betreiber vorher eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchführen und einreichen. Dieser Förderbeitrag soll die Kosten decken, die nicht durch den Stromverkauf gedeckt werden können. Spezielle Bedingungen damit die Fördergelder bezahlt werden gibt es vom Bund her nicht, ausser dass alles schnell ausgebaut wird. Damit die Betreiber den Förderungsbeitrag erhalten, müssen mindestens 10% der geplanten Produktion bis zum Ende des Jahres 2025 ins Netz geliefert werden.

Bezüglich der möglichen Standorte der Freiflächenanlagen sollte man auch einiges beachten. Das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (BLN) hat den Zweck, die wertvollsten Landschaften der Schweiz zu schützen und zu erhalten. Es umfasst insgesamt 162 Objekte, die den landschaftlichen Reichtum des Landes eindrucksvoll zeigen. Sowohl der Bund als auch die Kantone haben die gesetzliche Verpflichtung, den natur- und kulturlandschaftlichen Charakter dieser Gebiete unverändert zu bewahren. Die Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung liefern wichtige Informationen über die Geografie, Biologie und Geschichte unseres Landes. Sie bieten der Gesellschaft Identifikationsmöglichkeiten und dienen als Erholungsorte. Dies hat positive Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit der Menschen und trägt gleichzeitig zur touristischen Attraktivität der Landschaft bei. Vieler dieser BLN-Gebiete liegen in den Alpen und in diesen sollten möglichst keine grossflächigen, freistehende Photovoltaikanlagen stehen.

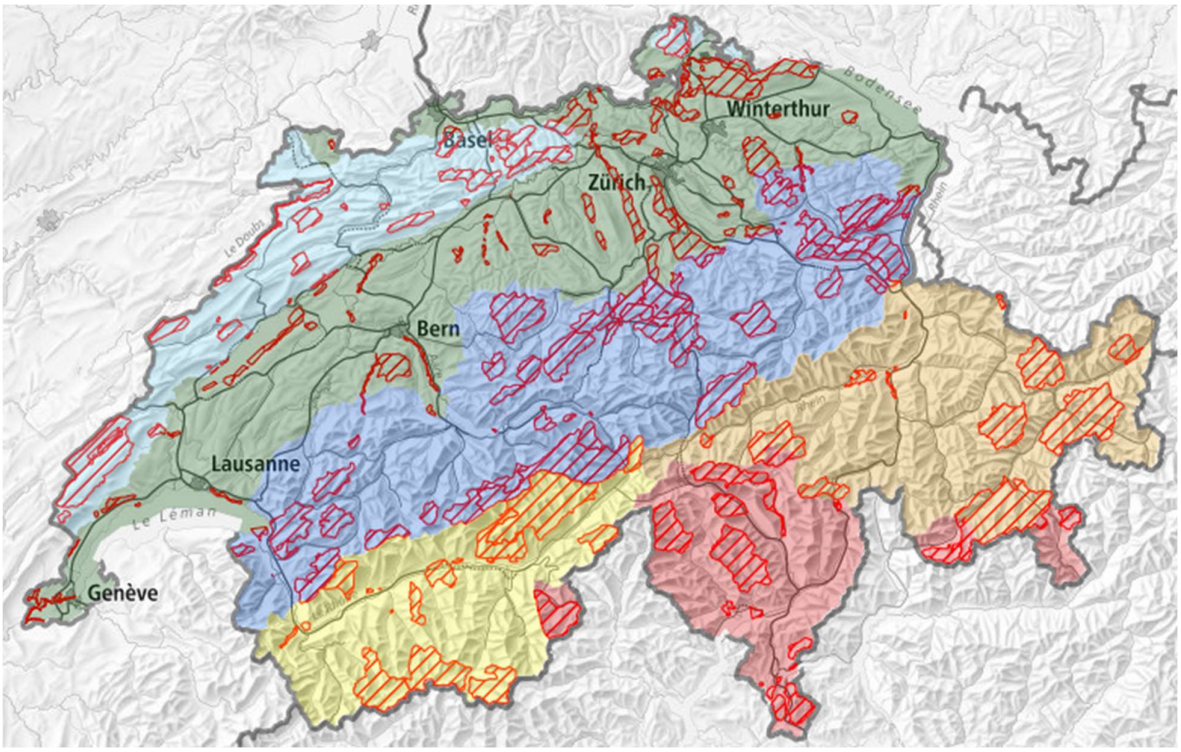


Abbildung 20 Karte mit den biografischen Zonen (dunkelblau, gelb, orange und rot sind die Alpenzonen) und BLN-Gebieten der Schweiz

Der Bund erstellte betreffend Windenergie eine Karte mit den Bundesinteressen auf der ersichtlich ist wo Windenergieanlagen gebaut werden dürften. Auf der folgenden Karte ist ersichtlich, wo gemäss dem Bund gar keine Anlage gebaut oder erst nach Interessensabwägung, die durch die jeweiligen Kantone gemacht werden muss, gebaut werden darf. Diese Karte könnte man auch für die Alpinen Solaranlagen nutzen. Kurz zur Erläuterung der Farben auf der Karte, dunkelrot sind «Schutzgebiete ohne Interessenabwägung», rot sind «Grundsätzliche Ausschlussgebiete», orange sind die «Gebiete mit Interessensabwägung bei nationalem Interesse» und die gelben sind «Vorbehaltsgebiete». Nur bei den dunkelroten Gebieten wird auf keinen Fall eine Anlage gebaut, bei den anderen findet eine Interessensabwägung statt. Nicht farbige Standorte sind in diesem Fall zu bevorzugen.

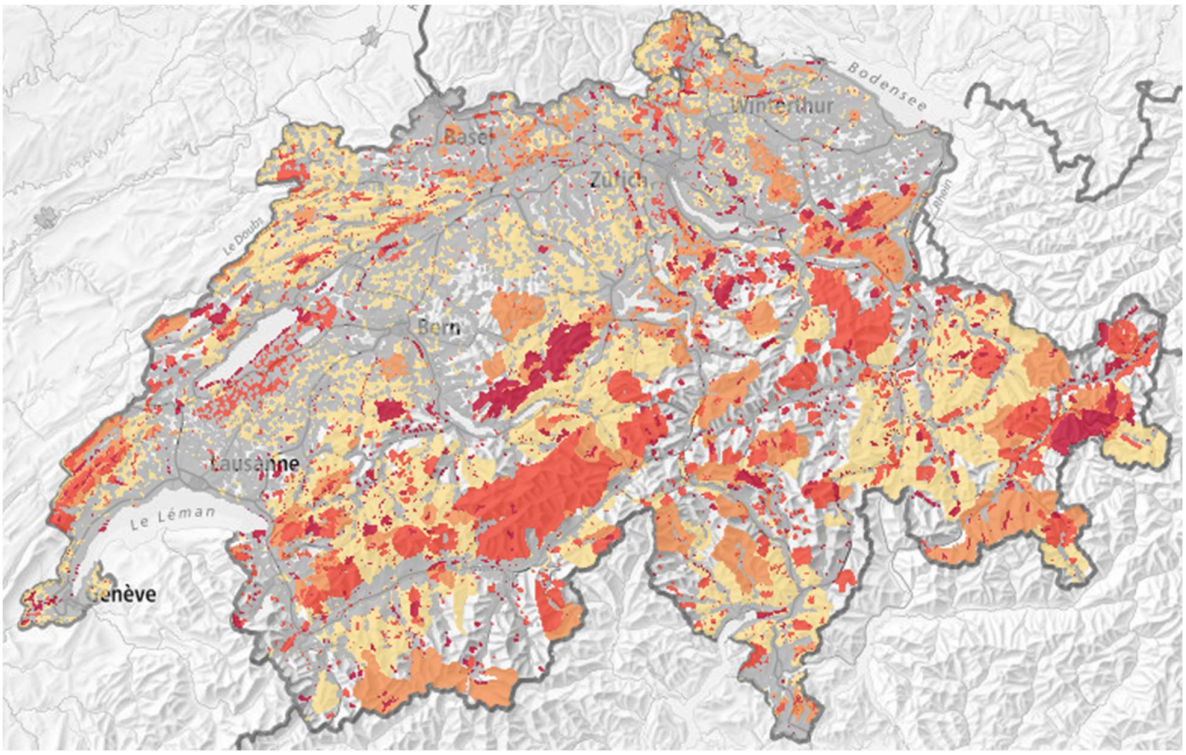


Abbildung 21 Übersichtskarte der Bundesinteressen in Bezug auf Windenergie

Weiter kommt hinzu, um geeignete Standorte für Freiflächen Solaranlagen zu bestimmen, dass die Ausrichtung stimmt. Nordhänge sind tendenziell weniger ertragreich als Südhänge. Ebenfalls wichtig ist, dass die Anlagen nicht im Schattenwurf der benachbarten Berggipfel liegen. Die Gebiete sollten über eine möglichst hohe Sonneneinstrahlungsdauer verfügen. Neben den geografischen und den Naturschutz bezogenen Aspekten darf die vorhandene Infrastruktur nicht vergessen gehen. Zufahrten und Stromnetzanbindungen sollten am besten auch bereits vorliegen oder zumindest in der Nähe vorhanden sein. Dies sind alles Kriterien, die bei der Planung einer Alpinen Freiflächen Photovoltaikanlage berücksichtigt werden müssen.

Gebaut wurde Stand Oktober 2023 natürlich noch keine Freiflächenanlage. Ideen zu möglichen Standorten und konkrete Projekte gibt es allerdings bereits. Aktuell sind 39 Freiflächenanlagen angedacht oder geplant und davon befinden sich 37 in den

Alpen. Bei 20 Anlagen handelt es sich bis jetzt nur um eine Idee für einen möglichen Standort. Die übrigen 17 Anlagen stecken noch in den Vorstudien oder in der Projektierung. Kein Projekt ist weiter als die Projektierungsphase

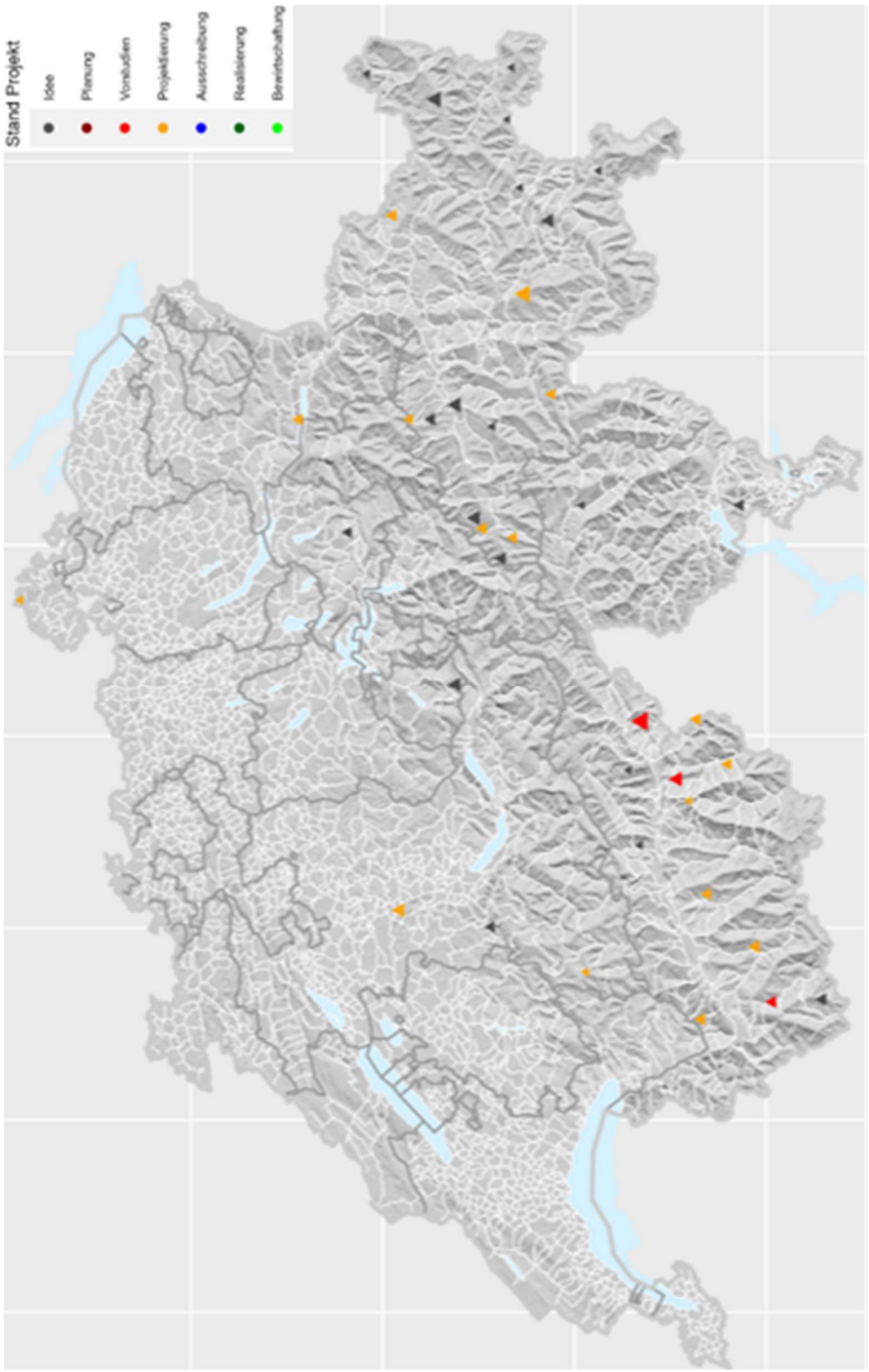


Abbildung 22 Übersichtskarte mit geplanten Freiflächen Photovoltaikanlagen in der Schweiz

Das grösste Solarprojekt ist im Kanton Wallis in der Gemeinde Grengiols geplant. Die Anlage befindet sich im Salfischtal auf einer Höhe von 2’000 bis 2’500 Meter über Meer und soll rund 110 GWh Energie pro Jahr produzieren. Diese 110 GWh reichen aus, um den Strombedarf von ungefähr 37'000 Haushalten abzudecken. Auf einem Quadratkilometer sollen hier rund 160'000 Solarmodule mit einer Spitzengesamtleistung von ca. 80 MW installiert werden. Ursprünglich waren rund 3,4 Quadratkilometer angedacht. Hierbei wären jährlich sogar rund 600 GWh Energie produziert worden. Auf Grund des rechtlichen Rahmens musste die Anlage aber massiv verkleinert werden. Für den Standort sprechen zum einen die abgeschiedene Lage, da das Tal nicht ganzjährig bewohnt ist und vom Haupttal auch nicht einsehbar ist und zum anderen, dass durch die Höhenlage am Südhang auch im Winter vielversprechende Sonnenstunden gewährleistet sind. Dieses Projekt befindet sich allerdings noch in der Vorstudie.

Abbildung 23 Ursprüngliche und aktuell geplante Solaranlage im Salfischtal

Das grösste Solarprojekt, welches über die Vorstudie bereits hinaus ist, ist die Solaranlage in Savognin in Graubünden, diese befindet sich in der Projektierungsphase. Diese Anlage soll jährlich rund 68 GWh Energie produzieren. Es sollen rund 93'000 Module verbaut und somit rund 25'000 Haushalte mit Strom beliefert werden. Allerding ist die Anlage auch nur noch halb so gross wie ursprünglich mal geplant. Im kommenden Dezember stimmt die Gemeinde Surses über das Bauvorhaben ab. Stimmt die Bevölkerung für das Projekt wird im Frühjahr 2025 mit dem Bau der Anlage begonnen, um die Bedingungen für den Erhalt der Fördergelder einzuhalten.

Vor allem diverse Naturschutzorganisationen sind gegen die Alpinen Photovoltaikanlagen. Sie fürchten zurecht um die Natur und die Biodiversität in den Gebieten, in denen solche Anlagen geplant werden. Der Bau von Alpinen Photovoltaikanlagen ist ein grosser Eingriff in die Natur und die Konsequenzen für die Biodiversität können im Alpenbereich nicht vorhergesagt werden. Insbesondere in der Bauphase, finden starke Eingriffe durch Baumaschinen und Umgrabungen für die einzelnen Betonfundamente statt. Auch nach der Fertigstellung könnte die Biodiversität noch weiterhin zu kurz kommen. Durch die Verschattung könnte sich als Beispiel die Vegetation verändern und somit den aktuellen Lebensraum von Tieren massgeblich verändern. Auch allfällig gebaute Zäune, um PV-Anlagen vor Vandalismus zu schützen, schränkt den Lebensraum der Tiere ein. Studien über die Auswirkungen von Freiflächenanlagen gibt es im Alpinen Bereich noch nicht. Studien

für Anlagen im Flachland zeigen zwar, dass die Biodiversität in den Solarparks auch gesteigert werden kann. Gemäss den Studien stören sich die Tiere auch nicht an den Anlagen und die Vegetation wird durch die Verschattung auch nicht stark beeinträchtigt. Trotzdem ist dies mit Vorsicht zu geniessen, da sich zum einen sich vorher auf den Flächen ein Acker befand, ist es noch schnell möglich, dass sich die Biodiversität auf dem Gelände einer Solaranlage vervielfältigt und zum anderen kann man die Studie nicht eins zu eins in den Alpenraum adaptieren, da es eine ganz andere Vegetation und Tierwelt ist, die sich unter gleichen Bedingungen anders verhält als diejenigen aus dem Flachland. Weitere Recherchen, wie man die Biodiversität in bei Alpinen Solaranlagen steigern kann, blieben erfolglos.

Photovoltaik an bestehender Infrastruktur

Um die Biodiversität und die Natur so wenig wie möglich zu belasten, ist es sinnvoll, PV-Anlagen an bestehende Infrastruktur in den Alpen zu installieren. Bestehende Infrastrukturen wie Staumauern, Skilifte oder Siedlungen bieten gute Voraussetzungen für Alpine Photovoltaikanlagen. Hierbei sind meistens Zufahrten und Stromnetzanbindungen bereits vorhanden und müssen nicht zusätzlich gebaut werden.

In der Schweiz sind aktuell drei kommerzielle Anlagen in Betrieb, welche auf bestehende Infrastruktur installiert wurden. Diese drei Anlagen sind alle an einer Staumauer angebracht und befinden sich an der Albigna – (Graubünden), Lago di Lei – (Graubünden) sowie an der Muttsee-Staumauer (Glarus). Die Anzahl an geeigneten Staumauern in der Schweiz ist eher überschaubar und somit das Potenzial solcher Anlagen schon eher ausgeschöpft. Hinzu kommt, dass die Investitionskosten von Anlagen an Staumauern zwei- bis dreimal so hoch sind, wie eine vergleichbare Anlage auf einem Hausdach im Mittelland.

Der weltweit erste Solarskilift wurde 2011 in Tenna im Safiental (Kanton Graubünden) in Betrieb genommen. Die Anlage erzeugt mit 82 Solarwings, die auf zwei Tragseilen oberhalb des Transportseils montiert sind, jährlich rund 100’000 kWh Strom. Hierbei handelt es sich noch um 245W Module, die auf einer Länge von 330m auf diese 82 Solarwings installiert sind. Ein Solarwing besteht aus drei Solarmodulen und insgesamt sind 246 Module installiert worden. Die Solarwings richten sich alle 10 Minuten neu nach der Sonne aus, damit immer ein möglichst grosser Ertrag erzielt werden kann. Die Anlage produziert maximal 60kW. Im Jahr 2019 hat die Solaranlage des Skiliftes rund 91'894 kWh Solarenergie produziert und der Skilift hat in diesem Jahr nur 7'580 kWh verbraucht. Dies bedeutet, der Skilift hat rund zwölfmal mehr Energie produziert als er verbraucht hat.

Laut Auskunft von Jürg Rohrer von der ZHAW ist dieses Verfahren nur dann möglich, wenn die Stützen von Anfang an auf die zusätzliche Last ausgelegt werden. In der Regel ist dies nachträglich leider nicht mehr möglich. Dies hat zur Folge, dass nur bei neuen Skiliften und Seilbahnen oder bei komplett Sanierungen diese Methode zum

Zuge kommt.

Abbildung 24 Solarskilift Tenna in Graubünden

Natürlich nicht nur an den Skiliften und Seilbahnen steckt das Potenzial, um Solaranlagen zu installieren, auch an den Tal- beziehungsweise Bergstationen der Bahnen findet man geeignete Möglichkeiten, um eine PV-Anlage zu installieren, wie zum Beispiel die Talstation der 3S-Seilbahn in Zermatt. In diesem Bereich gibt es allgemein noch grosses Potenzial für Solaranlagen ohne weitere Eingriffe in der Natur vornehmen zu müssen.

Pro Alpine Photovoltaikanlagen

Die Vorteile von alpinen Solaranlagen liegen auf der Hand. Zum einen handelt es sich um eine erneuerbare Energiequelle, die unerschöpflich ist und keine schädlichen Emissionen verursacht. Dadurch wird die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen reduziert und ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet.

Alpine Freiflächen-PV-Anlagen haben den Vorteil, dass sie bei einer Modulneigung von 70° oder steiler, das ganze Jahr über praktisch gleich viel Energie produzieren können. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie ihre maximale Leistung gegen Ende des Winters in den Monaten Februar und März erreichen. Dies ist ein grosser Vorteil, um die Versorgungslücken im Winter zu überbrücken.

Wie die folgende Abbildung aufzeigt, ist die Globale Sonneneinstrahlung in den Alpen am stärksten. Demzufolge sind die Standorte für Photovoltaikanlagen in den Alpen attraktiver, um elektrische Energie zu erzeugen, gegenüber den Standorten im Mittelland und im Jura.

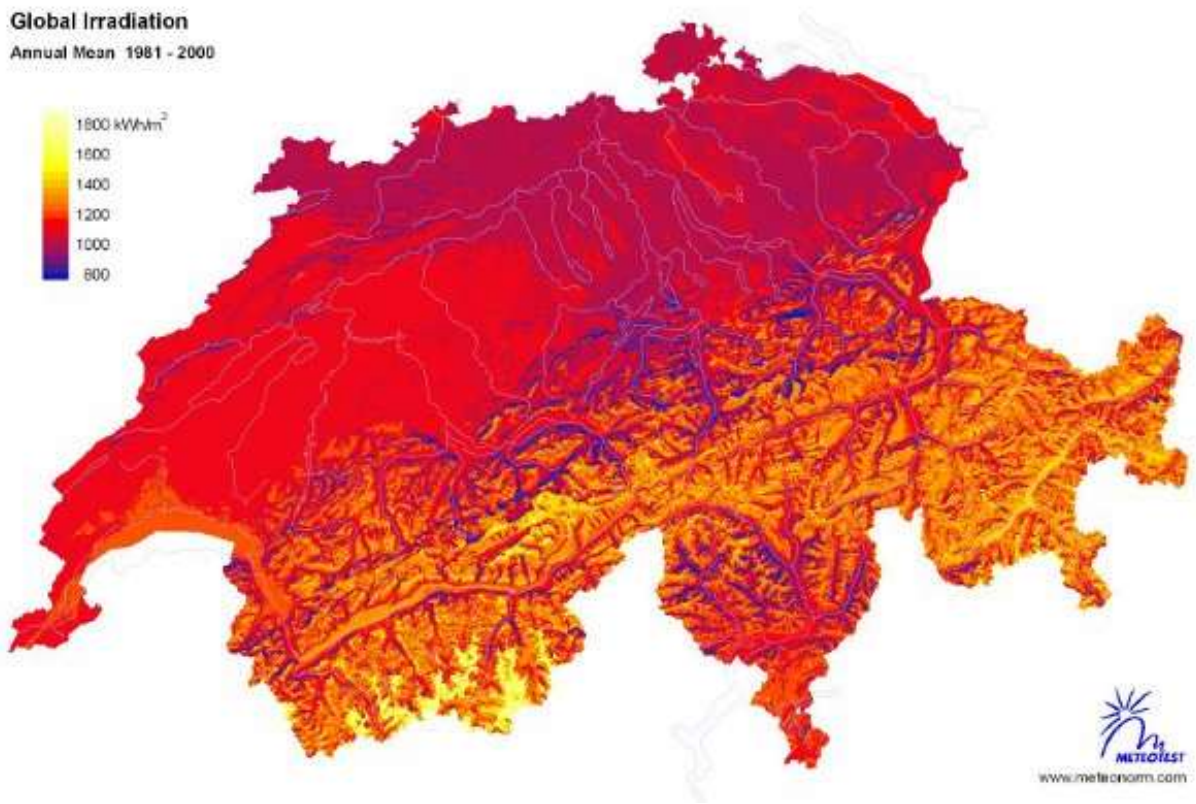


Abbildung 25 Übersicht der Globalen Sonneneinstrahlung in der Schweiz

Kontra Alpine Photovoltaikanlagen

Die Installation von alpinen Solaranlagen bringt jedoch auch Herausforderungen mit sich. Die extremen Wetterbedingungen in den Bergen, wie starke Winde, Schnee oder Eis, können die Effizienz der Anlagen beeinträchtigen. Daher sind eine sorgfältige Planung und Konstruktion der Anlagen erforderlich, um ihre Stabilität und Funktionalität zu gewährleisten. Zudem müssen auch ökologische Aspekte berücksichtigt werden, um die Auswirkungen auf die alpine Flora und Fauna zu minimieren. Diese möglichen Auswirkungen auf die Flora und Fauna sind noch nicht einmal bekannt oder gründlich untersucht worden. Ausserdem sind solche Anlagen mit höheren Investitionskosten verbunden.

Fazit

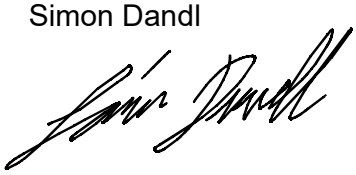
Um die Biodiversität steht es global betrachtet schlecht. Die Schweiz bildet dahingehend keine Ausnahme, das Gegenteil ist der Fall. Die Biodiversität ist in der Schweiz in den letzten 200 Jahren massiv zurückgegangen. Dieser Verlust hat nicht nur finanzielle Auswirkungen für uns Schweizer, auch unsere Existenz und unserer Wohlbefinden hängt stark mit einer gesunden und hohen Biodiversität zusammen. Deshalb ist es für die Schweiz wichtig, die Biodiversität zu schützen und wenn immer möglich zu verbessern. Der Bund und die Kantone verfolgen diverse Schutz- und Förderprogramme, die aber leider nicht ausreichen. In einzelnen Fällen wurde die Biodiversität mit den diversen Programmen gesteigert aber zu oft erhalten diese eigentlich nur die aktuelle Biodiversität und verhindern so einen weiteren Verlust. All

diese Massnahmen reichen aber nicht aus, um die Biodiversität in der Schweiz und in ihren Alpen auf lange Sicht zu erhalten. Die Alpen bilden aktuell noch die Biodiversitätshotspots der Schweiz. Aber auch diese Gebiete sind durch verschiedene Einflüsse bedroht. Unser grosser Bedarf an elektrischer Energie und der rasante Klimawandel bekommen unsere Alpen sehr stark zu spüren. Die steigenden Temperaturen vertreibt die Flora und Fauna immer in höhere Gebiete, bis es irgendwann einmal nicht mehr höher geht. Durch den Bau von Freiflächen Photovoltaikanlagen in den Alpen möchte die Schweiz ihren Energiebedarf decken und etwas gegen den Klimawandel unternehmen. Das gefährliche an der Thematik ist, dass die Auswirkungen einer solchen Anlage auf die vorhandene Biodiversität nicht bekannt sind. Darum muss alles genau geprüft werden und sogenannte Schnellschüsse verhindert werden, da man ansonsten mehr verliert als gewinnt. Die Biodiversität ist eine sehr komplexe Thematik, welche einem unendlich erscheint. Alles ist untereinander vernetzt und voneinander abhängig, sodass die Auswirkungen möglicher Änderungen nicht alle absehbar sind. Die Schweiz ist sich Ihrer Verantwortung durchaus bewusst und muss nun noch mehr investieren, um die Biodiversität in der ganzen Schweiz und insbesondere in den Alpen zu erhalten und zu verbessern.

Schlusswort inkl. Eigenständigkeits-Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäss den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert, durch Fussnoten gekennzeichnet bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Simon Dandl



Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich für die breite Unterstützung durch die Menschen in meinem Umfeld bedanken, ohne welche ich nie die Möglichkeit gehabt hätte die unzähligen Recherche- und Arbeitsstunden für diese Arbeit aufzuwenden. Ebenfalls bedanke ich mich bei Heike Mathis, welche meine Arbeit Korrektur gelesen hat. Zum Abschluss bedanke ich mich auch noch bei meinem betreuenden Dozenten Giovanni Danielli, welcher mir immer wieder gute Inputs für diese Diplomarbeit gegeben hat und Dank seines hervorragenden Unterrichts ich überhaupt zu diesem Thema gefunden habe.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Biogeographische Regionen der Schweiz 6

Abbildung 2 Anteil der untersuchten Arten nach Gefährdungskategorie in der Schweiz in % 9

Abbildung 3 Anteil Pflanzen, Tiere, Pilze und Flechten nach Gefährdungskategorien in % 10

Abbildung 4 Beurteilungskriterien und Gefährdungskategorien 11

Abbildung 5 Anteile geschätzter, bekannter, bewerteter und gefährdeter/ausgestorbener Arten in der Schweiz 12

Abbildung 6 Anteil ausgestorbener und vom Aussterben bedrohter Arten in der Schweiz in % 13

Abbildung 7 Gefärdungseinstufungen von endemischen Arten und Arten welche in der Schweiz vorkommen 14

Abbildung 8 Übersicht Anteil von national gefährdeten und ausgestorbenen Tier- & Pflanzenarten nach Region in %. 15

Abbildung 9 Ausdehnung der Vergletscherung 20

Abbildung 10 Transport von Steinböcken zur Auswilderung in den 1920er Jahren .. 21

Abbildung 11 Übersicht Verteilung und Anzahl von Pflanzenverantwortungsarten .. 23

Abbildung 12 Moorlandschaft bei Glaubenberg 25

Abbildung 13 Rhäzünser Rheinauen 26

Abbildung 14 Anteil Waldflächen ohne forstliche Eingriffe 28

Abbildung 15 Rückgang von Trockenwiesen- & weiden zwischen 1900 & 2010 29

Abbildung 16 Biodiversitätsindikatoren nach Höhenlagen 30

Abbildung 17 Veränderung eines Lebensraums 32

Abbildung 18 Floating Photovoltaikanlage auf dem Lac des Toules 35

Abbildung 19 Testanlage der ZHAW in Davos 36

Abbildung 20 Karte mit den biografischen Zonen (dunkelblau, gelb, orange und rot sind die Alpenzonen) und BLN-Gebieten der Schweiz 37

Abbildung 21 Übersichtskarte der Bundesinteressen in Bezug auf Windenergie 38

Abbildung 22 Übersichtskarte mit geplanten Freiflächen Photovoltaikanlagen in der Schweiz 39

Abbildung 23 Ursprüngliche und aktuell geplante Solaranlage im Salfischtal 40

Abbildung 24 Solarskilift Tenna in Graubünden 42

Abbildung 25 Übersicht der Globalen Sonneneinstrahlung in der Schweiz 43

Anhang

- Themeneingabe
- Projektplan
- Arbeitsjournal
- Quellenverzeichnis
- Umweltzeitschrift BAFU «Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume»
- Umweltzeitschrift BAFU «Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz»
- Umweltzeitschrift BAFU «Biodiversität in der Schweiz»
- Sachpläne und Konzepte des Bundes ARE «Konzept Windenergie»
- Literaturstudie zhaw «Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf die Biodiversität und Umwelt»
- IUNR Magazin N0222 zhaw «Floating Solar im Hochgebirge: die Solartechnologie der Zukunft?»
- Themenheft IV des NFP 48 «Alpenvielfalt»
- Aktionsplan des Bundes «Strategie Biodiversität Schweiz»

TEKO
SCHWEIZERISCHE FACHSCHULE

Die Themeneingabe kann als Word-Formular im Extranet unter „Praktika“ heruntergeladen werden.

Themeneingabe Diplomarbeit

Name	Dandl
Vorname	Simon
Adresse, Ort	Schützenweidstrasse 12
Tel: P, G	077 453 56 02
E-Mail	simon.dandl@gmx.ch
Klasse	L-TEU-20-Fr
Fachgebiet	Energie und Umwelt
Auftraggeber	Wunsch Dozent: Giovanni Danielli

Thema	Biodiversität in den Schweizer Alpen
Kurzbeschrieb	Im Zuge der Ausbildung zum Techniker Energie und Umwelt HF ist mir klar geworden, wie wichtig die Biodiversität ist. Da ich in meiner Freizeit auch sehr gerne in unseren wunderschönen Alpen unterwegs bin, möchte ich wissen ob die Biodiversität in den Schweizer Alpen gefährdet ist und was für die Biodiversität in den Schweizer Alpen getan werden kann. Mit dieser Arbeit möchte ich mehr über den aktuellen Stand der Biodiversität, die Biodiversitätsveränderung in den letzten Jahren erfahren und wie sich die Biodiversität in der Zukunft in den Schweizer Alpen gestalten könnte. In der Arbeit soll auch die Probleme mit der die Biodiversität dort zu kämpfen hat und es sollen auch Verbesserungsmassnahmen aufgezeigt werden. Am Ende der Diplomarbeit soll die Thematik in schriftlicher Form so ausführlich und verständlich wie möglich sein, sodass jede Leserin und jeder Leser einen kleinen Beitrag zur Biodiversität in den Schweizer Alpen beitragen kann.
Erfolgskriterien	Der Erfolg der Arbeit lässt sich daran erkennen, ob die oben erwähnten Punkten beantwortet und aufgezeigt werden konnten.

TEKO
SCHWEIZERISCHE FACHSCHULE

PROJEKTPLAN DIPLOMARBEIT

Name, Vorname	Dandl Simon
Adresse, Ort	Schützenweidstrasse 12, 6023 Rothenburg
Klasse	L-TEU-20-Fr-a
Firma, Ort	Helion Energy AG

Thema-Vorschlag

Titel der Arbeit Biodiversität in den Schweizer Alpen

Analyse der Ausgangslage
(Was ist los?)
Die Biodiversität ist auf der Welt ist sehr sensibel, aber auch sehr wichtig. In gewissen Regionen, wie zum Beispiel in den Alpen ist die Biodiversität noch sensibler und fragiler.

Zielsetzung
(Was soll erreicht werden?)
Ich möchte wissen, ob die Biodiversität in den Schweizer Alpen gefährdet ist und was für die Biodiversität in den Schweizer Alpen getan werden kann. Mit dieser Arbeit möchte ich mehr über den aktuellen Stand der Biodiversität, die Biodiversitätsveränderung in den letzten Jahren erfahren und wie sich die Biodiversität in der Zukunft in den Schweizer Alpen gestalten könnte. In der Arbeit soll auch die Probleme mit der die Biodiversität dort zu kämpfen hat und es sollen auch Verbesserungsmassnahmen aufgezeigt werden. Am Ende der Diplomarbeit soll die Thematik in schriftlicher Form so ausführlich und verständlich wie möglich sein, sodass jede Leserin und jeder Leser einen kleinen Beitrag zur Biodiversität in den Schweizer Alpen beitragen kann.

Umsetzung und Aufbau
(Wie soll das erreicht werden?)
Es findet eine umfassende Recherche im Internet statt. Zudem ist ein Interview angedacht mit einem Experten wie zum Beispiel jemand vom Schweizer Nationalpark. Die ganzen Informationen werden dann zusammengetragen, analysiert und gefiltert werden.

Endergebnisse	**Erfolgskriterien**
Dokumentation	Schriftliche Arbeit
Massnahmen	Recherche

Projektplanung	
Projektphasen / Meilensteine:	1. Recherche 2. Projektstart 3. Dokumentation 4. Präsentation

Arbeitsjournal - Biodiversität in den Schweizer Alpen

Datum	Tätigkeiten	Dauer (in Stunden)	Bemerkungen
05.05.2023	Themenfindung & Themeneingabe	3	
12.05.2023	Projektplan erstellen	1.5	
30.06.2023	Dokumentationslayout, Quellenverzeichnis & Arbeitsjournal vorbereitet	2	
30.06.2023	Vorbereitungs Recherchen	2	
01.07.2023	Gedanken zum Inhalt der Arbeit	1.5	
01.07.2023	Vorbereitungs Recherchen	2.5	
13.08.2023	Vorbereitungs Recherchen	2	
14.09.2023	Vorbereitung Startgespräch	1.5	
15.09.2023	Gespräch mit Giovanni	0.5	Startgespräch
18.09.2023	Text	1.5	Beruflicher Werdegang, Aufgsabenstellung, Terminplan
18.09.2023	Recherche und Text	2	Einleitung
18.09.2023	Recherche und Text	3	Biodiversität
19.09.2023	Recherche und Text	4.5	Biodiversität
20.09.2023	Recherche und Text	5.5	Biodiversität
21.09.2023	Recherche	4.5	Biodiversität
23.09.2023	Recherche und Text	6.5	Biodiversität
24.09.2023	Recherche und Text	5	Biodiversität
24.09.2023	Recherche und Text	7	Biodiversität in den Schweizer Alpen
26.09.2023	Recherche	3	Diverse Bereiche
27.09.2023	Recherche	4	Biodiversität in den Schweizer Alpen
28.09.2023	Text	3.5	Biodiversität in den Schweizer Alpen
30.09.2023	Recherche und Text	5.5	Biodiversität in den Schweizer Alpen
01.10.2023	Recherche und Text	11.5	Biodiversität in den Schweizer Alpen
03.10.2023	Recherchen und Text	2.5	Biodiversität in den Schweizer Alpen
08.10.2023	Recherchen und Text	9	Alpine Photovoltaikanlagen
10.10.2023	Recherchen	3	Diverse Bereiche
12.10.2023	Vorbereitung Besprechung	1.5	
13.10.2023	Besprechung mit Giovanni Danieli	1	
13.10.2023	Recherchen und Text	4.5	Alpine Photovoltaikanlagen
14.10.2023	Recherchen und Text	5	Alpine Photovoltaikanlagen
15.10.2023	Recherchen und Text	7	Alpine Photovoltaikanlagen
16.10.2023	Recherchen und Text	4.5	Alpine Photovoltaikanlagen
17.10.2023	Text	5	Zusammenfassung, Fazit, Schlusswort & Danksagung
18.10.2023	1. Entwurf durchlesen & überprüfen	3.5	
19.10.2023	1. Entwurf überarbeiten	4	
22.10.2023	Text	3	Online Publikation
22.10.2023	Präsentation vorbereiten	5	
23.10.2023	1. Entwurf überarbeiten	3.5	
23.10.2023	Präsentation vorbereiten	1	

24.10.2023	Präsentation vorbereiten	2	
24.10.2023	1. Entwurf überarbeiten	3.5	
25.10.2023	Recherchen	5	Diverse Themen nochmals überprüft
26.10.2023	Fertigstellung	4	
Total		**161**	

Quellenverzeichnis

Bilder

https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/umwelt/natur/biodiversitaet.html

https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=bafu&zoom=1&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&catalogNodes=766,767,784,798,804,806&layers=ch.bafu.fauna-steinbockkolonien,ch.bafu.flora-weltensutter_atlas,ch.bafu.bundesinventare-moorlandschaften,ch.bafu.bundesinventare-flachmoore,ch.bafu.bundesinventare-hochmoore,ch.bafu.bundesinventare-vogelreservate,ch.bafu.bundesinventare-auen_vegetation_alpin,ch.bafu.bundesinventare-bln,ch.bafu.biogeographische_regionen&layers_opacity=0.75,0.75,0.75,0.75,0.75,0.75,1,0.75,0.75&E=2721452.64&N=1228864.47&layers_visibility=false,false,false,false,false,false,false,false,true

Artenvielfalt in der Schweiz (admin.ch)

RAOnline EDU: Gletscher und Landschaften in der Schweiz

Wiederansiedlung Steinbock - Der Schweizerische Nationalpark im Engadin

Biodiversität in der Schweiz (admin.ch)

https://www.luzern.com/de/highlights/listicals/die-5-schoensten-moorlandschaften/

https://rhaezuens.ch/freizeit-kultur/stiftung-kulturarchiv-rhaezuens/dorfchronik-rhaezuens/12rhaezuenser-rheinauen/

Biodiversität in der Schweiz (admin.ch)

Artenvielfalt in der Schweiz (admin.ch)

https://www.gesundes-haus.ch/solarzellen-photovoltaik/solarzellen.html

https://www.zhaw.ch/de/lsfm/institute-zentren/iunr/oekotechnologien-energiesysteme/erneuerbare-energien/solarenergie/alpenstrom-davos/

https://www.watson.ch/schweiz/energie/310686103-grengiols-solar-solaranlage-im-wallis-wird-kleiner-als-einst-geplant

https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/mit-sonnenenergie-ins-skigebiet.html

Erneuerbare Energien: Das sind die Ausbauprojekte | VSE (strom.ch)

https://map.geo.admin.ch/?topic=sachplan&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&catalogNodes=419,421,420,429,426,427,15030,430,1245,424,1654&layers=ch.bfe.windenergie-geschwindigkeit_h150,ch.are.windenergie-bundesinteressen,ch.bfe.windenergie-potenzialgebiete&layers_opacity=0.75,0.75,0.75&E=2579238.03&N=1172941.80&zoom=1&layers_visibility=false,true,false

Text

https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/umwelt/geografie/geografie---fakten-und-zahlen.html#:~:text=Die%20Schweiz%20gliedert%20sich%20in,und%20der%20Jura%20mit%2011%25.

https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/umwelt/geografie/alpen.html

Begriffserklärung - Der Schweizerische Nationalpark im Engadin

Alpen (hls-dhs-dss.ch)

Entstehung der Alpen I CC BY 4.0 | Terra X plus - YouTube

Alpengipfel waren vor 6000 Jahren bis hoch hinauf eisfrei - SWI swissinfo.ch

RAOnline EDU: Gletscher und Landschaften in der Schweiz

Der Wald und seine Geschichte (umweltnetz-schweiz.ch)

Murmeltiere – Wikipedia

Geduldige Pflanzen (deutschlandfunk.de)

Ein europäisches Gebirge | Mit offenen Karten | ARTE - YouTube

Gämse – Wikipedia

Die Zeit vor dem 20. Jahrhundert: Die Alpen - Eine große Geschichte Doku (2018) - YouTube

Rückkehr in die Schweiz | CHWOLF.org

Der Wolf in der Schweiz: die neusten Entwicklungen (nzz.ch)

Blick ins Tierreich - Ausgestorbene und gefährdete Tiere der Schweiz - Play SRF

Wildheuen – Wikipedia

Wildheuen in der Zentralschweiz (lebendige-traditionen.ch)

Für einen Tag Bergbauer - Wildheuen im Kanton Uri - YouTube

Wildheuen (umweltnetz-schweiz.ch)

Wiederansiedlung Steinbock - Der Schweizerische Nationalpark im Engadin

Alpenflora – biologie-seite.de

Pflanzen- und Tierwelt der Berggebiete (admin.ch)

Biodiversität in der Schweiz (admin.ch)

Artenvielfalt in der Schweiz (admin.ch)

Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz (admin.ch)

https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/600-gigawattstunden-solarstrom-von-der-alp.html?gad=1&gclid=Cj0KCQjwl8anBhCFARIsAKbbpyRoD4WPCft5HPR4XjbsGWoq7blxbVEDsnELbXmSmexbL2Q9sDp8iP8aAsPKEALw_wcB

https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/1999/404/20140518/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-1999-404-20140518-de-pdf-a.pdf

https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/umwelt/geografie/alpen.html

https://www.youtube.com/watch?v=U8DtlKGsae0

https://www.youtube.com/watch?v=Y_QiwX2SxAw

https://www.waldschweiz.ch/WaldSchweiz/05-wissen/fakten-und-positionen/211110-faktenblatt-biodiversitaet-de.pdf

https://digitalcollection.zhaw.ch/bitstream/11475/23607/3/2021_Schlegel_Literaturstudie-Freifl%C3%A4chen-PVA-und-Biodiversit%C3%A4t.pdf

https://www.e-mobile.ch/wp-content/uploads/2019/12/energiesonnenklar_electrosuisse_swissolar_vse.pdf

https://www.gesundes-haus.ch/solarzellen-photovoltaik/solarzellen.html

https://www.swissinfo.ch/ger/wissen-technik/solarparks-in-den-schweizer-alpen-sorgen-fuer-spannungen/47984502

https://map.geo.admin.ch/?lang=de&topic=energie&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&layers=ch.bfe.windenergie-geschwindigkeit_h125,ch.bfe.windenergie-potenzialgebiete,ch.are.windenergie-bundesinteressen,ch.bafu.bundesinventare-bln,ch.bafu.biogeographische_regionen&layers_opacity=0,0.75,0.35,1,0.25&catalogNodes=2419,2427,2480,2429,2431,2434,2436,2767,2441,3206&E=2639852.58&N=1172453.86&zoom=1&layers_visibility=false,false,false,true,true

https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/landschaft/fachinformationen/landschaften-nationaler-bedeutung/bundesinventar-der-landschaften-und-naturdenkmaeler-von-national.html

https://www.swissinfo.ch/ger/erneuerbare-energien_schwimmende-solarparks--weltpremiere-in-den-schweizer-alpen/46120682

https://www.zhaw.ch/de/lsfm/institute-zentren/iunr/oekotechnologien-energiesysteme/erneuerbare-energien/solarenergie/alpenstrom-davos/

https://www.srf.ch/audio/trend/energie-bonanza-in-den-schweizer-alpen?id=12344098

Erneuerbare Energien: Das sind die Ausbauprojekte | VSE (strom.ch)

https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/erneuerbare-energien/solarenergie/photovoltaik-grossanlagen.html

https://www.solalpine.ch/de#organisation

https://mountainwilderness.ch/

https://solar-skilift.ch/solarskilift/solaranlage/

https://solar-skilift.ch/solarskilift/stromproduktion/

https://www.energie-experten.ch/de/wissen/detail/mit-sonnenenergie-ins-skigebiet.html

https://www.ewz.ch/de/ueber-ewz/newsroom/medienmittteilungen/2023/ewz_plant_hochalpine_Solar-Grossanlagen_im_Buendnerland.html

https://www.srf.ch/news/schweiz/hochalpine-solaranlagen-wie-sollen-berggemeinden-wie-surses-gr-entschaedigt-werden

https://www.grengiols-solar.ch/de

https://www.watson.ch/schweiz/energie/310686103-grengiols-solar-solaranlage-im-wallis-wird-kleiner-als-einst-geplant

https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/strategie-und-planung/konzepte-und-sachplaene/konzepte/konzept-windenergie.html

https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/biodiversitaetspolitik/strategie-biodiversitaet-schweiz-und-aktionsplan.html

https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/umwelt/natur/biodiversitaet.html

Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume

In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume

In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU
Bern, 2019

Impressum

Rechtliche Bedeutung
Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert die bundesumweltrechtlichen Vorgaben (bzgl. unbestimmten Rechtsbegriffen und Umfang/Ausübung des Ermessens) und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfe, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind.

Die in dieser Vollzugshilfe erwähnte «Rote Liste der Lebensräume der Schweiz» von Delarze et al. 2016 ist im Sinne von Artikel 14 Absatz 3 Buchstabe d der Verordnung vom 16. Januar 1991 über den Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1) vom Bundesamt für Umwelt anerkannt.

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Begleitung BAFU
Danielle Hofmann (Teil I «Prioritäre Arten»),
Francis Cordillot (Teil II «Prioritäre Lebensräume»),
Sarah Pearson, Gabriella Silvestri (Sektion Arten und Lebensräume)
Hans Romang (Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften)

In Zusammenarbeit mit Info Species (Schweizerisches Informationszentrum für Arten)
Raffael Ayé (SVS/BirdLife, Zürich), Stefan Eggenberg (Info Flora, Bern/Genf), Yves Gonseth (Info fauna – CSCF, Neuenburg), Andrin Gross (SwissFungi, Birmensdorf), Heike Hofmann (NISM, Zürich), Hubert Krättli (KOF, Zürich), Pascal Moeschler (CCO, Genf), Sibyl Rometsch (Info Flora, Bern/Genf), Hans Schmid (Schweizerische Vogelwarte, Sempach), Norbert Schnyder (NISM, Zürich) Beatrice Senn-Irlet (SwissFungi, Birmensdorf), Reto Spaar (Schweizerische Vogelwarte, Sempach), Silvia Stofer (SwissLichens, Birmensdorf)

Weitere beteiligte Fachpersonen
Claude Béguin (Chaumont), Ariel Bergamini (WSL, Birmensdorf), Stefan Birrer (Hintermann & Weber AG, Montreux), Thierry Bohnenstengel (CCO und CSCF, Neuenburg), Simon Capt (CSCF, Neuenburg), Yannick Chittaro (CSCF, Neuenburg), François Claude (CSCF, Neuenburg), Raymond Delarze (BEB SA, Aigle), Ulrich Graf (WSL, Birmensdorf), Andreas Grünig (Agroscope, Zürich-Reckenholz), Jodok Guntern (SCNAT, Bern), Daniel Hefti (BAFU, Bern), Gabriela Hofer (Agroscope, Zürich-Reckenholz), Katja Jacot (Agroscope, Zürich-Reckenholz), Sandra Knispel (Akuatik, Pailly), Daniel Küry (LifeScience, Basel), Verena Lubini (Büro für Gewässerökologie, Zürich), Andreas Meyer (karch, Neuenburg), Christian Monnerat (CSCF, Neuenburg), Peter Müller (Zürich), Markus Peintinger (AGBU, Konstanz), Nina Richner (Fornat, Zürich), Sibyl Rometsch (InfoFlora, Bern/Genf), Christian Roulier (Service conseil Zones alluviales, Yverdon-les-Bains), Jörg Ruetschi (Bern), Lionel Sager (Info Flora, Bern/Genf), Bruno Stadler (BAFU, Bern), Peter Steiger (pulsatilla, Rodersdorf), Pascal Stucki (Aquabug, Neuenburg), Pascal Tschudin (CSCF, Neuenburg), Heinrich Vicentini (Zürich), Gaby Volkart (atena, Freiburg), Jennifer Vonlanthen (BAFU, Bern), André Wagner (Le Sentier), Thomas Walter (Agroscope, Zürich-Reckenholz), Blaise Zaugg (Aquarius, Neuenburg)

Zitierung
BAFU 2019: Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 99 S.

Lektorat
Jacqueline Dougoud, Zürich

Layout
Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Titelbild
Feldhase in der Region Widen (Klettgau, SH)
© Markus Jenny

PDF-Download
www.bafu.admin.ch/uv-1709-d
(eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Deutsch.
© BAFU 2019

Inhaltsverzeichnis

Abstracts **5**

Vorwort **7**
Zusammenfassung 8

Einleitung **9**

Teil I: Prioritäre Arten der Schweiz **13**

Teil II: Prioritäre Lebensräume der Schweiz **62**

Anhang **89**

Verzeichnisse **92**
Abbildungen 92
Tabellen 93
Literatur 93

Abstracts

This publication presents both the updated Swiss List of National Priority Species and the first List of National Priority Habitats. The national priority for conservation is determined based on the degree to which the species or the type of habitat is threatened at national level and the responsibility of Switzerland at international level. Overall, 3665 species and 98 natural habitats are considered as a priority at national level. They represent 34 % of around 10 700 evaluated species and 59 % of 167 evaluated types of natural habitat. Overall, 22 % of the assessed priority species require specific conservation measures and 85 % of the assessed priority habitats need regeneration and conservation actions, above all the watercourses and water bodies as well as the wetlands.

Keywords:
Priority species, Threatened species, Species conservation, Priority habitats, Threatened habitats, Conservation priorities

Diese Publikation beinhaltet einerseits die aktualisierte Liste der National Prioritären Arten und andererseits die erstmals erstellte Liste der National Prioritären Lebensräume. Die nationale Priorität der Arten und Lebensraumtypen wird durch eine Kombination von nationalem Gefährdungsgrad und internationaler Verantwortung der Schweiz bestimmt. Insgesamt gelten 3665 Arten und 98 Lebensräume als national prioritär. Diese machen 34 % der rund 10 700 bewerteten Arten bzw. 59 % der 167 beurteilten Lebensraumtypen aus. Insgesamt benötigen 22 % der prioritären Arten spezifische Förderungsmassnahmen und 85 % der prioritären Lebensraumtypen, vor allem die Gewässer und die Feuchtgebiete, Aufwertungs- und Erhaltungsmassnahmen.

Stichwörter:
Prioritäre Arten, Gefährdete Arten, Artenförderung, Prioritäre Lebensräume, Gefährdete Lebensräume, Schutzprioritäten

Cette publication présente, d'une part, la liste actualisée des espèces prioritaires au niveau national et, d'autre part, la première liste des milieux prioritaires au niveau national. Le niveau de priorité nationale se fonde sur le degré de menace au niveau national et la responsabilité internationale de la Suisse pour la conservation de chaque espèce et chaque type de milieu. Au total, 3665 taxons et 98 types de milieux sont considérés comme prioritaires au niveau national. Cela représente 34 % des environ 10 700 espèces évaluées et 59 % des 167 types de milieux pris en considération. Somme toute, 22 % des espèces indigènes prioritaires nécessitent des mesures spécifiques et 85 % des types de milieux prioritaires doivent être restaurés et conservés, dont principalement les milieux aquatiques et les sites marécageux.

Mots-clés :
espèces prioritaires, espèces menacées, conservation des espèces, milieux prioritaires, milieux menacés, priorités pour la conservation

La presente pubblicazione comprende da un lato la Lista delle specie prioritarie a livello nazionale aggiornata e, dall'altro, la prima Lista degli ambienti prioritari a livello nazionale. La priorità a livello nazionale delle specie e dei tipi di ambienti è definita in base alla combinazione del grado di minaccia nazionale e della responsabilità della Svizzera a livello internazionale. Complessivamente 3665 specie e 98 ambienti sono giudicati prioritari a livello nazionale. Ciò corrisponde al 34 % delle circa 10 700 specie valutate e al 59 % dei 167 tipi di ambienti considerati. In totale, sono necessarie misure di promozione specifiche per il 22 % delle specie prioritarie e misure specifiche di valorizzazione e di conservazione per l'85 % dei tipi di ambienti prioritari, soprattutto per le acque e le zone umide.

Parole chiave:
Specie prioritarie, Specie minacciate, Promozione delle specie, Ambienti prioritari, Ambienti minacciati, Priorità di protezione

Vorwort

Funktionsfähige und artenreiche Ökosysteme bilden die Grundlage unseres Lebens. Sie liefern uns sauberes Trinkwasser, Nahrung und Rohstoffe, bewahren uns vor Krankheitserregern und steigern unsere Lebensqualität. Seit 1900 nimmt die biologische Vielfalt in der Schweiz jedoch stetig ab. Heute sind mehr als ein Drittel der beurteilten Arten und rund die Hälfte der natürlichen Lebensräume bedroht.

Die vorliegende Publikation identifiziert die für die Schweiz prioritären Arten und Lebensräume, die dringend Förderungsmassnahmen benötigen. In der Klassifizierung berücksichtigt wird neben dem Gefährdungsstatus die Verantwortung, welche die Schweiz auf internationaler Ebene für die Erhaltung einer bestimmten Art oder eines gewissen Lebensraumes trägt. Die Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume ist ein Instrument zur Erreichung der Ziele der Strategie Biodiversität Schweiz. Sie dient als Grundlage für die Zielsetzung bezüglich Arten, Lebensräume und Vernetzung der Programmvereinbarungen (NFA) und für den Aufbau der ökologischen Infrastruktur.

Die vorliegende Liste der National Prioritären Arten ist eine aktualisierte Ausgabe von 2011. Für viele prioritäre Arten ist der Schutz ihres Lebensraumes die wichtigste Massnahme, um ihre langfristige Erhaltung zu sichern. Manche Arten stellen allerdings ganz spezifische Anforderungen an ihre Umwelt. Um ihr Verschwinden zu verhindern, bedarf es gezielter Massnahmen, die über den Schutz ihres Lebensraumes hinausgehen. Die Liste zeigt auf, bei welchen Arten spezifische Massnahmen nötig sind, und ermöglicht dadurch einen effizienten Einsatz der begrenzten Ressourcen für die Artenförderung. Die neu erarbeitete Liste der National Prioritären Lebensräume ergänzt die Liste der National Prioritären Arten. Sie zeigt die Gefährdung eines Lebensraums und weist zugleich auf Artengemeinschaften hin, die unter Druck sind. Insbesondere für Arten die keine rote Liste haben, kann sie helfen auf eine absehbare Gefährdung hinzuweisen.

Das BAFU erhofft sich von der Anwendung der beiden Listen einen wegweisenden Beitrag zur Erhaltung gefährdeter Arten und Lebensräume sowie der Ökosystemleistungen, von denen wir in unserem Leben täglich profitieren.

Hans Romang
Abteilung Arten Ökosysteme Landschaften
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Zusammenfassung

Diese Publikation beinhaltet einerseits die aktualisierte Liste der National Prioritären Arten von 2011 und andererseits die erstmals erstellte Liste der National Prioritären Lebensräume. Sie beschreibt das Standardvorgehen und die teilweise angepassten Verfahren für die Prioritätsbestimmung. Die nationale Priorität sowie die Angaben des Gefährdungszustandes, der internationalen Verantwortung und der erforderlichen Massnahmen ermöglichen ein Fokussieren auf Arten und Lebensräume mit dringendem Handlungsbedarf. Aufgrund der Natur- und Heimatschutzgesetzgebung gelten gefährdete und die davon abgeleiteten prioritären Arten und Lebensräume als schützenswert und sind bei der Interessensabwägung sowie bei den Eingriffs- und Ausgleichsregelungen zu berücksichtigen.

Die Liste 2019 umfasst 3665 national prioritäre Arten aus 21 verschiedenen Organismengruppen. Die nationale Priorität beruht auf Angaben des Gefährdungszustandes und der internationalen Verantwortung. 87 % der prioritären Arten gelten als bedroht (Rote Liste) und für 10 % trägt die Schweiz eine sehr hohe bis hohe Verantwortung (für die Schweiz endemische bzw. teilendemische Arten). 30 % der Arten weisen eine sehr hohe bis hohe nationale Priorität auf. Für 793 prioritäre Arten, für welche die Pflege- und Aufwertungsmassnahmen des Lebensraumes nicht ausreichen, sollten artspezifische Massnahmen umgesetzt werden, um ihren Fortbestand zu sichern (auf Artpopulationen ausgerichtete Artenförderungsprogramme).

Die Liste der National Prioritären Lebensräume umfasst 98 Lebensraumtypen aus 8 verschiedenen Lebensraumbereichen, wovon 39 % eine sehr hohe bis hohe Priorität haben, 81 % auf der nationalen Roten Liste stehen und für 28 % die Schweiz eine hohe bis mittlere Verantwortung hat. Ein klarer Massnahmenbedarf bezüglich Pflege und Aufwertung besteht für 85 % der prioritären Lebensräume.

Arten und Lebensräume mit höchsten Prioritäten sind sowohl an natürliche Lebensräume, hauptsächlich Gewässer, Ufer und Feuchtgebiete, inkl. Hochmoore, als auch an extensiv genutzte Lebensräume auf Ruderal-, Landwirtschafts- und Waldflächen gebunden.

Einleitung

Zustand der Biodiversität

Die Biodiversität in der Schweiz befindet sich in einem unbefriedigenden Zustand. Mehr als ein Drittel aller untersuchten Arten sind bedroht, die Fläche wertvoller Lebensräume ist stark geschrumpft, und regionale Besonderheiten gehen verloren. Die Umsetzung der Schutzgebiete zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume, welche gefährdete Arten beherbergen, war ein wesentlicher Schritt für den Naturschutz in der Schweiz. Jedoch reichen diese Schutzmassnahmen nicht für alle Arten aus, denn einige verlangen ganz gezielte Massnahmen.

Priorisierung der Arten und Vollzug

Um die Arbeiten auf kantonaler Ebene und in den verschiedenen Sektoralpolitiken gezielter adressieren zu können, hat der Bund 2011 die national prioritären Arten definiert. Damit wurde eine Basis für eine Priorisierung im Bereich Artenschutz geschaffen. Die Liste der National Prioritären Arten stellt die Arten zusammen, die aufgrund ihrer Gefährdung und der hohen internationalen Verantwortung, welche die Schweiz für sie trägt, eine nationale Priorität aus Sicht der Arterhaltung und -förderung besitzen. Die vorliegende Publikation umfasst in Teil I die aktualisierte Liste der National Prioritären Arten von 2011. Alle vier Prioritätskategorien sind für die Schweiz von Bedeutung. Der Vollzug bevorzugt grundsätzlich Aktionen für Arten, für welche ein klarer Massnahmenbedarf besteht. Ausserdem sollen möglichst alle Organismengruppen bei Projekten und Planungen berücksichtigt werden.

Priorisierung der Lebensräume

Analog wurde auch zum ersten Mal eine Priorisierung im Bereich Lebensraumschutz vorgenommen, die in einer Liste der National Prioritären Lebensraumtypen und Waldgesellschaften resultiert. In Teil II befindet sich die Liste derjenigen national prioritären Lebensräume, die vor allem ausserhalb von Schutzgebieten vorkommen, und für die ein dringender Handlungsbedarf besteht.

Aktualisierung der Liste der National Prioritären Arten

Kontinuität in der Prioritätensetzung

Um eine gewisse Kontinuität der kantonalen Artenförderungsmassnahmen sowie jener der verschiedenen Sektoralpolitiken gewährleisten, wurde der Ansatz zur Ermittlung der Prioritätsarten aus der Erstausgabe 2011 beibehalten. Die Aktualisierung der Publikation bestand darin, die vormalige Liste mit neuen, für die Artenförderung relevanten Informationen in folgenden Punkten anzupassen:

Neue Informationen über die Arten

- Veränderungen des Gefährdungsstatus von Arten folgender Artengruppen, die nach 2011 in Roten Listen publiziert worden sind:
  - Rote Liste der Armleuchteralgen (2012);
  - Rote Liste der Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen (2012);

  - Rote Liste der Weichtiere (Schnecken und Muscheln, 2012);
  - Rote Liste der Tagfalter und Widderchen (2014);
  - Rote Liste der Fledermäuse (2014);
  - Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter (2016);
  - Rote Liste der Gefässpflanzen (2016).

- nomenklatorische Anpassungen (Taxonomie);
- konkrete Beispiele für den klaren Massnahmenbedarf (Kap. 6);
- Liste der Endemiten in der Schweiz (Teil I, Kap. 2.3).

Abweichungen bei der Einstufung in der Liste der National Prioritären Arten

Die Liste der National Prioritären Arten wurde soweit möglich mittels standardisierte Kriterien zur Bestimmung der Priorität ermittelt, Abweichungen im Verfahren bei einzelnen Organismengruppen sind durch die Besonderheiten und den unterschiedlichen Kenntnisstand in den verschiedenen Organismengruppen geschuldet. Ausserdem konnten gewisse Organismengruppen aufgrund fehlender Informationen nicht eingestuft werden. Das Vorgehen soll deshalb in einer nächsten Auflage weiter harmonisiert, bzw. überprüft werden.

Liste der National Prioritären Arten

Die Liste unter *www.bafu.admin.ch/uv-1709-d* ist Teil dieser Vollzugshilfe und enthält umsetzungsrelevante Informationen wie beispielsweise Angaben zur Verbreitung der Arten in den Kantonen, Angaben zu den biogeographischen Regionen und Höhenstufen, in denen sie vorkommen, sowie zu ihrem Überwachungsbedarf. Diese Liste wird periodisch dem neusten Wissensstand angepasst. Es wird empfohlen, immer den letzten Stand der Liste zu konsultieren.

Erstausgabe der Liste der National Prioritären Lebensräume

Einführung und Kontext zu national prioritäre Lebensräumen

Die Liste der National Prioritären Lebensräume hebt die Lebensraumtypen hervor, für welche aufgrund der Gefährdung und der hohen internationalen Verantwortung eine nationale Priorität und ein dringender Massnahmenbedarf in der Schweiz bestehen. Prioritäre Lebensraumtypen können in Schutzgebieten liegen, befinden sich aber in grösserer Zahl ausserhalb davon. Ihre Erhaltung und Förderung (Aufwertung, Vernetzung) ist insofern zentral, als die Erhaltung der Artenvielfalt und ihrer Lebensgemeinschaften vom qualitativen und quantitativen Zustand ihrer Lebensräume abhängt. Gemäss der Strategie Biodiversität Schweiz (BAFU 2012) ergänzt die Liste der National Prioritären Lebensräume das Instrumentarium in der Erfolgskontrolle der Naturschutzpolitik und kann zudem als Referenz u. a. zur Bezeichnung von Schutz- und Vernetzungsgebieten beim Aufbau der «ökologischen Infrastruktur» herangezogen werden.

Herleitung der national prioritären Lebensräume

Eine Grundlage für die nationale Priorisierung ist der Gefährdungsstatus. Im Auftrag des BAFU hat 2013 eine Gruppe von Expertinnen und Experten eine erste Abschätzung vorgenommen (Delarze et al. 2013). Ausgehend von diesem Expertenbericht wurde die erste Rote Liste der Lebensräume der Schweiz produziert (Delarze et al. 2016, vom BAFU anerkannt). Beurteilt wurden alle Einheiten der Lebensraumtypologie der Schweiz (gemäss sogenannter TypoCH-Klassifizierung des Referenzwerkes Lebensräume der Schweiz von Delarze et al. 2015). Zur Unterstützung des Vollzugs wurden noch die Waldtypen auf Stufe der Pflanzengesellschaft sowie die Fliessgewässer (nach dem Klassifizierungssystem von Schaffner et al. 2013) evaluiert. Für die detaillierte Beschreibung des Standardvorgehens zur Bestimmung der Gefährdung wird auf Delarze et al. 2016 verwiesen. Die Bestimmung der internationalen Verantwortung der Schweiz für Lebensräume als zweite Komponente der Priorisierung ist in Teil II (Kap. 3.2) beschrieben.

Rechtliche Grundlagen

Nach Artikel 18 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG; SR 451) ist dem Aussterben einheimischer Tier- und Pflanzenarten «durch die Erhaltung genügend grosser Lebensräume (Biotope) und andere geeignete Massnahmen entgegenzuwirken». Lebensräume werden aufgrund der in Art. 14 Abs. 3 Natur und Heimatschutzverordnung (NHV; SR 451.1) nicht abschliessend genannten Kriterien als schützenswert bezeichnet. Die Schutzwürdigkeit besteht demnach unter anderem dann, wenn es sich um in Anhang 1 genannte durch Kennarten charakterisierte Lebensraumtypen handelt (Art. 14 Abs. 3 Bst. a NHV). Auch das Vorkommen gefährdeter und seltener Pflanzen- und Tierarten, die in den vom BAFU erlassenen oder anerkannten Richtlinien aufgeführt sind, stellt ein Kriterium für die Schutzwürdigkeit eines Lebensraums dar (Art. 14 Abs. 3 Bst. d NHV). Die Bedeutung des Lebensraums für die grossräumige und weitreichende Vernetzung kann die Schutzwürdigkeit eines Lebensraums ebenfalls begründen (Art. 14 Abs. 3 Bst. e NHV).

National prioritäre Arten und Lebensräume sind im wesentlichen Rote-Liste-Arten und -Lebensräume, für welche die Schweiz eine besondere Verantwortung trägt. Dies weist auf einen vorrangigen Handlungsbedarf für ihre Erhaltung und Förderung hin. Dieser Aspekt ist bei Interessenabwägungen bzw. bei Eingriffs- und Ausgleichsregelungen mit zu berücksichtigen. Da die Kriterien des Art. 14 Abs. 3 NHV nicht abschliessend sind, kann auch das Vorkommen von national prioritären Arten in einem Lebensraum für dessen Schutzwürdigkeit bestimmend sein.

Gemäss der Strategie Biodiversität Schweiz (BAFU 2012) soll die Artenförderung grundsätzlich mit einer Bündelung von Massnahmen erreicht werden. Vorrang haben Umsetzungsstrategien, die auf zur Verfügung stehenden Schutz- und Förderinstrumenten basieren, Synergien mit Sektoralpolitiken nutzen und mehrere prioritäre Arten gleichzeitig über gemeinsame Habitate fördern. Für national prioritäre Arten, für deren Erhaltung der spezifische Lebensraumschutz nicht genügt, werden artspezifische Aktionspläne ausgearbeitet und umgesetzt. Die national prioritären Lebensräume sind zuerst im Felde auszumachen und in Karten einzutragen, um anschliessend bei der Planung von Massnahmen (Zielsetzung und Umsetzung) berücksichtigt werden zu können. Die Programmvereinbarungen (NFA) zwischen Bund und Kantonen bezüglich Biodiversität fördern vorzugsweise Massnahmen zugunsten von national prioritären Arten und Lebensräumen. Diese prioritären Arten und Lebensräume dienen als Grundlage für den Aufbau der ökologischen Infrastruktur zur langfristigen Erhaltung der Biodiversität gemäss obgenannter Strategie.

Teil I:
Prioritäre Arten der Schweiz

Teil der Vollzugshilfe Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume

Der erste Teil der vorliegenden Publikation behandelt die Liste der National Prioritären Arten und ist eine Aktualisierung der Liste von 2011. Sie entstand in Zusammenarbeit zwischen dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), den Nationalen Daten- und Informationszentren (Info Species) und zahlreichen Expertinnen und Experten für Arten.

1	**Auswahl der Organismengruppen**	**14**
1.1	Einschätzung des Kenntnisstandes	14
2	**Standardverfahren zur Bestimmung der Priorität**	**19**
2.1	Faktoren «Gefährdung» und «Verantwortung»	19
2.2	Gefährdung	19
2.2.1	Gefährdungseinstufung nach den nationalen Roten Listen	20
2.2.2	Einschätzung der Gefährdung durch Expertinnen und Experten	21
2.2.3	Nicht berücksichtigte Organismengruppen	22
2.3	Verantwortung	23
2.3.1	Beschreibung der 5 Verantwortungskategorien	25
2.4	Herleitung der Priorität	26
2.5	Angaben zum Massnahmenbedarf	26
2.6	Digitale Liste mit artspezifischen Informationen zu den prioritären Arten	28
3	**Kenntnisstand, Gefährdung, Verantwortung und Prioritätsbestimmung in den einzelnen Organismengruppen**	**29**
3.1	Wirbeltiere	29
3.1.1	Säugetiere (ohne Fledermäuse)	29
3.1.2	Fledermäuse	30
3.1.3	Vögel	31
3.1.4	Reptilien	34
3.1.5	Amphibien	35
3.1.6	Fische und Rundmäuler	35
3.2	Wirbellose Tiere	37
3.3	Pflanzen und Armleuchteralgen	39
3.3.1	Gefässpflanzen	39
3.3.2	Moose	40
3.3.3	Armleuchteralgen	40
3.4	Flechten und Pilze	41
3.4.1	Flechten	41
3.4.2	Pilze	42
4	**Prioritäre Arten im Überblick**	**43**
4.1	Umfang und Anpassungen der Priorität der Liste der National Prioritären Arten 2019	43
4.2	Gefährdung der prioritären Arten	47
4.3	Verantwortung für prioritäre Arten	48
4.4	Massnahmenbedarf für prioritäre Arten	50
4.5	Lebensräume der prioritären Arten	51
5	**Liste der National Prioritären Arten**	**53**
6	**Prioritäre Arten und klarer Massnahmenbedarf**	**54**
6.1	Fledermäuse	55
6.2	Vögel	55
6.3	Reptilien	56
6.4	Amphibien	57
6.5	Fische	57
6.6	Libellen	58
6.7	Landschnecken und Grossmuscheln	59
6.8	Gefässpflanzen	59
6.9	Moose	60
6.10	Armleuchteralgen	60
6.11	Pilze	61

1 Auswahl der Organismengruppen

1.1 Einschätzung des Kenntnisstandes

Vorhandene Kenntnisse

Bevor überhaupt eine Bestimmung der national prioritären Arten erfolgen konnte, musste festgestellt werden, für welche Organismengruppen dazu ausreichendes Wissen (z. B. rechtskräftige oder wissenschaftliche Gefährdungseinstufungen, Verbreitungskarten, Bestimmungsschlüssel usw.) vorliegt bzw. wo der notwendige Kenntnisstand mangelhaft ist oder fehlt.

Die Zuordnung der nationalen Priorität erfolgte schliesslich nur für Organismengruppen, bei welchen der vorhandene Kenntnisstand zu allen bzw. zur überwiegenden Mehrheit der Arten ausreicht. Das taxonomische Niveau der Gruppen ist dabei unterschiedlich und bewegt sich je nachdem auf der Ebene einer ganzen Abteilung (z. B. Moose), einer Klasse (z. B. Reptilien), einer Ordnung (z. B. Heuschrecken) oder beschränkt sich gar auf eine einzelne Familie (z. B. Schmetterlingshafte).

Tabelle 1 verdeutlicht im Detail den aktuellen Kenntnisstand für verschiedene in der Schweiz vorhandene Organismengruppen und zeigt auf, welche Gruppen für die Prioritätsbestimmung 2019 berücksichtigt wurden.

Es ist von Fall zu Fall zu entscheiden, wie wichtig Massnahmen zur Verbesserung des Wissensstandes für die jeweiligen Organismengruppen sind. Grundsätzlich ist anzustreben, dass für jede Organismengruppe zumindest bekannt ist, wie viele und welche Arten in der Schweiz bisher schon gefunden wurden (Cordillot und Klaus 2011). Von grosser Bedeutung sind zudem Kenntnisse zur Verbreitung und Ökologie der Arten, zu Gefährdungsstand und -ursachen sowie zu konkreten Massnahmen, mit welchen bestimmte Arten nachhaltig und effizient erhalten und gefördert werden können.

Tabelle 1

Kenntnisstand zu verschiedenen Organismengruppen (Liste nicht abschliessend)

Organismengruppen, zu denen kein Expertenwissen bzw. keine Kenntnisse zur Gefährdung vorliegen, sind in der Tabelle nicht aufgeführt (Zahlenangaben gemäss BAFU und zuständigen Datenzentren, September 2016).

		Anzahl in der Schweiz vorkommende Arten (in Klammern geschätzt)	Grundlage Gefährdung	Experten/Expertinnen in der Schweiz vorhanden	Bestandteil prioritäre Liste 2019
Tiere (alphabetisch geordnet)					
Wirbeltiere	**Vertebrata**	**396**		**ja**	**ja**
Amphibien	Amphibia	20	RL 2005	ja	ja
Fische	Pisces	55	RL 2007, VBGF 2017	ja	ja
Reptilien	Reptilia	14	RL 2005	ja	ja
Säugetiere	Mammalia	83	-	ja	ja
Fledermäuse	Chiroptera	30	RL 2014	ja	ja
übrige Säugetiere	Mammalia	55	RL 1994	ja	ja
Vögel	Aves	199	RL 2010	ja	ja
Wirbellose	**Invertebrata**	**(> 40 500)**			
Gliederfüsser	Arthropoda	(34 000)			
Krebstiere	Crustacea	(500)	-	teilweise	teilweise
Ruderfusskrebse	Copepoda	(120)	EXP	ja	teilweise
Zehnfusskrebse	Decapoda	3	VBGF 2017	ja	ja
Insekten	Insecta	(30 000)			teilweise
Eintagsfliegen	Ephemeroptera	87	RL 2012	ja	ja
Fangschrecken	Mantodea	1	-	ja	-
Felsenspringer	Archaeognatha	39	-	teilweise	-
Fischchen	Zygentoma	3	-	ja	-
Hautflügler	Hymenoptera	(> 6500)	-	ja	-
Ameisen	Formicidae	140	RL 1994	ja	-
Grabwespen	Sphecidae	231	-	ja	-
Wespen	Vespidae	106	-	ja	-
Wildbienen	Apidae	648	RL 1994	ja	-
Andere kleine Familien	Mutilidae, Sapygidae, Scoliidae etc.	27	-	ja	-
Heuschrecken	Orthoptera	105	RL 2007	ja	ja
Käfer	Coleoptera	(6261)	-	ja	teilweise
Bockkäfer	Cerambycidae	179	RL 2016	ja	ja
Kurzflügler	Staphylinidae	1293	-	ja	-
Laufkäfer	Carabidae	523	EXP	ja	ja
Prachtkäfer	Buprestidae	89	RL 2016	ja	ja

		Anzahl in der Schweiz vorkommende Arten (in Klammern geschätzt)	Grundlage Gefährdung	Experten/ Expertinnen in der Schweiz vorhanden	Bestandteil prioritäre Liste 2019
Rosenkäfer	Cetoniidae	18	RL 2016	ja	ja
Schröter	Lucanidae	7	RL 2016	ja	ja
Wasserkäfer	Hydradephaga	155	RL 1994	teilweise	-
Kamelhalsfliegen	Raphidioptera	13	RL 1994	ja	-
Köcherfliegen	Trichoptera	302	RL 2012	ja	ja
Libellen	Odonata	76	RL 2002	ja	ja
Netzflügler, Hafte	Neuroptera	113	RL 1994	ja	teilweise
Schmetterlingshafte	Ascalaphidae	2	RL 1994	ja	ja
Ohrwürmer	Dermaptera	8	-	ja	-
Pflanzenläuse	Sternorrhyncha	541	-	teilweise	-
Schaben	Blattodea	18	-	ja	-
Schlammfliegen	Megaloptera	3	RL 1994	ja	-
Schmetterlinge	Lepidoptera	(3860)	-	ja	teilweise
«Grossschmetterlinge»	Macroplepidoptera	1490	-	ja	ja
Bärenspinner	Arctiidae	58	EXP	ja	ja
Echte Sackträger	Psychidae	66	EXP	ja	ja
Echte Tagfalter	Rhopalocera	226	RL 2014	ja	ja
Glasflügler	Sesiidae	36	EXP	ja	ja
Pfauenspinner	Saturniidae	4	EXP	ja	ja
Schwärmer	Sphingidae	21	EXP	ja	ja
Sichelflügler	Drepanidae	17	EXP	ja	ja
Trägspinner	Lymantriidae	13	EXP	ja	ja
Widderchen	Zygaenidae	27	RL 2014	ja	ja
Wiesenspinner	Lemoniidae	2	EXP	ja	ja
Zahnspinner	Notodontidae	35	EXP	ja	ja
«Kleinschmetterlinge»	Microlepidoptera	(2370)	-	ja	teilweise
Skorpionsfliegen	Mecoptera	9	-	ja	-
Staubläuse	Psocoptera	91	-	ja	-
Steinfliegen	Plecoptera	112	RL 2012	ja	ja
Wanzen	Heteroptera	632	EXP	ja	-
Zikaden	Auchenorrhyncha	453	EXP	ja	-
Zweiflügler	Diptera	6778	-	ja	-
Schnaken	Tipulidae	154	RL 1994	ja	-
Spinnentiere	Arachnida	(3000)	-	ja	-
Skorpione	Scorpiones	5	-	ja	-
Spinnen	Araneae	821	-	ja	-
Tausendfüssler	Myriapoda	(200)	-	teilweise	-
Nesseltiere	Cnidaria	(7)	EXP	ja	-
Plattwürmer	Plathelminthes	(2600)	-	teilweise	-
Bandwürmer	Cestoda	(700)	-	teilweise	-
Saugwürmer	Trematoda	(1750)	-	teilweise	-

		Anzahl in der Schweiz vorkommende Arten (in Klammern geschätzt)	Grundlage Gefährdung	Experten/ Expertinnen in der Schweiz vorhanden	Bestandteil prioritäre Liste 2019
Ringelwürmer	Annelida	(225)	-	teilweise	-
Rundwürmer	Nemathelminthes	(3175)	-	teilweise	-
Fadenwürmer	Nematoda	(2500)	-	teilweise	-
Schwämme	Porifera	6	EXP	ja	-
Weichtiere	Mollusca	285	RL 2012	ja	teilweise
Muscheln	Bivalvia	29	RL 2012	ja	ja
Schnecken	Gastropoda	241	RL 2012	ja	teilweise
Pflanzen					
Gefässpflanzen	**Tracheophyta**		**RL 2016**	**ja**	**ja**
Samenpflanzen (Blütenpflanzen und Gymnospermen)	Spermatophyta	2624	RL 2016	ja	ja
Farnartige Pflanzen	Pteridophyta	88	RL 2016	ja	ja
Moose	**Bryophyta**	**1093**	**RL 2004**	**ja**	**ja**
Armleuchteralgen	**Charales**	**25**	**RL 2012**	**ja**	**ja**
Flechten und Pilze					
Flechten	**Lichenes**	**(2000)**	**-**	**ja**	**-**
Baumbewohnende Flechten		520	RL 2002	ja	ja
Erdbewohnende Flechten		266	RL 2002	ja	ja
Flechten auf Totholz und Gestein		(1200)	-	ja	-
Pilze	**Fungi**	**(15 000)**	**-**	**teilweise**	**teilweise**
Grosspilze	Macrofungi	(6000)	RL 2007	ja	ja
Bauchpilze	Gasteromycetidae	146	RL 2007	ja	ja
Becherpilze pp., Kernpilze pp.	Pezizomycetes, Sordariomycetes	939	RL 2007	ja	ja
Gallertpilze	Phragmobasidiomycetideae	117	RL 2007	ja	ja
Lamellenpilze	Agaricales	(3400)	RL 2007	ja	ja
Nichtblätterpilze	Aphyllophorales	950	RL 2007	ja	ja
Röhrlinge	Boletales	144	RL 2007	ja	ja
Täublingsartige	Russulales	320	RL 2007	ja	ja
Kleinpilze	Microfungi	(9500)	-	teilweise	-
Arbuskuläre Pilze	Glomeromycota	(50)	-	ja	-
Brandpilze	Ustilaginomycetes	138	-	teilweise	-
Kernpilze	Dothideomycetes	1350	(EXP)	teilweise	-
Kernpilze	Sordariomycetes	1250	(EXP)	teilweise	-
Kleinbecherpilze	Discomycetes pp.	2230	(EXP)	teilweise	-
Konidienpilze	Deuteromycotina	(2250)	-	teilweise	-

		Anzahl in der Schweiz vorkommende Arten (in Klammern geschätzt)	Grundlage Gefährdung	Experten/ Expertinnen in der Schweiz vorhanden	Bestandteil prioritäre Liste 2019
Rostpilze	Pucciniomycetes	(420)	(EXP)	ja	-
Schleimpilze	Myxogastria	440	(EXP)	ja	-

Legende

Grundlagen Gefährdung:	Keine Einschätzung der Gefährdung möglich (keine bestehende Rote Liste oder Expertinnen bzw. wissenschaftliche Publikationen)
EXP:	Expertenwissen/wissenschaftliche Publikationen für Einschätzung der Gefährdung vorhanden, keine Rote Liste
(EXP):	Teilweise Expertenwissen/wissensch. Publikationen für Einschätzung der Gefährdung vorhanden, keine Rote Liste
RL Jahr:	Rechtskräftige Rote Liste Publikation vorhanden, angegeben ist das Publikationsjahr. Mit Ausnahme Rote Liste 1994 enthalten alle angegebenen Roten Listen Kategorien nach IUCN.
(RL):	Teilweise rechtskräftige Rote Liste Publikation vorhanden
VBGF:	Anhang zur Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei

2 Standardverfahren zur Bestimmung der Priorität

Das folgende Kapitel behandelt die Methode für die Bestimmung der Priorität. Das beschriebene Vorgehen basiert auf einem unveröffentlichten BAFU-Arbeitspapier (Gerlach et al. 2002 unpubl.). In einigen Fällen musste das Vorgehen an die Besonderheiten und an den unterschiedlichen Kenntnisstand der verschiedenen Organismengruppen angepasst werden, sodass für sämtliche Organismengruppen sinnvolle prioritäre Listen resultierten. Als Ergänzung zum nachgehend beschriebenen standardisierten Vorgehen werden deshalb in Kapitel 3 die angewendeten spezifischen Verfahren für die verschiedenen Organismengruppen beschrieben.

2.1 Faktoren «Gefährdung» und «Verantwortung»

Faktoren zur Bestimmung der nationalen Priorität

Die Bestimmung der national prioritären Arten erfolgt unter Einbezug von zwei sich ergänzenden Faktoren: dem Gefährdungsgrad der betroffenen Art in der Schweiz, wie er beispielsweise in den veröffentlichten nationalen Roten Listen festgelegt ist, und dem Grad der Verantwortung, den die Schweiz für die Erhaltung der Populationen dieser Art aus internationaler Sicht trägt.

Die kombinierte Beurteilung der beiden Faktoren «Gefährdung» und «Verantwortung» soll sicherstellen, dass nicht für alle Arten automatisch eine hohe Priorität abgeleitet wird, wenn einer der beiden Faktoren hohe Werte erreicht (BAFU 2011).

Nicht für jede Art, die in der Schweiz als gefährdet eingestuft ist, sind Fördermassnahmen prioritär. Sofern die Art in angrenzenden Gebieten ihre Hauptverbreitungsgebiete bzw. -vorkommen besitzt, sind aus globaler Sicht die Vorkommen in der Schweiz für den Fortbestand der Art von sekundärer Bedeutung. Andererseits gibt es Arten, für deren Bestand die Schweiz zwar eine besondere Verantwortung trägt, die hier aber nicht gefährdet sind und deshalb eine Überwachung der Bestände und allfällige Schutzmassnahmen, aber keine besonderen Artenförderungsmassnahmen benötigen.

2.2 Gefährdung

Der Faktor «Gefährdung» beruht auf der Einteilung gemäss aktuellen nationalen Roten Listen oder in Ausnahmefällen auf Einschätzungen von Expertinnen oder Experten (RL-Status durch den Zusatz (e) gekennzeichnet).

Der den Arten für die Prioritätsbestimmung zugeteilte Faktorwert «Gefährdung» resultiert aus der Konvertierung der jeweiligen Gefährdungsstufe aus der Roten-Liste-Publikation oder aus anerkannten Experteneinschätzungen unter Anwendung einer vordefinierten fünfstufigen Skala (Tab. 2).

Tabelle 2

Fünfstufige Punkteskala für die Gefährdungskategorien

Punktezahl «Gefährdung»	Rote Liste Schweiz Kategorien vor 2001	Rote Liste Schweiz Kategorien IUCN ab 2001	Einschätzung durch Experten/Expertinnen
4	0, 1	RE, CR	sehr hoch
3	2	EN	hoch
2	3	VU	mittel
1	4	NT	gering
0	n	DD, LC	keine

BAFU 2011

2.2.1 Gefährdungseinstufung nach den nationalen Roten Listen

Aktuellste Rote Liste als Grundlage

Für die Erstellung von Roten Listen zu bestimmten Organismengruppen ist ein gruppenspezifischer Kenntnisstand, der eine Expertenmeinung über die momentane Gefährdungssituation erlaubt, eine wichtige Voraussetzung. Da der Kenntnisstand (z. B. Verbreitungsangaben, ökologische Anforderungen, vorhandene Spezialisten und Spezialistinnen, Gefährdungsursachen) auch für die Prioritätsbeurteilung eine wichtige Rolle spielt, eignen sich dazu vorwiegend Organismengruppen, für welche eine Rote Liste vorliegt (Tab 1).

Als Grundlage für die Prioritätsbestimmung wurde die jeweils aktuellste Rote Liste der Schweiz herangezogen. Für einige Tiergruppen kamen mangels neuerer Bearbeitungen noch die Roten Listen 1994 zum Einsatz.

Rote Listen nach IUCN-Richtlinien

Seit 2002 werden die Roten Listen der Schweiz nach den IUCN-Richtlinien erstellt (IUCN 2001). Das zuständige Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat sich zum Ziel gesetzt, die Roten Listen nach den IUCN-Kriterien ungefähr alle 10 Jahre zu revidieren. Die IUCN-Gefährdungskategorien und -kriterien für globale und regionale bzw. nationale Bewertungen wurden aus der englischen Originalfassung (IUCN 2001) übersetzt und können im Original auf der Website der IUCN nachgelesen werden[1].

Die ersten vom BAFU erstellten Roten Listen (Pflanzen 1991, Tiere 1994) wurden nach einem anderen Kategorien- und Kriteriensystem erarbeitet; eine direkte Konvertierung der alten Kategorien in die neuen Kategorien nach

1 *www.iucnredlist.org/resources/categories-and-criteria* (Stand 21.07.2010)

IUCN 2001 ist nicht überall möglich. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die Gefährdungskategorien gemäss IUCN 2001 sowie die vor 2001 verwendeten Rote-Listen-Kategorien.

Tabelle 3

Gefährdungskategorien der Roten Listen Schweiz nach IUCN 2001 und den Roten Listen 1994

Kategorien Rote Listen Schweiz (IUCN 2001)			Kategorien Rote Listen Schweiz 1994	
RE	regionally extinct	In der Schweiz ausgestorben	0	ausgestorben
CR	critically endangered	vom Aussterben bedroht	1	vom Aussterben bedroht
EN	endangered	stark gefährdet	2	stark gefährdet
VU	vulnerable	verletzlich	3	gefährdet
NT	near threatened	potenziell gefährdet	4	potenziell gefährdet
LC	least concern	nicht gefährdet	n	nicht gefährdet
DD	data deficient	ungenügende Datengrundlage		
NE	not evaluated	nicht berücksichtigt		

Rote-Liste-Arten

Unter «Rote-Liste-Arten» versteht man Arten, die als «ausgestorben» (EX Extinct, EW Extinct in the wild, RE Regionally extinct), «vom Aussterben bedroht» (CR Critically endangered), «stark gefährdet» (EN Endangered) oder «verletzlich» (VU Vulnerable) eingestuft sind. Die IUCN-Kategorie «regional ausgestorben» (RE Regionally extinct) wird nur in nationalen und regionalen Roten Listen verwendet.

Bedrohte Arten

Arten der Gefährdungskategorien CR, EN und VU werden als «Rote-Liste-Arten» bzw. «bedrohte Arten» («threatened species») einer Roten Liste zusammengefasst und den Arten der Kategorien NT (Near threatened bzw. potenziell gefährdet) und LC (Least concern bzw. nicht gefährdet) gegenüber gestellt, welche zumindest auf kurze Sicht ein geringeres Aussterberisiko aufweisen.

Die Roten Listen nach IUCN 2001 enthalten zudem auch Angaben zu Taxa, für welche die vorhandenen Datengrundlagen nicht genügen (DD Data deficient). Gebietsfremde Arten werden gemäss IUCN hinsichtlich des Gefährdungszustandes nicht beurteilt, weil ihr angestammtes Verbreitungsareal ausserhalb des Beurteilungsgebiets liegt.

2.2.2 Einschätzung der Gefährdung durch Expertinnen und Experten

Für einige Organismengruppen gibt es für die Schweiz noch keine Roten Listen, obwohl ausreichendes Wissen für die Einschätzung der Gefährdungseinstufung einzelner Arten oder Taxa vorhanden wäre. Damit derartige Organismengruppen bei der Prioritätsbestimmung auch berücksichtigt werden konnten, musste auf andere Datenquellen zurückgegriffen werden.

Die Einschätzung der Gefährdung basiert deshalb in begründeten Ausnahmefällen auf vorhandenem Expertenwissen bzw. auf ausgewählten Publikationen, welche Hinweise auf die nationale Gefährdungssituation der betreffenden Organismengruppen enthalten. Die Einschätzung der Gefährdung erfolgte dabei in der Regel nach Kriterien, die den Bedrohungsgrad und die Isolation von Populationen beurteilen (Tab. 4). Der RL-Status ist durch den Zusatz (e) gekennzeichnet.

Wo gegenüber älteren Roten Liste aktuelleres Expertenwissen zur Gefährdung besteht, wurde die Einschätzung von Spezialistinnen und Spezialisten vorrangig berücksichtigt.

Tabelle 4

Hilfstabelle zur Einschätzung des artspezifischen Gefährdungsgrades aufgrund von Expertenwissen

Gefährdungsgrad	Einschätzung des Gefährdungsgrades durch Experten und Expertinnen
sehr hoch	wenige, abnehmende, unvernetzte Populationen
hoch	Habitat mehr oder weniger total abhängig von menschlicher Aktivität, Eingriff entscheidend; Habitat vielleicht wenig bedroht, aber Population sehr isoliert, wenig mobil oder: Population sehr zerstückelt
mittel	Habitat von menschlichen Aktivitäten beeinflusst; wenig grosse Hauptpopulationen (Reservoir der Population), Vernetzung funktioniert nur teilweise
gering	wenige Probleme, die auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt werden können
keine	keine Bedrohung

BAFU 2011

2.2.3 Nicht berücksichtigte Organismengruppen

Gewisse Organismengruppen konnten in der vorliegenden Publikation nicht berücksichtigt werden. Gründe für den Ausschluss von Organismengruppen sind:

- ungenügend dokumentierte Verbreitung in der Schweiz;
- unbekannte oder ungenügend bekannte Ökologie;
- kein dokumentierter Gefährdungsstatus oder keine publizierte Rote Liste;
- kein dokumentierter nationaler Verantwortungsgrad;
- Fehlen geeigneter Schweizer Spezialisten (z. B. für die Begleitung möglicher Aktionspläne).

Die Kenntnisse beispielsweise über die gesteins- und totholzbesiedelnden Flechten (eine schätzungsweise 1200 Arten umfassende Gruppe), einige

Klassen und Ordnungen der Pilze (z. B. die Kleinpilze) sowie taxonomische Einheiten innerhalb der Gruppe der Wirbellosen (Übersicht Prioritätsbestimmung der Wirbellosen siehe Tab. 1) sind ungenügend, und es bestehen keine Roten Listen.

Einige Artgruppen verfügen zwar über einen Rote-Liste-Status (z. B. Schnaken und Wasserkäfer), konnten für die vorliegende Publikation aber nicht berücksichtigt werden: Der Kenntnisstand ist für eine Evaluation des Verantwortungsgrades nicht ausreichend, und es fehlen Artspezialisten und -spezialistinnen in der Schweiz. Zu mehreren Organismengruppen sind Arbeiten im Gange (z. B. Rote Liste Wildbienen), welche die Voraussetzung schaffen für eine Einstufung in der nächsten Aktualisierung der Liste der National Prioritären Arten.

2.3 Verantwortung

Internationale Verantwortung der Schweiz für Arterhaltung

Der Faktor «Verantwortung» beschreibt die europäische bzw. globale Bedeutung des schweizerischen Bestandes einer Art. Er verdeutlicht die internationale Verantwortung der Schweiz für die Erhaltung der betreffenden Art. Bei der entsprechenden Zuordnung müssen die Verantwortung der Schweiz für die Alpen (Alpenendemiten) sowie die teilweise sehr zerstückelten Areale der Arten besonders berücksichtigt werden.

Bezugsraum

Die Arten wurden aufgrund eines standardisierten Verfahrens (Tab. 5) einer von 5 Verantwortungskategorien zugeordnet (modifiziert nach Schnittler & Ludwig 1996; Schnittler & Günther 1999 und Steinicke et al. 2002). Dabei waren jeweils standardmässig der Anteil des Verbreitungsareals in der Schweiz im Verhältnis zur Gesamtverbreitung und die Lage der Teilareale im Gesamtareal zu beurteilen (BAFU 2011). In der Schweiz ausgestorbene Arten wurden mit ihrem ursprünglichen Verbreitungsmuster berücksichtigt.

Als Basis für die Einschätzung der internationalen Verantwortung wurde die bekannte Gesamtverbreitung einer Art berücksichtigt. Aufgrund der unterschiedlich vorhandenen Datengrundlagen konnte der Bezugsraum für die Einschätzung der Verantwortung jedoch nicht für alle Organismengruppen einheitlich gewählt werden. Während z. B. die Verantwortung bei den Gefässpflanzen in Bezug auf die weltweite Verbreitung festgelegt wurde, erfolgte die Beurteilung bei anderen Organismengruppen in Bezug auf einen kleineren geografischen Raum (z. B. Europa), weil globale Verbreitungsdaten fehlten.

Für die Schweiz endemische und teilendemische Arten

Unter den zahlreichen Arten, deren bekanntes Verbreitungsgebiet nahezu oder vollständig auf die Schweiz beschränkt ist, werden nur diejenigen als für die Schweiz endemisch oder teilendemisch ausgewiesen, welche den folgenden Kriterien entsprechen (Tschudin et al. 2017):

1. Ihr Status als Art ist anerkannt, und

2. die Art gehört entweder
   a. einer Organismengruppe an, welche aufgrund der verfügbaren Datengrundlagen für ausreichend dokumentiert gilt, oder
   b. es bestehen wissenschaftlich gesicherte ökologische und/oder phylogenetische Daten, welche einen endemischen Status der Art untermauern.

Tabelle 5

Kategorien zur Bestimmung der internationalen Verantwortung der Schweiz für den weltweiten (bzw. europäischen) Bestand einer Art

Punktezahl Faktor Verantwortung	Bedeutung	Charakterisierung	Erläuterung
4	sehr hohe Verantwortung	· Für die Schweiz endemische Arten (bekanntes Verbreitungsareal auf die Schweiz beschränkt)	Ein Aussterben in der Schweiz bedeutet ein weltweites Aussterben.
3	hohe Verantwortung	· Für die Schweiz teilendemische Arten (bekanntes Verbreitungsareal eng begrenzt, auf benachbarte Länder übergreifend) · Arten mit aus genetischer, ökologischer und/oder morphologischer Sicht besonderen Populationen in der Schweiz	Ein Aussterben in der Schweiz hat starke Folgen für den Gesamtbestand, bzw. die weltweite Gefährdung wird dadurch stark erhöht.
2	mittlere Verantwortung	· > 20 % des Verbreitungsareals einer Art liegen in der Schweiz · Arten mit teilweise isolierten Populationen in der Schweiz · Alpenendemiten mit relativ grossem Verbreitungsgebiet	Ein Aussterben in der Schweiz hat Folgen für den Gesamtbestand, bzw. die weltweite Gefährdung ist erhöht.
1	geringe Verantwortung	· < 20 % des Verbreitungsareals einer Art liegen in der Schweiz	Die Schweiz trägt eine internationale Mitverantwortung
0	keine Verantwortung	· nicht einheimische Arten · gelegentliche Gäste	Für die Erhaltung nicht einheimischer Arten und gelegentlicher Gäste trägt die Schweiz keine Verantwortung.

BAFU 2019

2.3.1 Beschreibung der 5 Verantwortungskategorien

Tabelle 5 bietet eine Übersicht über die 5 Verantwortungskategorien. Nachfolgend sind diese Kategorien etwas ausführlicher umschrieben (BAFU 2011, Tschudin et al. 2017). Für Arten der Kategorien mittlere und geringe Verantwortung teilt die Schweiz die Verantwortung mit weiteren Nachbarländern. Je nach Situation der betroffenen Art sind koordinative und oder präventive Aufgaben in Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Ländern zu übernehmen. Auch wenn aufgrund der kleinen Fläche der Schweiz von vielen zum Teil auch international gefährdeten Arten nur ein kleiner Anteil des Verbreitungsgebietes in der Schweiz liegt, trägt die Schweiz für solche Arten eine nicht zu unterschätzende internationale Mitverantwortung.

Verantwortung 4

Die höchste Verantwortung trägt die Schweiz für Arten, deren Aussterben in der Schweiz ein weltweites Aussterben bedeuten würde (z. B. die Nidwaldner Haarschnecke *Trochulus biconicus*), d. h. für die in der Schweiz endemischen Arten wird der Bewertungsfaktor 4 vergeben.

Verantwortung 3

Arten mit einem eng begrenzten, auf das benachbarte Ausland übergreifenden Verbreitungsareal (rund 10 000 km^2; für die Schweiz teilendemisch, z. B. der Simplon-Mohrenfalter *Erebia christi* oder das Bodensee-Vergissmeinnicht *Myosotis rehsteineri*), sowie Populationen mit besonderen genetischen, ökologischen und/oder morphologischen Anpassungen, welche von der Stammpopulation ausserhalb der Schweiz isoliert sind, werden der Verantwortungskategorie 3 zugerechnet.

Verantwortung 2

Das Kriterium der 20 %-Verbreitungslimite lässt sich nicht bei allen Organismengruppen konsequent anwenden und bereitet vor allem bei Arten mit sehr grossen Verbreitungsarealen Probleme. In der Verantwortungskategorie 2 sind deshalb neben Arten, von denen die Schweiz mehr als 20 % des Gesamtareals beherbergt, auch Arten eingestuft, welche auf die Alpen beschränkt sind (Alpenendemiten) und dort ein relativ weites Verbreitungsareal aufweisen (z. B. der Gletscherfalter *Oeneis glacialis*). Die Kategorie 2 umfasst zudem Arten mit teilweise isolierten Populationen in der Schweiz (z. B. der dunkle Wiesenknopf-Ameisenbläuling *Maculinea nausithous*).

Verantwortung 1

Deckt die Schweiz weniger als 20 % des Gesamtareals einer Art ab, wird der Bewertungsfaktor 1 vergeben.

Für die Erhaltung der nicht einheimischen Arten und gelegentlicher Gäste trägt die Schweiz keine besondere Verantwortung.

2.4 Herleitung der Priorität

Die artspezifische Prioritätseinstufung gibt darüber Auskunft, wie vordringlich die nationale Erhaltung bzw. Förderung der jeweiligen Art im globalen bzw. europäischen Kontext ist.

Die Priorität einer Art wurde nach einem standardisierten Verfahren aus den Faktoren «Gefährdung» und «Verantwortung» berechnet. Dabei wurden die für beide Faktoren erzielten Punktezahlen addiert und aus der resultierenden Summe die zutreffende Prioritätskategorie gemäss Tabelle 6 hergeleitet (BAFU 2011).

Arten, welche eine Summe von 6 oder mehr Punkten erreichten, gelangten in die höchste Prioritätskategorie 1 und haben demnach eine sehr hohe nationale Priorität bezüglich Arterhaltung bzw. -förderung.

Arten mit weniger als 3 Summenpunkten fallen in die Prioritätskategorie 0, d. h., die betreffenden Arten haben keine Priorität. Bei diesen Arten, besonders wenn potenziell gefährdet, ist es jedoch erstrebenswert, die Populationen zu überwachen und nötigenfalls zu fördern, damit sich ihr Zustand nicht verschlechtert.

Tabelle 6

Berechnungsskala zur Prioritätsbestimmung und Beschreibung der nationalen Prioritätskategorien

Summe der Punktezahlen für die Faktoren «Gefährdung» und «Verantwortung»	Prioritätskategorie	Bedeutung bezüglich Arterhaltung und -förderung
≥ 6	Priorität 1	sehr hohe nationale Priorität
5	Priorität 2	hohe nationale Priorität
4	Priorität 3	mittlere nationale Priorität
3	Priorität 4	mässige nationale Priorität
< 3	Priorität 0	keine nationale Priorität

BAFU 2011

2.5 Angaben zum Massnahmenbedarf

Für die Planung und Umsetzung von Artenförderungsmassnahmen für national prioritäre Arten braucht es eine Einschätzung des Massnahmenbedarfs aus nationaler Sicht. Die Liste der National Prioritären Arten enthält deshalb artspezifische Angaben zum Massnahmenbedarf, welcher für die ganze Schweiz (und nicht auf einzelne Regionen beschränkt) eingeschätzt wurde.

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die bei der Einschätzung angewendeten Kriterien.

Tabelle 7

Kriterien zur Einschätzung des Massnahmenbedarf

Code	Bedeutung	Interpretation
2	klarer Massnahmenbedarf	Die Populationen/Fundorte nehmen (vermutlich) jetzt oder in Zukunft ab. Akute Gefährdungen sind bekannt und könnten durch Massnahmen behoben oder abgemindert werden. Die wichtigsten Lebensräume der Art nehmen (aus nationaler Sicht) ab. → Es ist davon auszugehen, dass **gezielte Massnahmen nötig und sinnvoll** sind (Artenförderungsprogramme oder -projekte, auf die Art ausgerichtete Tätigkeiten zum Unterhalt oder zur Aufwertung von Biotopen usw.).
1	unsicherer Massnahmenbedarf	Die Populationen/Fundorte nehmen (vermutlich) jetzt oder in Zukunft ab. Akute Gefährdungen sind bekannt und könnten durch Massnahmen behoben oder abgemindert werden. Die wichtigsten Lebensräume der Art nehmen (aus nationaler Sicht) ab. → Es ist **nicht eindeutig, ob gezielte Massnahmen nötig und/oder sinnvoll** sind. Möglicherweise genügen bereits allgemeine Massnahmen beim Biotopschutz oder bei der Förderung bzw. Revitalisierung von Biotopen.
0	kein Massnahmenbedarf	Die Bestände/Fundorte sind (vermutlich) jetzt und in der näheren Zukunft ± stabil oder nehmen zu. Es ist keine akute Gefährdung erkennbar, die durch Massnahmen behoben werden könnte. Die wichtigsten Lebensräume der Art sind aus nationaler Sicht für die langfristige Erhaltung einer Art qualitativ und quantitativ genügend vorhanden. → Es besteht **kein Massnahmenbedarf.**
99	(derzeit) nicht beurteilbar	Es **fehlen die Kenntnisse** zur Beurteilung des Massnahmenbedarfs. → Es ist **keine Beurteilung** des Massnahmenbedarfs möglich.

Besteht ein klarer Massnahmenbedarf (Code 2), müssen folgende artspezifische Massnahmen umgesetzt werden, um den Fortbestand einer Art zu sichern:

- Artenförderungsprogramme oder -projekte,
- auf die Art ausgerichtete Biotoppflege und/oder -aufwertung.

Im Kapitel 6 sind konkrete Beispiele von artspezifischen Massnahmen für verschiedene Organismengruppen aufgeführt.

2.6 Digitale Liste mit artspezifischen Informationen zu den prioritären Arten

Die digitale Liste der National Prioritären Arten 2019 ist Teil dieser Volzugshilfe und enthält folgende artspezifische Informationen:

- Organismengruppe, welcher eine Art angehört,
- wissenschaftlicher Name der Art,
- deutscher bzw. französischer Name der Art (sofern vorhanden),
- nationale Prioritätskategorie,
- Gefährdungsstatus (gemäss nationaler Roter Liste bzw. anderer Quelle),
- Verantwortung und
- Angaben zum Massnahmenbedarf.
- Taxon ID von Info Species (Präfix aus dem jeweiligen Artenregister, z. B. Info fauna und Taxon ID);
- nützliche Synonyme (Namen, die nicht mehr aktuell sind, aber z. B. in Roten Listen gefunden werden);
- Angaben zum Überwachungsbedarf;
- Angaben zum Kenntnisstand bezüglich vorhandener Techniken bzw. zu treffender Massnahmen;
- Angaben zu Lebensräumen, in welchen die prioritäre Art vorkommt;
- Verbreitungsangaben zu 26 Kantonen
- Verbreitungsangaben zu 6 biogeografischen Regionen;
- Verbreitungsangaben zu 4 Höhenstufen;
- Zeitraum des letzten bekannten Nachweises pro Kanton.
- Zugehörigkeit zu:
  - Waldzielarten gemäss Vollzugshilfe Waldbiodiversität (Imesch et al. 2015);
  - Schweizer Endemiten, Stand 2016;
  - «UZL-Arten» gemäss Umweltziele Landwirtschaft (BAFU und BLW 2008);
  - Smaragd-Arten (Referenzlisten der in der Schweiz vorkommenden Arten gemäss Emerald Network: Biogeographical Seminar Switzerland – Final Conclusions, 2012, siehe *www.coe.int/en/web/bern-convention/emerald-network-reference-portal);*
  - Anhang 2 (Liste der geschützten Pflanzen) und Anhang 3 (Liste der geschützten Tiere) in der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV).

Die Liste ermöglicht in begründeten Fällen kurzfristige Aktualisierungen und Ergänzungen zu den einzelnen Arten. Dies kann beispielsweise der Fall sein bei neu vorliegenden wichtigen Erkenntnissen oder Zusatzinformationen zu einer Organismengruppe (z. B. aktuelle Verbreitungsangaben, Lebensraumangaben).

3 Kenntnisstand, Gefährdung, Verantwortung und Prioritätsbestimmung in den einzelnen Organismengruppen

3.1 Wirbeltiere

3.1.1 Säugetiere (ohne Fledermäuse)

Kenntnisstand

Aufgrund des ausreichenden Kenntnisstandes konnten alle Arten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden.

Gefährdung

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert bei den meisten Arten auf der «Roten Liste der gefährdeten Säugetiere (ohne Fledermäuse)» (1994). Für Arten, bei welchen der Rote-Liste-Status offensichtlich nicht mehr dem aktuellen Stand entspricht (Wolf, Biber, Braunbär und Fischotter), wurde auf Expertenwissen zurückgegriffen.

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung stützt sich auf die definierten Standardkriterien (Tab. 5). Als Bezugsraum für die Einschätzung des artspezifischen Verantwortungsfaktors diente das jeweils bekannte Verbreitungsareal der Arten.

Bestimmung der Priorität

Bei den Säugetieren erfolgte die Prioritätsbestimmung nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6).

Anpassung der Priorität aufgrund von Expertenwissen

- Der Wolf *(Canis lupus)* breitet sich innerhalb der ganzen Alpenkette aus und siedelt sich auch in der Schweiz an, wo er sich bereits erfolgreich fortgepflanzt hat. Die Schweiz trägt für den weltweiten (bzw. europäischen) Bestand des Wolfes eine geringe Verantwortung bzw. eine internationale Mitverantwortung. Aufgrund der Entwicklung der Wolfspopulation in der Schweiz seit 1994 wurde auf der Basis einer Experteneinschätzung eine Neubeurteilung der Gefährdung vorgenommen, und der Wolf wurde von 1(e) (vom Aussterben bedroht) zu 2(e) (stark gefährdet) eingestuft. Die Priorität des Wolfes wurde von Priorität 2 auf Priorität 3 aktualisiert.
- Seit 2005 taucht der Braunbär *(Ursus arctos)* regelmässig in der Schweiz auf. Da bisher aber noch keine erfolgreiche Fortpflanzung festgestellt wer-

den konnte, gilt der Braunbär in der Schweiz weiterhin als ausgestorben. Wie im Falle des Wolfes trägt die Schweiz für den weltweiten (bzw. europäischen) Bestand des Braunbären eine geringe Verantwortung. Die Priorität 2 von 2011 bleibt weiterhin bestehen.

- Der Biber *(Castor fiber)* ist in der Schweiz weitgehend etabliert. Das Monitoring zeigt auf, dass der Biber hierzulande heute gegen 3000 Individuen zählt und alle grösseren Fliessgewässer besiedelt hat. In der Roten Liste von 1994 noch als vom Aussterben bedroht, gilt er aufgrund der neusten Entwicklungen heute nicht mehr als gefährdet. Die Schweiz trägt zudem für die europäische Population nur eine geringe Verantwortung. Als Konsequenz daraus wurde der Biber aus der Liste der Prioritären Arten gestrichen.
- Im Vergleich zu 2011 hat sich die Priorität des Fischotters *(Lutra lutra)* nicht geändert, Priorität 1 bleibt bestehen.

3.1.2 Fledermäuse

Kenntnisstand

Aufgrund des bestehenden Kenntnisstandes konnten mit Ausnahme von 2 Arten *(Rhinolophus euryale* und *Myotis capaccinii)* alle Arten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden. Von *Rhinolophus euryale* ist noch kein aktueller Nachweis für die Anwesenheit der Art auf Schweizergebiet erbracht worden. Von *Myotis cappaccinii* besteht eine ungenügende Datengrundlage, um eine Priorität zu bestimmen.

Gefährdung

Der Gefährdungsgrad basiert auf der «Roten Liste der Fledermäuse» 2014.

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung stützt sich auf die definierten Standardkriterien (Tab. 5). Die Einschätzung des Verantwortungsgrades erfolgte in Bezug zur weltweiten Gesamtverbreitung der Arten.

Bestimmung der Priorität

Bei den Fledermäusen erfolgte die Prioritätsbestimmung nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6). In einigen Fällen wurde allerdings die Prioritätseinstufung nachträglich angepasst.

Anpassung der Priorität aufgrund von Expertenwissen

Einige Gebäude bewohnende Fledermausarten wurden in die höchste Prioritätskategorie eingestuft. Aufgrund der sehr spezifischen Quartieransprüche, der starken Gefährdung und der teilweise besonderen Verantwortung der Schweiz für diese Gebäude bewohnenden Arten wurde hier vom vorgegebenen Berechnungsschema abgewichen.

Viele einheimische Fledermausarten ziehen ihre Jungen nahezu exklusiv in Dachstöcken von Gebäuden und in Spalten und Ritzen von Hausdächern und Gebäudefassaden auf und sind auf ihrem Jagdflugweg teilweise auf besondere Strukturen angewiesen. Ihre Habitatnischen werden in keinem schwei-

zerischen Biotopschutzprogramm geschützt oder gefördert. Deshalb haben Schutz und Förderung von Gebäudequartieren und Flugkorridoren für diese ausgewählten Gebäude bewohnenden Arten höchste Priorität für den Fledermausschutz (Kap. 6.1).

3.1.3 Vögel

Bei den Vögeln stützt sich das Vorgehen auf die Prioritätsbestimmung der Schweizerische Vogelwarte und des Schweizer Vogelschutz SVS/ BirdLife Schweiz ab («Verantwortungsarten», Keller & Bollmann 2001, 2004; «Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme», Bollmann et al. 2002). Das Grundprinzip der Einstufung der Priorität basiert genauso auf der Kombination von «Gefährdung» und (internationale) «Verantwortung».

Um diese Einstufungen mit denjenigen für die anderen Organismengruppen vergleichbar zu machen, wurden die Kategorien so weit wie möglich den in Tabelle 6 definierten Standardkategorien zugeordnet. 2010 wurden die Rote Liste Brutvögel (Keller et al. 2010b) und die Liste der prioritären Vogelarten der Schweiz revidiert (Keller et al. 2010a). Dabei wurde das Konzept beibehalten und die Terminologie wo nötig derjenigen des BAFU angepasst.

Kenntnisstand

Aufgrund des ausreichenden Kenntnisstandes konnten alle Arten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden.

Gefährdung

Der Gefährdungsgrad basiert auf der Roten Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz (Keller et al. 2010b).

Verantwortung

Da die vorhandenen Grundlagen zu den Vögeln vollständiger sind als für die übrigen Artengruppen, konnte anstelle des Verbreitungsareals die Populationsgrösse als Kriterium verwendet werden. Statt der starren 20 %-Limite wurde eine Grenze gewählt, die den Flächenanteil der Schweiz an Europa berücksichtigt. Dieser beträgt 0,7 % und kann als «Erwartungswert» für den prozentualen Anteil des schweizerischen am europäischen Bestand betrachtet werden. Dabei wurden 5 Klassen gebildet (Tab. 8). Ein ähnliches Vorgehen wurde auch für Gastvögel angewendet.

Die Abgrenzungen der Verantwortungsklassen entsprechen zwar nicht genau denen des definierten Standardvorgehens (Tab. 5), lassen sich grundsätzlich trotzdem den Standardkategorien gegenüberstellen.

Tabelle 8

Einstufung der Brutvogelarten gemäss ihrer Verantwortung / internationalen Bedeutung

Die Klasse 0 gemäss Standardvorgehen wurde nicht verwendet, da gebietsfremde Vögel und gelegentliche Gäste nicht beurteilt wurden.

Verantwortungskategorie Standardvorgehen	Verantwortungsklasse Vögel	Definition (EW: Erwartungswert = 0,7)
4	V	mehr als das Zehnfache des EW (> 7 %)
3	IV	bis zum Zehnfachen des EW (3,5 – 7 %)
2	III	bis zum Fünffachen des EW (1,4 – 3,5 %)
1	II	bis zum doppelten EW (0,7 – 1,4 %)
1	I	<EW (< 0,7 %)

Bestimmung der Priorität

Für die Einteilung wurden die Faktoren «Gefährdung» und «Verantwortung» (internationale Bedeutung gemäss Keller & Bollmann 2001) berücksichtigt. Als zusätzlicher Faktor wurde der «Seltenheitsgrad» verwendet. Arten, die in der Schweiz nie häufig waren, erfüllen zwar wegen ihrer sehr kleinen Bestände die IUCN-Kriterien für die Rote Liste, sind aber für den Naturschutz in der Schweiz von geringerer Bedeutung. Sie wurden deshalb einer eigenen Klasse zugewiesen. Somit resultieren für Brutvögel die 5 Klassen B1 bis B5 (Tab. 9).

Da die Schweiz auch eine Verantwortung für Arten trägt, die nicht oder nur in geringer Zahl hier brüten, aber in grosser Anzahl überwintern bzw. durchziehen, wurden analog zu den Brutvögeln auch bei Gastvögeln Prioritätsklassen (G1, G2) gebildet (Tab. 9).

Die Klassen B1 bis B3 sind für den Naturschutz besonders wichtig. Nicht für alle Arten ist der Handlungsbedarf jedoch gleich dringend, und nicht für alle Arten sind die gleichen Naturschutzinstrumente geeignet. In einem weiteren Schritt wurden deshalb anhand der Kriterien «Handlungsbedarf» und «Zweckmässigkeit der existierenden Naturschutz-Instrumente» diejenigen Arten bestimmt, die spezifische Artenförderungsprogramme benötigen (Bollmann et al. 2002). Die resultierende Liste der «Prioritätsarten Artenförderung» umfasst Arten, für welche allgemeine Habitatschutzmassnahmen (z. B. naturnaher Waldbau) oder der Gebietsschutz (z. B. Naturschutzgebiete ohne spezifisches Management) nicht genügen, die also spezifische, auf die jeweilige Art zugeschnittene Förderungsmassnahmen benötigen.

Tabelle 9

Einstufung der Vögel in Prioritätsklassen

Prioritätsklassen	Umschreibung
B1	in der Schweiz gefährdete Brutvogelarten (Rote-Liste-Kategorien: RE, CR, EN, VU, plus NT) mit hoher Verantwortung der Schweiz
B2	in der Schweiz gefährdete Brutvogelarten (Rote-Liste-Kategorien: RE, CR, EN, VU, plus NT) mit niedriger Verantwortung der Schweiz
B3	in der Schweiz nicht gefährdete Brutvogelarten (LC) mit hoher Verantwortung der Schweiz
B4	in der Schweiz nicht gefährdete Brutvogelarten (LC) mit niedriger Verantwortung der Schweiz
B5	Brutvogelarten, die in der Schweiz nie häufig waren
G1	in Europa gefährdete Gastvogelarten mit hoher Verantwortung der Schweiz
G2	in Europa nicht gefährdete Gastvogelarten mit hoher Verantwortung der Schweiz

nach Keller & Bollmann (2001)

Übersetzung in die Prioritätskategorien gemäss Standardvorgehen

Trotz des unterschiedlichen Vorgehens lassen sich die bei den Vögeln verwendeten Kategorien den Prioritätskategorien gemäss Standardvorgehen (Tab. 6) mehrheitlich zuordnen (Tab. 10). Auf die Gegenüberstellung der Klassen B4 und B5 wurde verzichtet, da diese auf Bundesebene eine geringe Priorität aufweisen.

Tabelle 10

Übersetzung in die Prioritätskategorien des Standardvorgehens

Prioritätskategorie Standardvorgehen	Definition
1	Prioritätsarten Artenförderung
2	übrige B1- und B2-Arten (übrige gefährdete Brutvögel)
2g/v	G1 (in Europa gefährdete Gastvögel/visiteurs mit hoher internationaler Verantwortung der Schweiz)
3	B3 (nicht gefährdete Brutvögel, für welche die Schweiz eine hohe internationale Verantwortung hat)
3g/v	G2 (in Europa nicht gefährdete Gastvögel/visiteurs mit hoher internationaler Verantwortung der Schweiz)

Übersetzungsbeispiel
Zu unterscheiden sind immer Verantwortung (gemäss Tab. 8) und Priorität (gem. Tab. 10), was zum Beispiel für die gefährdete Reiherente heisst (vgl. Einstufungen in der Liste, Kap. 5):

- Verantwortung (Tab. 8; Werte 1 bis 4, ohne Unterscheidung zwischen Brut- und Gastvögeln):
  - Als Brutvogel: 1 = weniger als 1,4 % des Europäischen Bestands brütet in der Schweiz
  - Als Gastvogel: 4g/v = mehr als 7 % der Europäischen Bestands überwintert in der Schweiz

- Priorität (Tab. 9 und 10)
  - Als Brutvogel: 2 = übrige B1- und B2-Arten (übrige gefährdete Brutvögel)
  - Als Gastvogel: 2g/v = G1 (in Europa gefährdete Gastvögel/visiteurs mit hoher internationaler Verantwortung der Schweiz)

3.1.4 Reptilien

Kenntnisstand

Aufgrund des ausreichenden Kenntnisstandes konnten alle Reptilienarten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden.

Gefährdung

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste der gefährdeten Reptilien der Schweiz» (2005).

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung stützt sich auf die vorhergehend beschriebenen Standardkriterien (Tab. 8).

Die Einschätzung des Verantwortungsgrades erfolgte in Bezug zur weltweiten Gesamtverbreitung der Arten, welche sich grösstenteils auf den europäischen Raum beschränkt.

Bestimmung der Priorität

Für die Bestimmung der Priorität wurde das Standardverfahren angewendet (Tab. 10). Die für Priorität 1 notwendige Punktezahl (6 Punkte) erreichte dabei keine Schweizer Art.

Anpassung der Priorität aufgrund von Expertenwissen:

- *Vipera aspis*: morphologische und genetische Untersuchungen haben gezeigt, dass nur 2 Unterarten in der Schweiz leben: *Vipera aspis francisciredi* im Südtessin, im Puschlav und im Münstertal sowie die Nominatform *Vipera aspis aspis* im restlichen Verbreitungsgebiet (Alpen, Jura, Genferseebecken). Die aus den Alpen beschriebene, dritte Unterart *Vipera aspis atra* wurde mit der Nominatform synonymisiert. Allerdings unterscheiden sich die Populationen von *Vipera aspis aspis* im Jura sowohl vom Gefährdungsgrad als auch der Ökologie her wesentlich von denen im Alpenraum.

Da in der Liste keine Unterarten aufgeführt werden, wird Vipera aspis mit dem abgerundeten Durchschnittswert des Verantwortungs- und Gefährdungsgrades der beiden heute geltenden Unterarten aufgeführt.

- *Natrix natrix*: Auch bei der Ringelnatter (*Natrix natrix*) entspricht der Verantwortungs- und Gefährdungsgrad dem aufgerundeten Durchschnittswert der beiden Unterarten *Natrix natrix natrix* und *Natrix natrix helvetica*.
- *Vipera berus berus*: Genetische Untersuchungen haben gezeigt, dass es 2 unterschiedliche Kladen der Kreuzotter (*Vipera berus berus*) in der Schweiz gibt, was aber bisher keine Auswirkung auf die Taxonomie und Nomenklatur hatte.

3.1.5 Amphibien

Kenntnisstand

Aufgrund des ausreichenden Kenntnisstandes konnten alle Amphibienarten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden.

Gefährdung

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz» (2005).

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung stützt sich auf die vorausgehend beschriebenen allgemeinen Kriterien (Tab. 5).

Die Einschätzung des Verantwortungsgrades erfolgte in Bezug zur weltweiten Gesamtverbreitung der Arten, welche sich grösstenteils auf den europäischen Raum beschränkt.

Bestimmung der Priorität

Für die Bestimmung der Priorität wurde das Standardverfahren angewendet (Tab. 6). Die für Priorität 1 notwendige Punktezahl (6 Punkte) erreichte keine Schweizer Art.

Anpassung der Priorität aufgrund von Expertenwissen:
Die Wechselkröte (*Bufo viridis*, in der Roten Liste als «RE» eingestuft) wurde in der Liste der National Prioritären Arten nicht berücksichtigt, da für diese Amphibienart in der Schweiz seit mehr als 100 Jahren kein Nachweis zu einem natürlichen Vorkommen vorliegt. Im Falle einer natürlichen Einwanderung würde diese Art die Priorität 1 erhalten.

3.1.6 Fische und Rundmäuler

Kenntnisstand

Aufgrund des bestehenden Kenntnisstandes konnten mit Ausnahme von 18 Arten der Gattung *Coregonus* alle Arten einzeln berücksichtigt werden. Immerhin werden in der Liste der prioritären Arten alle Felchenarten aggregiert als *Coregonus sp.* berücksichtigt, da die Kenntnisse für eine Prioritätsbestimmung der einzelnen Arten nicht ausreichen.

Gefährdung

Der Gefährdungsgrad der Fische und Rundmäuler stützt sich auf die 2017 revidierte Liste in Anhang 1 der Verordnung zum Bundesgesetz über die

Fischerei (VBGF). Bei der atlantischen Forelle (*Salmo* sp.) wurden taxonomische Anpassungen berücksichtigt. Es wird zwischen den verschiedenen Formen («Meeresforelle», «Seeforelle», «Flussforelle» und «Bachforelle») unterschieden. Ebenso wurden folgende Arten neu hinzugefügt: *Lampetra zanandreai*, *Sabanejewia larvata* und *Salvelinus profundus*.

Die Moorgrundel (*Misgurnus fossilis*) ist in beiden Listen (VBGF und NPA) zwar als «vom Aussterben bedroht» (1 bzw. CR) angegeben, muss jedoch als ausgestorben (0 bzw. RE) betrachtet werden.

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung stützt sich auf die vorausgehend beschriebenen allgemeinen Kriterien (Tab. 5). Die Einschätzung des Verantwortungsgrades erfolgte in Bezug zur europäischen Gesamtverbreitung der Arten. Die im Abschnitt Kenntnisstand genannten Arten der Gattung Coregonus sind Endemiten bzw. Teilendemiten. Da auf Artebene diese in der Praxis nicht sicher zu bestimmen, aber auf ein Gewässereinzugsgebiet begrenzt sind, wird in der Liste nur die Gattung Coregonus aufgeführt.

Bestimmung der Priorität

Für die Bestimmung der Priorität wurde das Standardverfahren angewendet (Tab. 6) und um einen Interpretationsschritt ergänzt, bei welchem die Prioritätskategorie aufgrund einer Experteneinschätzung teilweise angepasst wurde.

Anpassung der Priorität aufgrund von Expertenwissen:
Bei der nachträglichen Korrektur der Prioritätseinstufung wurden u. a. folgende Aspekte und Kriterien berücksichtigt:

- Einschätzung der zukunftsgerichteten Gefährdung; (z. B. Klimaerwärmung, Nutzungsdruck im Einzugsgebiet der Art);
- natürliche Reproduktionsfähigkeit von Populationen;
- Parallelvergleich aller Arten bezüglich Plausibilität der Prioritätseinstufung
- Expertenwissen zur aktuellen Gefährdung und zu vorhandenen Beständen.

Nachträglich höhere Einstufung (7 Arten):

- Nase *(Chondrostoma nasus)*: gleiche Einstufung wie übrige Nasenarten;
- Bachneunauge *(Lampetra planeri)*: Gefährdung höher eingeschätzt;
- Äsche *(Thymallus thymallus)*: Gefährdung höher eingeschätzt, empfindliche, durch Klimaerwärmung bedrohte Art;
- Barbe (*Barbus barbus*): Gefährdung höher eingeschätzt, Art lokal am Verschwinden;
- Hundsbarbe *(Barbus caninus)* und Südbarbe *(Barbus plebejus)*: höhere Priorität als Barbe, stärker gefährdet;
- Groppe *(Cottus gobio)*: in alpinen Fliessgewässern teilweise gefährdete Art, Smaragd-Art;

- Die «Bachform» der atlantischen Forelle (*Salmo trutta*): stark genutzte, potenziell gefährdete Art mit eingeschränkter natürlicher Reproduktion.

Nachträglich tiefere Einstufung (2 Arten):

- Agone *(Alosa agone)*: Gefährdung tiefer eingeschätzt, lokal häufige Art mit guter natürlicher Reproduktion;
- Karpfen *(Cyprinus carpio)*: Die Art wird als nicht prioritär eingestuft. Gefährdung tiefer eingeschätzt, Art mit grossen Beständen und guter natürlicher Reproduktion.

3.2 Wirbellose Tiere

Kenntnisstand

Aufgrund des teilweise ungenügenden Kenntnisstandes konnten bei den Wirbellosen nur ausgewählte Ordnungen bzw. Familien für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden (Tab. 1). Auch wenn die Wasserkäfer nicht berücksichtigt werden können, konnte *Graphoderus bilineatus*, eine Smaragd-Art, dank ausreichendem Kenntnisstand auf Expertenbasis eingestuft werden.

Gefährdung

Die Gefährdung konnte für viele Wirbellose anhand der vorliegenden offiziellen Roten Listen eingeschätzt werden. Für einige Artengruppen ohne Rote Liste kamen (neue) Publikationen mit Angaben zum nationalen Gefährdungsstatus zum Tragen. Die von den Fachleuten in diesen Dokumenten angegebene Gefährdungsstufe wurde in Punkte für den Faktor «Gefährdung» übersetzt. Der so erhaltene «offizielle» Gefährdungsgrad berücksichtigt die Häufigkeit (und Entwicklung) des Vorkommens der einzelnen Arten in der Schweiz auf der Basis der verfügbaren neueren Daten.

Hinweis: Der Begriff «neuere Daten» kann von Gruppe zu Gruppe in Abhängigkeit der Dauer ihres Lebenszyklus und/oder der Stabilität ihres Lebensraumes unterschiedlich interpretiert werden. Im Falle der Tagfalter sind das weniger als 5 bis 10 Jahre, bei den Totholzkäfern jedoch 20 bis 30 Jahre.

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung stützt sich auf die Standardkriterien gemäss Tabelle (Tab. 5). Als Bezugsraum für die Einschätzung des artspezifischen Verantwortungsfaktors diente das jeweils bekannte Verbreitungsareal der Arten.

Bestimmung der Priorität

Bei den Wirbellosen erfolgte die Prioritätsbestimmung nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6).
Tabelle 11 gibt eine Übersicht über die bei der Prioritätsbestimmung berücksichtigten Wirbellosen-Gruppen, die verwendeten Grundlagen und Kriterien und die jeweiligen Besonderheiten beim Verfahren der Prioritätsbestimmung.

Tabelle 11

Übersicht über die für die Prioritätsbestimmung berücksichtigten Wirbellosen-Gruppen und die angewendeten Kriterien bzw. Abweichungen vom Standardvorgehen

Wirbellosen-Gruppe	Kenntnisstand	Gefährdung	Verantwortung	Prioritätsbestimmung	Bemerkung zu Besonderheiten im Vorgehen bei der Prioritätsbestimmung
Schmetterlinge	T	RL, EXP	Tab. 5	S	**Kenntnisstand:** Aufgrund des unvollständigen Kenntnisstandes konnte nur ein Teil der Arten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden. Berücksichtigt wurden: Tagfalter (Rhopalocera), Dickkopffalter (Hesperidae), Widderchen (Zygenidae), Glasflügler (Sesiidae) und einige Familien von Macrolepidopteren (Bärenspinner (Arctiidae), Sichelflügler (Drepanidae), Birkenspinner (Endromidae), Glucken/Wollraupenspinner (Lasiocampidae), Wiesenspinner (Lemoniidae), Trägspinner (Lymantriidae), Zahnspinner (Notodontidae), Echte Sackträger (Psychidae), Pfauenspinner (Saturniidae), Schwärmer (Sphingidae). **Gefährdung:** Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der Roten Liste 2014 sowie auf weiteren Publikationen und Expertenwissen. Verwendet wurden im Besonderen die Publikationen der Lepidopterologen-Arbeitsgruppe (vgl. Literaturverzeichnis unter «Groupe de travail des Lépidoptéristes» 1997 und 2000).
Köcherfliegen	A	RL	Tab. 5	S	
Käfer	T	RL, EXP	Tab. 5	S	**Kenntnisstand:** Aufgrund des teilweise fehlenden Kenntnisstandes konnten nicht alle Käferfamilien berücksichtigt werden. Berücksichtigte Familien sind: Prachtkäfer (Buprestidae), Laufkäfer (Carabidae), Bockkäfer (Cerambycidae), Rosenkäfer (Cetoniidae), und Schröter (Lucanidae). **Gefährdung:** Einschätzung nach der Roten Liste 2016 sowie verschiedenen neueren Publikationen und Expertenwissen. Verwendete Publikationen sind von Luka et al. 2009 sowie Huber und Marggi 2005 und Walter et al. 2016 (vgl. Literaturverzeichnis).
Netzflügler	T	RL	Tab. 5	S	**Kenntnisstand:** Infolge des unvollständigen Kenntnisstandes wurden nur die Schmetterlingshafte (Ascalaphidae) für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt.
Steinfliegen	A	RL	Tab. 5	S	
Heuschrecken	A	RL	Tab. 5	S	
Libellen	A	RL	Tab. 5	S	
Eintagsfliegen	A	RL	Tab. 5	S	
Ruderfusskrebse (Copepoda)	T	EXP	Tab. 5	S	**Kenntnisstand:** Kenntnis- und Dokumentationsstand sind für die Ruderfusskrebse unvollständig. Für die Prioritätsbestimmung wurden 2 Arten mit endemischem Status berücksichtigt.

Wirbellosen-Gruppe	Kenntnisstand	Gefährdung	Verantwortung	Prioritätsbestimmung	Bemerkung zu Besonderheiten im Vorgehen bei der Prioritätsbestimmung
Zehnfusskrebse (Decapoda)	T	VBGF, EXP	Tab. 5	S, EXP	**Kenntnisstand:** Aufgrund des teilweise fehlenden Kenntnisstandes konnte nur ein Teil der Arten berücksichtigt werden. Berücksichtigt wurden nur die Grosskrebse (Astacidae) sowie 2 endemische Ruderfusskrebse (Copepoda). **Gefährdung:** Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der Liste in Anhang 1 der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF) sowie auf Experteneinschätzung. **Bestimmung der Priorität:** nach dem Standardverfahren. Der Edelkrebs *(Astacus astacus)* wird allerdings gemäss Experteneinschätzung nachträglich aufgestuft, da es sich um eine stark genutzte Art handelt, deren Gefährdung höher einzuschätzen ist.
Muscheln und Schnecken	A	RL	Tab. 5	S	**Kenntnisstand:** Alle Arten wurden berücksichtigt. **Gefährdung:** Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste der Weichtiere (Schnecken und Muscheln» (2012).

Legende
Kenntnisstand: A: alle Arten berücksichtigt; T: nur ein Teil der Arten berücksichtigt
Gefährdung: RL: aktuelle Rote Liste; VBGF: Verordnung zum Fischereigesetz; EXP: Expertenwissen
Verantwortung: Tab. 5: gemäss Standardvorgehen
Prioritätsbestimmung: EXP: Expertenwissen; S: Standardvorgehen

3.3 Pflanzen und Armleuchteralgen

3.3.1 Gefässpflanzen[2]

Kenntnisstand

Aufgrund des ausreichenden Kenntnisstandes konnten alle Gefässpflanzenarten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden, für die auch eine Gefährdungseinstufung gemäss der Roten Liste (2016) vorliegt. Für 99 von 1712 in der Roten Liste beurteilten Arten liegen zu wenige Kenntnisse für eine Gefährdungseinstufung vor; entsprechend wurde auch keine Prioritätsbestimmung vorgenommen.

Gefährdung

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste Gefässpflanzen, gefährdete Arten der Schweiz» (2016).

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung beruht auf dem beschriebenen Standardverfahren (Tab. 5).

Die Abschätzung der 20 %-Verbreitungslimite wie auch der Isoliertheit und des Endemismusgrades stützt sich weitgehend auf die Angaben in Eggenberg & Landolt (2006). Für gewisse Arten wurden der Arealanteil und der Endemismusgrad aufgrund neuer Verbreitungsdaten neu eingeschätzt oder

2 Die Gefässpflanzen umfassen die Samenpflanzen, Farne und Bärlappe (vgl. Strasburger 2008).

isolierte bzw. genetisch, ökologisch oder morphologisch gesehen besondere Populationen aufgrund von Experteneinschätzungen neu beurteilt. Bei den meisten der apomyktischen Arten der Gattung Alchemilla ist der Kenntnisstand der weltweiten Verbreitung ungenügend. Für die als ungefährdet eingestuften Arten musste auf eine Bestimmung der Verantwortung verzichtet werden.

Bestimmung der Priorität

Die Prioritätsbestimmung erfolgte nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6).

3.3.2 Moose

Kenntnisstand

Bei rund 90 % der Arten ist der Kenntnisstand für eine Prioritätsbestimmung genügend. Für knapp 10 % der Arten, die als «DD» eingestuft sind (98 Arten), konnte die Priorität nicht ermittelt werden. Weiterhin wurden seit der Publikation der Roten Liste (2004) zahlreiche Taxa neu gefunden bzw. neu unterschieden. Da für diese noch kein Rote-Liste-Status festgelegt wurde, konnte auch die Priorität noch nicht ermittelt werden.

Gefährdung

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste der gefährdeten Moose der Schweiz» (2004). Bei einigen von Experten und Expertinnen ausgewählten wichtigen Arten wurde die für die Gefährdungseinstufung zutreffende Punktezahl um einen zusätzlichen Punkt erhöht. Dabei handelt es sich überwiegend um sehr seltene Arten, welche in der Roten Liste der Gefährdungsstufe «VU» zugeordnet sind und gemäss IUCN-Kriterien als D2-Arten eingestuft wurden, d. h., das effektiv besiedelte Gebiet ist sehr klein oder die Anzahl Fundorte sehr gering, so dass die Population in einer sehr kurzen Zeit anfällig werden kann. Diese Arten sind in der Liste durch den Zusatz (e) gekennzeichnet.

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung beruht auf dem beschriebenen Standardverfahren (Tab. 5).

Während für Europa relativ gute Daten in den Floren vorliegen, sind Angaben aus den übrigen Kontinenten viel spärlicher und schwieriger zugänglich. Die Einschätzung des Verantwortungsgrades beruht deshalb hauptsächlich auf der Beurteilung der Verhältnisse im europäischen Raum.

Bestimmung der Priorität

Bei den Moosen erfolgte die Prioritätsbestimmung nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6).

3.3.3 Armleuchteralgen

Kenntnisstand

Aufgrund des ausreichenden Kenntnisstandes konnten alle Armleuchteralgenarten für die Prioritätsbestimmung berücksichtigt werden.

Gefährdung

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste der Armleuchteralgen der Schweiz» (2010). Für Chara filiformis, deren Vorhandensein in der Schweiz erst nach 2010 bestätigt werden konnte, wurde aufgrund neuer Kenntnisse eine nachträgliche Gefährdungseinstufung vorgenommen.

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung beruht auf dem beschriebenen Standardverfahren (Tab. 5).

Bestimmung der Priorität

Die Prioritätsbestimmung erfolgte nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6). Bezüglich ihrer Verbreitung und Priorität haben 2 Arten eine besondere Bedeutung für die Schweiz: die Striemen-Armleuchteralge *(Chara strigosa)*, eine seltene Art mit sehr disjunktem Verbreitungsgebiet in Mitteleuropa und einer endemischen Form im Schweizer Jura, und die Vielästige Glanzleuchteralge *(Nitella hyalina)*, eine in ganz Mitteleuropa seltene Art, welche früher in den grossen Schweizer Seen (Bodensee, Genfersee, Zürichsee) sehr verbreitet vorkam.

In Schweden, Deutschland und Grossbritannien wurden für einige prioritäre Armleuchteralgenarten Aktionspläne erarbeitet. In Schweden werden dabei die Aktionsprogramme zusammen mit denjenigen für die Amphibien und die Wasserpflanzen koordiniert. Aus den bestehenden Programmen könnten wertvolle Umsetzungshinweise zu den nationalen Prioritätsarten in der Schweiz entnommen werden.

3.4 Flechten und Pilze

3.4.1 Flechten

Kenntnisstand

Die Rote Liste der baum- und erdbewohnenden Flechten der Schweiz (Scheidegger et al. 2002) behandelt 786 von insgesamt 1795 in der Schweiz nachgewiesenen Flechtenarten (Clerc & Truong 2012). Die grosse, schätzungsweise 1200 Arten umfassende Gruppe der auf Gestein- und Totholz siedelnden Flechten ist in der Roten Liste nicht bearbeitet. Aufgrund des ungenügenden Kenntnisstandes dieser Gruppe konnten nur die baum- und erdbewohnenden Flechten der Schweiz in die Prioritätsbestimmung einbezogen werden.

Gefährdung

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste der gefährdeten baum- und erdbewohnenden Flechten der Schweiz» (2002).

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung beruht auf den vorausgehend beschriebenen Standardkriterien (Tab. 5).

Als Bezugsraum für die Einschätzung der Verantwortung gilt der europäische Raum (ohne Makaronesien), da der schweizerische Anteil an der weltweiten

Population für Flechten schwierig anzuwenden ist. Weil auch die Kenntnisse über das europäische Verbreitungsareal vieler Krustenflechten lückenhaft sind und nicht flächendeckend vorliegen, wurde die Einschätzung der Verantwortung entsprechend konservativ vorgenommen.

Bestimmung der Priorität

Bei den Flechten erfolgte die Prioritätsbestimmung nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6).

3.4.2 Pilze

Kenntnisstand

Aufgrund des teilweise ungenügenden Kenntnisstandes (Tab. 1) konnten von den Pilzen nicht alle Klassen und Ordnungen für die Prioritätsberechnung berücksichtigt werden. Insbesondere von den Ordnungen der Kleinpilze (wie Rostpilze, Kernpilze usw.) fehlt jegliche Einstufung. Selbst bei den Grosspilzen, welche für die Ausarbeitung der Roten Liste 2007 evaluiert wurden, mussten 2004 Arten aufgrund eines ungenügenden Kenntnisstandes (IUCN-Kategorie DD) bei der Prioritätsbestimmung ausgeschlossen werden. Von den geschätzten 15 000 einheimischen Pilzarten konnten schliesslich nur 2956 evaluiert werden, darunter die Lamellenpilze (Agaricales), die Röhrlinge (Boletales), die Bauchpilze (Gasteromycetes), die Porlinge, Stachelpilze und Verwandte (Aphyllophorales s.l.) sowie die grossfrüchtigen Becherpilze (Pezizales und Helotiales p.p.).

Die Einschätzung des Gefährdungsgrades basiert auf der «Roten Liste Grosspilze – gefährdete Arten der Schweiz» (2007).

Verantwortung

Das Vorgehen für die Bestimmung der Verantwortung beruht auf den vorausgehend beschriebenen allgemeinen Kriterien (Tab. 5). Berücksichtigt wurde die jeweils bekannte weltweite Gesamtverbreitung der Arten. Es existieren zwar wenig kartografische Darstellungen, jedoch bestehen zahlreiche Angaben aus nationalen Pilzfloren (z. B. Skandinavien, Russland, Japan, USA) und Publikationen mit Literaturangaben aus der ganzen Welt, zumindest aus der nördlichen Hemisphäre, beispielsweise Krieglsteiner (2000). Streng endemische Grosspilzarten scheinen kaum zu existieren. Bei Endemiten des Alpenraumes wurde analog zu den Gefässpflanzen der Arealanteil der Schweiz gewichtet.

Bestimmung der Priorität

Bei den Grosspilzen erfolgte die Prioritätsbestimmung nach dem beschriebenen Standardverfahren und der allgemeinen Berechnungsskala (Tab. 6).

4 Prioritäre Arten im Überblick

4.1 Umfang und Anpassungen der Priorität der Liste der National Prioritären Arten 2019

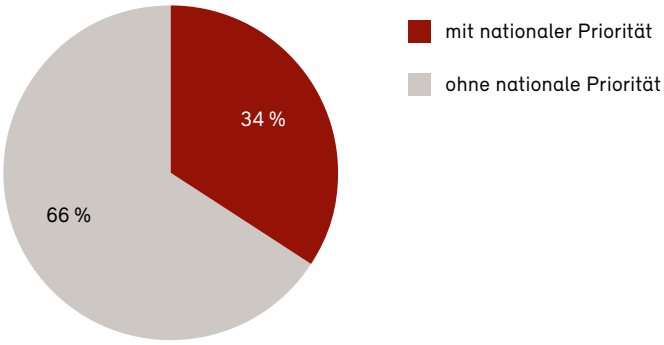
Vorgehen bei der Auswahl prioritärer Arten

Die Anzahl der in der Schweiz vorkommenden Arten wird von Artenexperten auf 64 000 geschätzt. Davon sind 45 890 bekannt. Einheimische, wild lebende oder angesiedelte Arten (davon ausgeschlossen sind gebietsfremde Arten) werden in den Roten Listen beurteilt (zurzeit rund 10 700 Arten). Davon als prioritär eingestuft werden 3665 Arten. Von den rund 10 700 evaluierten Arten haben somit 34 % eine nationale Priorität (Abb.1).

Abbildung 1

Anteil der national prioritären Arten

Prozentualer Anteil der national prioritären Arten an der berücksichtigten Gesamtartenzahl.



Vergleich 2011 und 2019 Anzahl Arten pro Organismengruppe

Im Vergleich zur ersten Ausgabe 2011 sind aufgrund neuer Erkenntnisse Arten dazugekommen oder sie wurden von der Liste gestrichen (neue Erkenntnisse im Bereich Artenschutz siehe Kap. 1.1). Die Liste von 2011 umfasste 3606 Arten, und die Liste von 2019 umfasst 3665 Arten. Folglich sind 2019 netto 59 Arten dazugekommen. Zuwachs an neuen Arten erfuhren die Landschnecken und Grossmuscheln, die Gefässpflanzen sowie die Käfer.

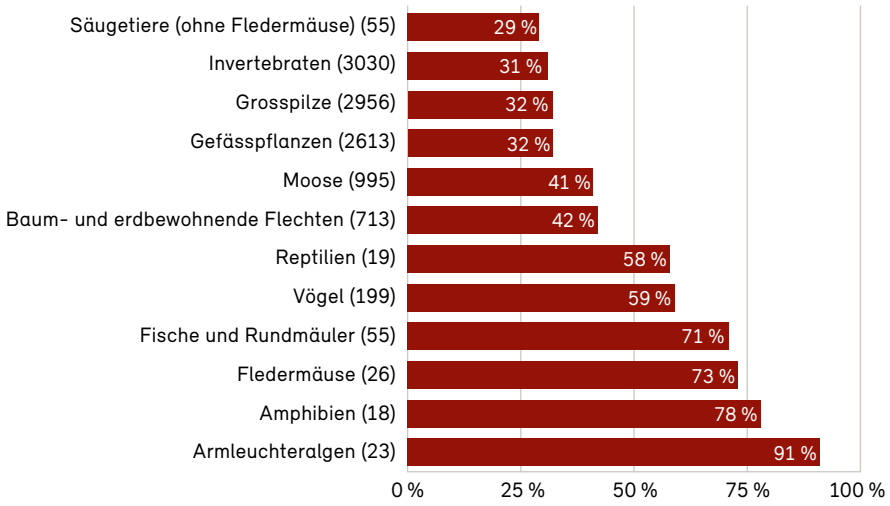
Anzahl prioritäre Arten pro Organismengruppe

Abbildung 2 verdeutlicht die Anzahl national prioritärer Arten pro Organismengruppe. Die Aufteilung dieser Gruppen richtet sich nicht allein nach der Systematik, sondern auch nach den bestehenden Kreisen von Expertinnen bzw. Experten und nach vorhandenen Fachkenntnissen. So werden z. B. die Fledermäuse getrennt von den Säugetieren behandelt und aufgeführt.

Abbildung 2

Anteil der national prioritären Arten pro Organismengruppe

Prozentualer Anteil und Anzahl bewerteter Arten pro Gruppe in Klammern. Alle Invertebraten sind zu einer Gruppe zusammengefasst.



Anteile der Prioritäts-kategorien 1 bis 4

9 % der national prioritären Arten sind der Prioritätskategorie 1 und 21 % der Prioritätskategorie 2 zugeordnet; zusammen umfassen sie 1080 Arten (30 %). Die Prioritätskategorie 3 umfasst 30 % der Arten, die Prioritätsstufe 4 40 %. Fast ein Drittel der national prioritären Arten hat somit eine sehr hohe oder hohe Priorität, 70 % weisen eine mittlere oder mässige Priorität auf (Abb. 3).

Abbildung 3

Verteilung der national prioritären Arten

Prozentualer Anteil der national prioritären Arten pro Prioritätskategorie (ohne nicht brütende Gastvogelarten).

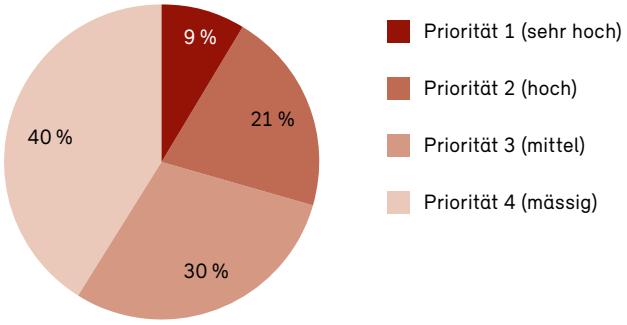
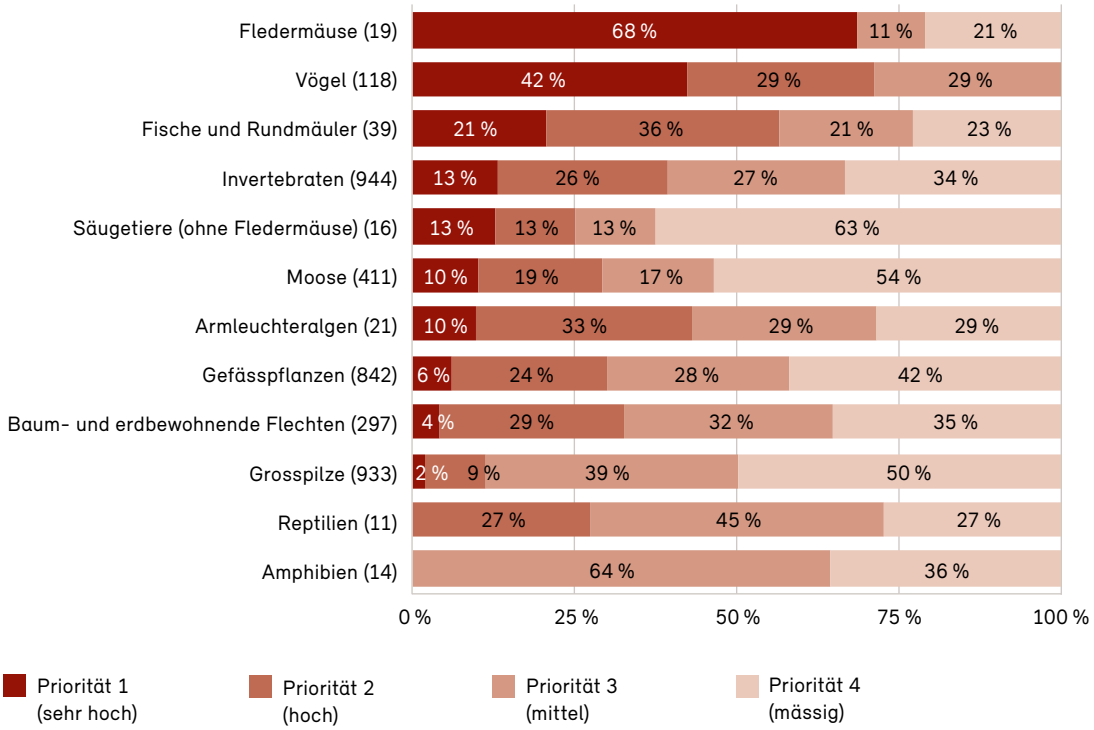


Abbildung 4 verdeutlicht die Prozentanteile der Prioritätskategorien pro Organismengruppe.

Abbildung 4

Verteilung der nationalen Priorität der Arten nach Organismengruppe

Prozentualer Anteil der national prioritären Arten pro Prioritätskategorie (ohne nicht brütenden Gastvogelarten). Total der Arten pro Gruppe ist in Klammern angegeben. Alle Invertebraten sind zu einer Gruppe zusammengefasst.



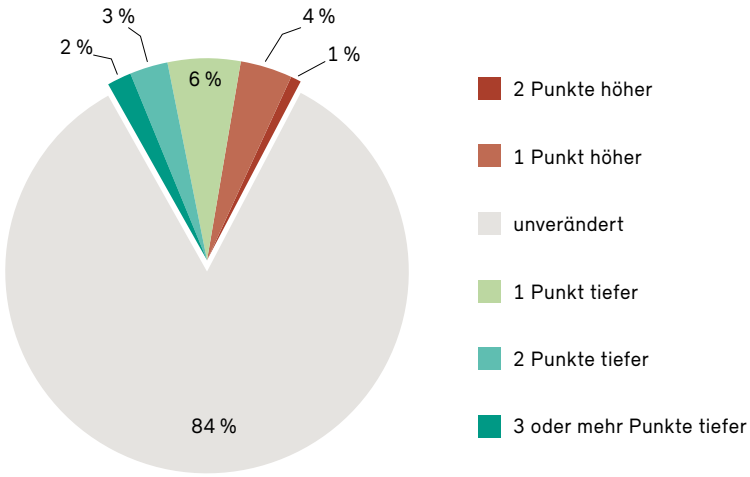
Vergleich Prioritäts-einstufung 2011 und 2019

Seit 2011 hat sich die Priorität der einzelnen Organismengruppen kaum verändert (Abb. 5). Trotz nomenklatorischer oder taxonomischer Änderungen konnte die Mehrheit der Arten für den Prioritätenvergleich zwischen 2011 und 2019 verwendet werden. Änderungen sind vor allem bei Arten mit neuen Roten Listen erfolgt, so bei den Gefässpflanzen, den Käfern, den Schmetterlingen und den Armleuchteralgen. Insgesamt wurde bei 16 % der Arten eine Änderung der Prioritätseinstufung vorgenommen. Dabei wurden 11 % der Arten tiefer eingestuft und 5 % höher (Abb. 5).

Abbildung 5

Änderungen der Prioritätseinstufung im Vergleich 2011* und 2019

Neue Arten sowie Arten mit taxonomischen Änderungen wurden ausgeschlossen.



* Version Stand 01.02.2013 *www.bafu.admin.ch > Thema Biodiversität > Publikationen und Studien > Rote Listen: Gefährdete Arten der Schweiz*

Neben den Änderungen der Prioritätseinstufung wurden weitere Kategorien aktualisiert, unter anderem den Massnahmenbedarf für 16 % der Arten. Die meisten dieser Änderungen betreffen die Gefässpflanzen, Mollusken und Vögel.

Vergleich 2011 und 2019 weitere Änderungen aufgrund neuer Roter Listen

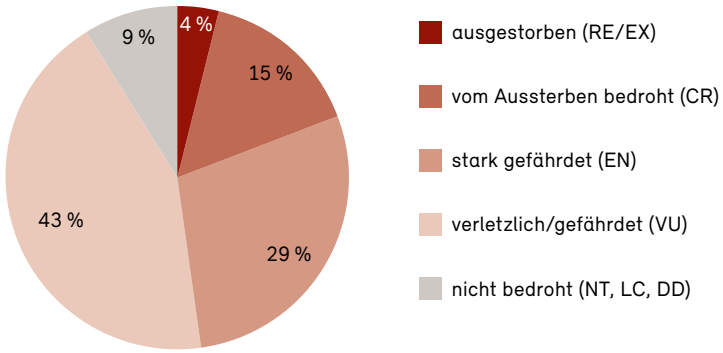
4.2 Gefährdung der prioritären Arten

Abbildung 6 verdeutlicht den Anteil der Rote-Liste-Kategorien innerhalb der national prioritären Arten.

Abbildung 6

Gefährungsstatus der national prioritären Arten

Prozentualer Anteil der national prioritären Arten pro Rote-Liste-Kategorie (IUCN).



87 % der insgesamt 3665 national prioritären Arten sind bedroht (Rote-Liste-Kategorien 1/CR, 2/EN, 3/VU), und 4 % gelten als in der Schweiz ausgestorben. Nur gerade 9 % der prioritären Arten sind als «potenziell gefährdet» und «ungefährdet» eingestuft.

4.3 Verantwortung für prioritäre Arten

Für rund 10 % der national prioritären Arten trägt die Schweiz die alleinige Verantwortung (sehr hohe Verantwortung) bzw. eine hohe Verantwortung (Abb. 7), weil das Verbreitungsareal der betroffenen Arten auf die Schweiz beschränkt bzw. eng begrenzt ist (für die Schweiz endemische bzw. teilendemische Arten, siehe Tschudin et al. 2017). Für den Grossteil der Arten teilt sich die Schweiz die Verantwortung mit benachbarten Ländern (90 % mittlere bis geringe Verantwortung).

Abbildung 7

Verantwortung für national prioritäre Arten

Prozentualer Anteil (gerundet) der national prioritären Arten pro Verantwortungskategorie.

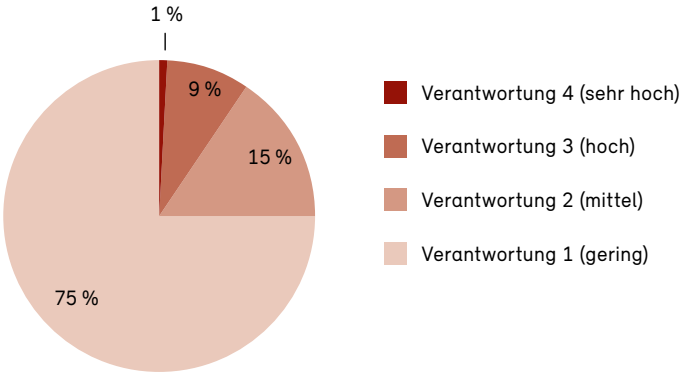
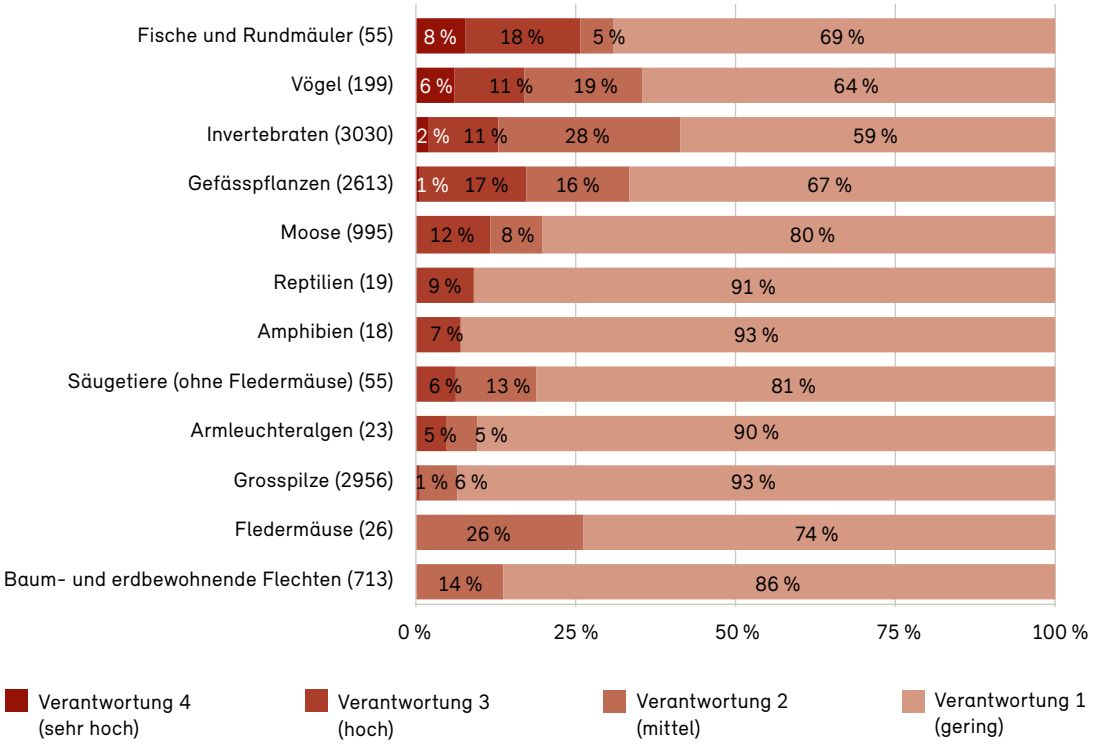


Abbildung 8 verdeutlicht die Anteile der Verantwortungskategorien pro Organismengruppe, wobei die Invertebraten zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Es sei noch darauf hingewiesen, dass bei den Vögeln bei der Bestimmung der Verantwortung ein etwas abweichendes Verfahren angewandt wurde, verglichen mit den restlichen Organismengruppen (Kap. 3.1.1).

Abbildung 8

Verantwortung für alle Arten nach Organismengruppe

Prozentualer Anteil (gerundet) der Arten mit Verantwortung; Anzahl bewerteter Arten pro Gruppe in Klammern. Alle Invertebraten sind zu einer Gruppe zusammengefasst. Bei den Vögeln sind alle Gastvogelarten enthalten.



4.4 Massnahmenbedarf für prioritäre Arten

Für rund 90 % der national prioritären Arten ist eine Angabe zum bestehenden Massnahmenbedarf vorhanden. Für 9 % ist der Massnahmenbedarf zurzeit nicht beurteilbar (Abb. 9).

Nach den Einschätzungen der Experten besteht für 22 % der national prioritären Arten ein klarer Massnahmenbedarf im Sinne von auf die Art ausgerichteten Massnahmen wie beispielsweise Artenförderungsprogramme. Für 40 % ist der Massnahmenbedarf unsicher, allenfalls genügen hier bereits allgemeine Biotopschutz- bzw. -fördermassnahmen. Für fast ein Drittel (29 %) der prioritären Arten sind nach heutiger Einschätzung zurzeit keine Massnahmen notwendig.

Abbildung 9

Massnahmenbedarf für national prioritäre Arten

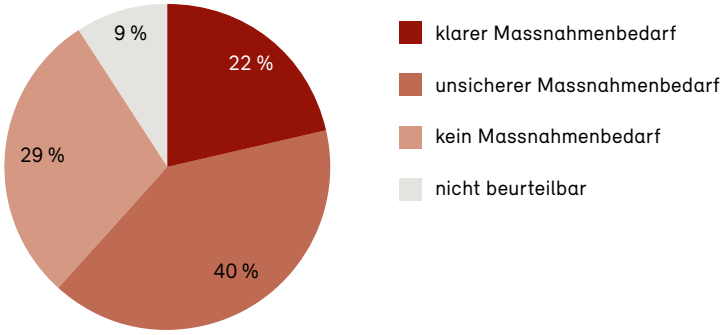
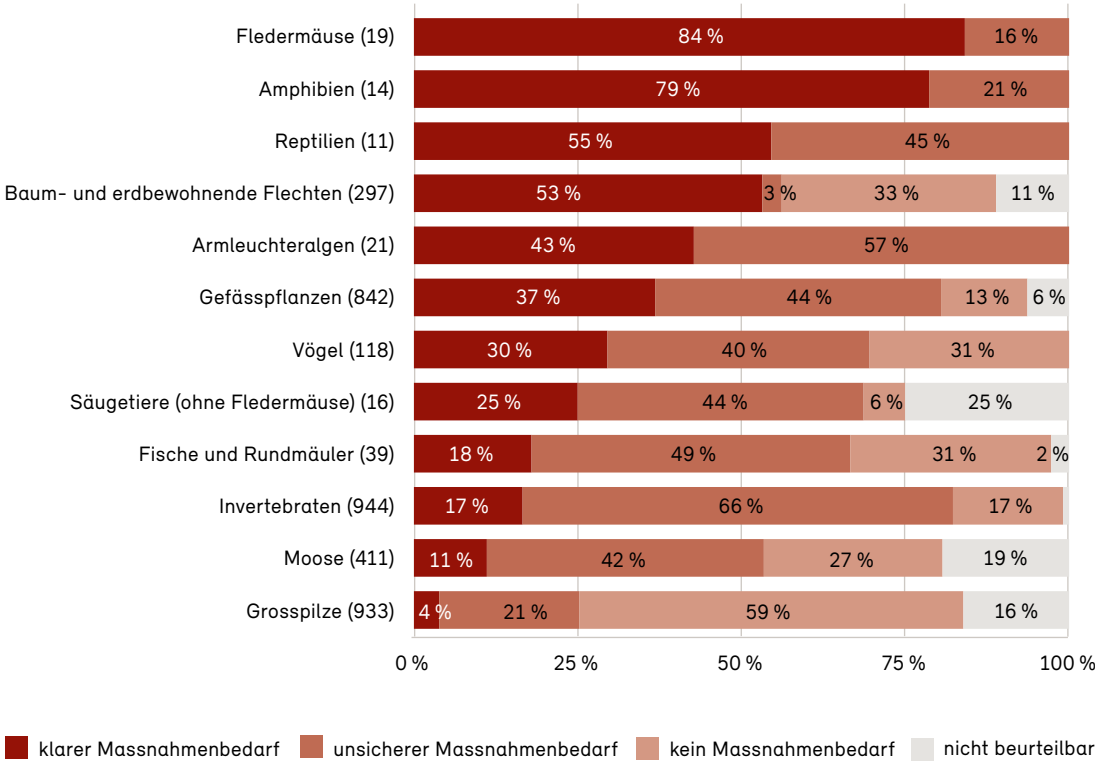


Abbildung 10 verdeutlicht die Anteile des Massnahmenbedarfs pro Organismengruppe.

Abbildung 10

Massnahmenbedarf für national prioritäre Arten nach Organismengruppe

Anzahl prioritärer Arten pro Gruppe in Klammern. Alle Invertebraten sind zu einer Gruppe zusammengefasst.



4.5 Lebensräume der prioritären Arten

Für fast alle der 3665 national prioritären Arten liegen bereits Expertenangaben zu den Lebensraumtypen nach Delarze et al. (2015) vor, in welchen die Arten vorkommen. Rund 30 % der prioritären Arten sind 2 oder mehr Lebensraumbereichen zugeordnet.

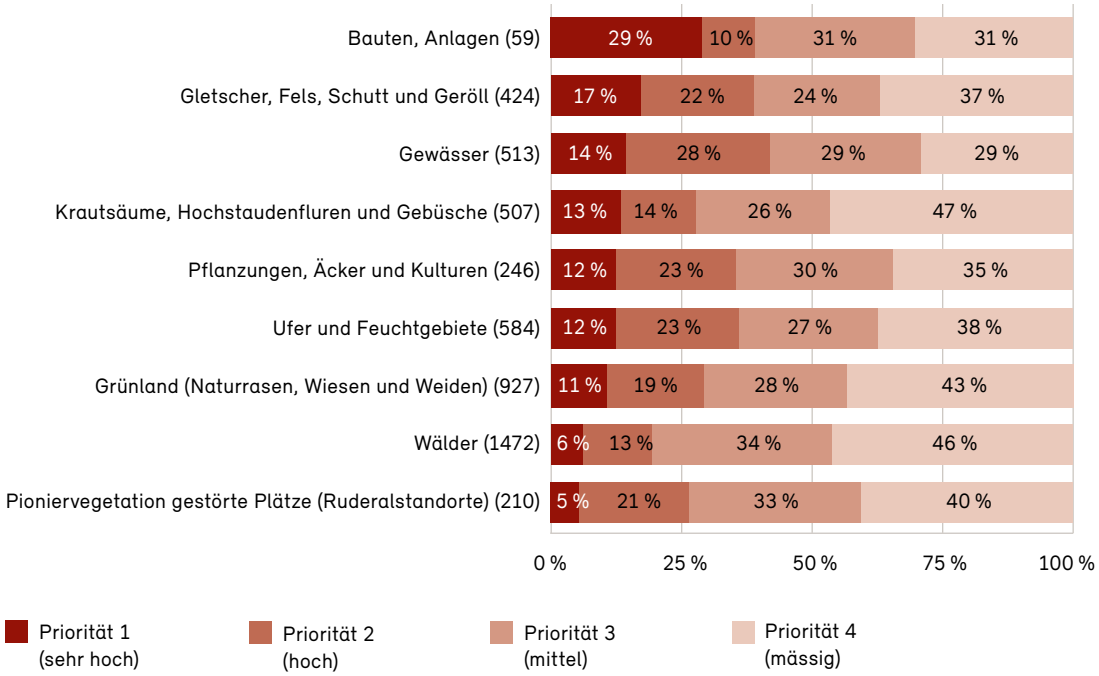
Für die nachfolgende Grafik wurden diese Lebensraumangaben nach den übergeordneten 9 Lebensraumbereichen gemäss Delarze et al. (2015) zusammengefasst und der Anteil der Arten pro Prioritätskategorie dargestellt (Abb. 11). Im Lebensraum «Bauten, Anlagen» finden sich gehäuft Arten mit Priorität 1, was auf die grosse Anzahl der Fledermäuse in diesem Lebensraum zurückzuführen ist.

Die Lebensraumzuordnungen der prioritären Arten können der digitalen Liste entnommen werden *(www.bafu.admin.ch/uv-1709-d).*

Abbildung 11

Anteil der national prioritären Arten pro Lebensraumbereich

In Klammern die Anzahl prioritärer Arten pro Lebensraumbereich nach TypoCH (Delarze et al. 2015).



5 Liste der National Prioritären Arten

Die digitale Liste ist Teil dieser Volzugshilfe und gruppiert nach den einzelnen Organismengruppen. Sie enthält für jede Art Informationen, die im Teil I, Kapitel 2.6 detailliert sind. Nützliche Synonyme bzw. Namen, die nicht mehr aktuell sind, aber beispielsweise in Roten Listen gefunden werden, sind in der digitalen Liste in einer separaten Spalte aufgeführt.

Legende: **Priorität:** 1 sehr hoch; 2 hoch; 3 mittel; 4 mässig; Gastvögel/visiteurs: 2g/v hohe, 3g/v mittlere Priorität

Gefährdung: 0 ausgestorben; 1 vom Aussterben bedroht; 2 stark gefährdet; 3 gefährdet; 4(a/b) potenziell gefährdet; EX/RE ausgestorben; CR vom Aussterben bedroht; CR(PE) verschollen, vermutlich in der Schweiz ausgestorben; EN stark gefährdet; VU verletzlich; NT potenziell gefährdet; LC nicht gefährdet; DD ungenügende Datenlage; R sehr seltene Art, keine aktuelle Gefährdung; n nicht gefährdet; (e) Experteneinschätzung

Verantwortung: 4 sehr hoch; 3 hoch; 2 mittel; 1 gering; 0 keine Verantwortung; Gastvögel/visiteurs: 4g/v sehr hohe, 3g/v hohe, 2g/v mittlere internationale Verantwortung

Massnahmenbedarf: 2 klarer Massnahmenbedarf; 1 Massnahmenbedarf unsicher; 0 kein Massnahmenbedarf; 99 Massnahmenbedarf (derzeit) nicht beurteilbar

Siehe unter: *www.bafu.admin.ch/uv-1709-d* oder unter *www.bafu.admin.ch > Thema Biodiversität > Fachinformationen > Zustand > Arten*

6 Prioritäre Arten und klarer Massnahmen-bedarf

Arten mit klarem Massnahmenbedarf sind auf Artenförderungsprogramme oder -projekte oder auf die Art ausgerichtete Biotopunterhalts- oder -aufwertungstätigkeiten angewiesen. Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über mögliche artspezifische Massnahmen pro Organismengruppe. Es handelt sich um (nicht abschliessende) Auflistungen von nötigen Eingriffen, jedoch fehlen begleitende Massnahmen wie:

- Monitoring;
- Öffentlichkeitsarbeit;
- Begleitung mit Artenspezialisten;
- Einbezug und Absprache mit weiteren Stakeholdern (Grundbesitzer, Landwirte, Liegenschaftsbesitzende, lokale Behörden, Gespräche und Veranstaltungen);
- Überwachung von bestehenden Populationen und Sicherung des Unterhalts (Schutzverträge), welche oftmals Teil der Umsetzung sind und die aufgelisteten Eingriffe begleiten.

6.1 Fledermäuse

Arten: *Rhinolophus ferrumequinum, Rhinolophus hipposideros, Myotis myotis* etc.

Beschreibung des Anspruches und der betroffenen Strukturen	**Gebäude, welche als Tagesschlafverstecke und Jungenaufzucht genutzt werden. Die Arten sind auf ein stabiles Mikroklima, Hängeplätze und Fassadenspalten sowie auf Einschlupföffnungen angewiesen.**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/Optimierung des Mikroklimas	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · keine zusätzliche Lüftungselemente einbauen · auf Einbau eines Zwischendaches verzichten · Blechdach statt Ziegeldach · Firstziegel vermörteln (sofern nicht als Einschlupfloch genutzt) · Öffnungen nach aussen verschliessen (sofern nicht als Einschlupfloch genutzt)
Erhaltung/Optimierung der Hängeplätze/ Fassadenspalten	Nutzung des Dachstockes durch den Menschen minimieren auf Eingriffe (Entfernen von Holzbanken, Holzlatten, Rauverputz usw.) verzichten bereits genutzte Hängeplätze wieder einbauen (falls sie zwischenzeitlich entfernt werden müssen) keine bestehenden Fassadenhohlräume (Zwischendach, Storenkasten, Blechabdeckung, Holzverschalungen usw.) auffüllen ungiftige Holzschutzmittel gemäss Holzschutzmittelliste Fledermausschutz einsetzen *(www.fledermausschutz.ch/pdf/Holzschutzmittelliste.pdf)* bei Neueinbau von Elementen raue Oberflächen bevorzugen (z. B. bei Holzlatten, -balken) raue Verputze verwenden am Flachdach ausreichend hohe Metallabdeckungen verwenden

6.2 Vögel

Arten: *Dendrocopos medius, Picus canus*

Beschreibung des Anspruches und der betroffenen Strukturen	**Morsches und stehendes Totholz (mindestens 15 cm Durchmesser); wird für Bruthöhlen und zur Nahrungssuche benötigt.**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/ Optimierung des Totholzes	Beispiele für artspezifische Massnahmen: insbesondere in Eichenwäldern oder anderen artenreichen Laubwäldern stehendes Totholz erhalten und die toten Bäume bis zum Zerfall stehen lassen Habitatbäume fördern und stehen lassen

6.3 Reptilien

Arten: *Coronella austriaca, Lacerta agilis* etc.

Beschreibung des Lebensraumes und des ökologischen Anspruches	**Wald, Gebüsch, Block- und Blockschutthalden, Felsfluren für Sonnen- und Versteckplätze, Winterquartiere, Eiablageplätze an Waldrändern, in Feuchtgebieten, Park- und Gartenanlagen, Gärtnereien**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/ Optimierung des Jahreslebensraumes	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · ausreichende Besonnung von Block- und Blockschutthalden sowie von Felsfluren mit östlicher, südlicher oder westlicher Exposition sicherstellen · Mikroklima durch ausreichenden Lichteinfall erhalten oder verbessern · Blockschutthalde an einem verwaldeten Standort in Zusammenarbeit mit Kanton (Amt für Wald), Revierförster und Waldeigentümern auflichten
Erhaltung/ Optimierung von Eiablageplätzen	· Angebot an Eiablageplätzen in Form geeigneter Haufen aus organischem, verrottendem Material optimieren · mikroklimatische Parameter (Temperatur, Feuchtigkeit) sicherstellen · geeigneten Eiablageplatz aus Gartenkompost im Randbereich eines Gartenbaubetriebs anlegen und bewirtschaften · Schnittguthaufen im Rahmen von Pflegeeingriffen in einem Feuchtgebiet anlegen und bewirtschaften
Erhaltung/ Optimierung von Sonnen- und Versteckplätzen	· magere, lückige Vegetation sowie Altgrassäume und -inseln als Lebensraumelemente erhalten · Gebüsche und Gehölze nur inselartig aufkommen lassen und regelmässig auf den Stock setzen · Mahd von Strassenböschungen anpassen · maximale Schnitthöhe, Altgrassäume und Inseln stehen lassen bzw. im Rotationsverfahren nur alle 2 bis 3 Jahre mähen · eventuell Asthaufen bei der Gehölzpflege neu anlegen

6.4 Amphibien

Art: *Alytes obstetricans*

Beschreibung des Anspruches und der betroffenen Strukturen	**Verschiedene Gewässertypen wie temporäre, grossflächige Überflutungsflächen, Tümpel, kleine Stillgewässer, Kleinstgewässer, Pfützen, Seeufer, Waldbäche, Flüsschen. Es sollen Quellpopulationen erhalten, neue Fortpflanzungsgewässer geschaffen und kleine Bestände vernetzt werden.**
Ziel der Massnahmen: Neuschaffung von Fortpflanzungsgewässern	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · Neue Standorte sollen in erreichbarer Distanz zu bestehenden Vorkommen (< 1,5 km) sein. · Bevorzugte Standorte haben idealerweise bereits ein natürliches Gewässerpotenzial (staunasse Stellen, natürliche Wasserspeisung). Begehungen und Konsultation von Vegetationskarten sind empfohlen. · Baubewilligung für Gewässererstellung bei Gemeindeverwaltung abklären · Altlastenkataster konsultieren · Grundwasserschutzzonen abklären und Standort vor Ort besprechen · Verstecke für Larven, teilweise am Ufer (Lückensystem zwischen Steinen oder Fels, Wurzeln, Geröll, herabhängender Vegetation, Unterwasservegetation usw.), müssen je nach Gewässertyp sichergestellt sein. · Gewässer müssen frei von Fisch- und Entenzuchten sein. · Zuwachs verhindern · Ausstiegsmöglichkeiten sicherstellen

6.5 Fische

Arten: *Chondrostoma nasus, Lampetra planeri, Thymallus thymallus* etc.
(Quelle: Förderung der litho-rheophilen Fischarten der Schweiz)

Beschreibung des Lebensraumes und des ökologischen Anspruches	**Uferstrukturen, Flachwasserzonen und Raubbäume sind wichtig für die Entwicklung der Larven. Umgehungsgewässer machen Wehranlagen und Querbauwerke passierbar und bieten Ersatzlebensräume.**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/ Optimierung von Flachwasserzonen und Schaffung von Raubbäumen	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · Standort evaluieren und mögliche Konfliktpotenziale (Uferstabilität, Hochwasserschutz) abklären · Uferböschung abtragen und Flachwasserzonen schaffen · ufernahe Bäume fällen; dabei soll die Krone so tief im Wasser liegen, dass sie auch bei Niedrigwasser eingetaucht ist · bei Bedarf den Baum mit Draht oder Kunststoffseilen sichern

Beschreibung des Lebensraumes und des ökologischen Anspruches	**Uferstrukturen, Flachwasserzonen und Raubbäume sind wichtig für die Entwicklung der Larven. Umgehungsgewässer machen Wehranlagen und Querbauwerke passierbar und bieten Ersatzlebensräume.**
Schaffung von Umgehungsgewässern	· Fischgängigkeit wiederherstellen durch Schaffung von Umgehungsgewässern · Ein- und Ausstiegsort des Umgehungsgewässers festlegen (Lockströmung beachten beim Eingang, Fischpassausgang mit genügend Abstand zur Turbine) · Linienführung in die Geländetopografie so einpassen, dass das Gefälle des Umgehungsgewässers den Zielarten angepasst ist · benötigte Dotation bestimmen und periodisch höhere Dotation vorsehen · ökologische Ansprüche der Arten in die Detailplanung des Gerinnes miteinbeziehen (Habitatsdiversität) · Erfolgskontrolle sichern · eventuell Kombination mit technischem Fischpass vorsehen · Gerinne modellieren, inklusive Einbringen von Sohlsubstrat sowie Gerinnestrukturen (Steinblöcke, Wurzelstöcke usw.)

6.6 Libellen

Art: *Leucorrhinia pectoralis*
(Quelle WWF und Aktionsplan Grosse Moosjungfer)

Beschreibung des Lebensraumes und des ökologischen Anspruches	**Kleine, gut belichtete, fischfreie Torfgewässer mit mesotrophen Verhältnissen in bewaldeten oder offenen, teilweise abgetorften und regenerierten Hochmooren, die möglichst wenig verschilft sind. Unterschiedliche Sukzessionsstadien müssen vorhanden sein.**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/Optimierung von Torfgewässer-Komplexen	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · Gewässer im Rotationsprinzip unterhalten für zeitlich-räumliches Mosaik der Sukzessionsstadien · Ufer, auch in Moorgebieten, von Schilf und beschattendem Gehölz freihalten · Teilpopulationen überwachen · Gewässer bei Verlandung regenerieren · Gehölze am Gewässerufer insbesondere bei Fischbeständen gezielt auslichten · Ganze Komplexe von mindestens 10 – 15 kleinen bis mittelgrossen Torfstichen (ca. 10 – 200 m^2) sind in frühen oder mittleren Sukzessionsstadien nötig. · Neu geschaffene Torfgewässer sollen in geringer Entfernung voneinander sein. · eventuell Fischsperren in Grabensystemen einrichten

6.7 Landschnecken und Grossmuscheln

Art: *Cochlicopa nitens*

Beschreibung des Lebensraumes und des ökologischen Anspruches	**Flachmoore und feuchte Verlandungszonen von Seen und Flussniederungen: Grossseggenbestände, Röhrichte sowie Moorweidengebüsche, zum Teil auch nasse, lockere Gebüschformationen im Ried mit periodischen Überschwemmungen**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/ Optimierung der Moosschicht oder Schaffung von Streuauflagen	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · dicke Streuschicht erhalten oder schaffen (vor allem wenn keine hohe, dauerfeuchte Moosschicht vorhanden ist) · Wasserstand erhalten · Schilf und Grossseggenbestände nicht mähen

6.8 Gefässpflanzen

Arten: Deschampsia littoralis, Myosotis rehsteineri, Baldellia ranunculoides

Beschreibung des Anspruches und der betroffenen Strukturen	**Periodisch überschwemmte, ungestörte und nährstoffarme Bedingungen an eher flachen Seeufern oder Ufern von Teichen und Gräben.**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/ Optimierung der Flächen	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · Wasserstand periodisch herabsetzen (insbesondere zwischen Juli und August) · mit den betroffenen Elektrizitätswerken Wege suchen, bei Konzessionserneuerung Anpassungen vornehmen · Camping, Picknickplätze, Wanderwege und Feuerstellen einschränken/ verbieten · neue Bootsanlegeplätze oder andere Bauten unterbinden · Bevölkerung informieren/sensibilisieren · andere Konkurrenzpflanzen mähen/ausreissen und Material entfernen
Ex-situ-Massnahmen einleiten	· Arten ex-situ erhalten (Genbank CJB-GE) · eventuelle Verstärkungen/Wiederansiedlungen

6.9 Moose

Art: *Bryum versicolor*

Beschreibung des Anspruches und der betroffenen Strukturen	**Offene Pionierstandorte in Gewässernähe in tieferen Lagen entlang von Flüssen, gelegentlich Kiesgruben und Seeufer mit sandig-kiesigen Böden in sonnigen Lagen. Ungestörte Bodenflächen werden für die Sporenbildung beansprucht.**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/ Optimierung der Flächen	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · die natürliche Dynamik der Flüsse zulassen, wo dies möglich ist · ausgewählte Abschnitte der Flüsse renaturieren · bestehende Ufereinfassungen mit Blockwurf entfernen, um neue Alluvionen mit offenen sandig-kiesigen Flächen zu schaffen · Uferbereiche durch periodische Eingriffe mit Baggern künstlich freihalten (im Abstand von 5 Jahren)

6.10 Armleuchteralgen

Art: *Nitella tenuissima*

Beschreibung des Lebensraumes und des ökologischen Anspruches	**Pionierlebensräume an Flüssen mit nährstoffarmer Wasserführung sind zu erhalten oder wiederherzustellen.**
Ziel der Massnahmen: Erhaltung/ Optimierung der Pionier-lebensräume an Gewässern und der physikalischen und chemischen Qualität des Wassers	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · Wiederherstellung auf ehemalige Fundstellen priorisieren · neues Substrat einsetzen, um dichte Vegetation zu entfernen · verschiedene Stadien der Anlandung neu schaffen und erhalten (abhängig von regelmässiger Wartung) · Einleitung von mit Nährstoffen belastetem Wasser verhindern · breite Pufferzonen erstellen, um den Einfluss von landwirtschaftlicher Entwässerung zu verhindern · extensive Landwirtschaft in Wassereinzugsgebieten und in der Nähe von Wasserkörpern fördern

6.11 Pilze

Art: *Hygrocybe calyptriformis*

Beschreibung des Lebensraumes und des ökologischen Anspruches	**Sömmerungsweiden auf sauren, nährstoffarmen Böden vom Typ Cynosurion, Nardion, moosreich. Erhaltung der bestehenden Strukturen, extensive Beweidung, Überwachung der Verbuschungsgefahr sowie eventuelle Gegenmassnahmen.**
Ziel der Massnahmen: Schaffung neuer Strukturen	Beispiele für artspezifische Massnahmen: · Flächen auszäunen · kein Kunstdünger auf diesen Flächen · Stallmist kann in geringen Mengen ausgetragen werden. · keine Herbizide einsetzen · mechanische Störungen (Fahrrinnen bei nassem Wetter) unterlassen · extensive Beweidung; nach dem Weidegang müssen lückige Stellen vorhanden sein · Höhe der Gräser im Herbst gering halten · Verbuschungsgefahr überwachen, eventuell Gegenmassnahmen treffen

Teil II:
Prioritäre Lebensräume der Schweiz

Teil der Vollzugshilfe Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume

Der zweite Teil der vorliegenden Publikation behandelt die Liste der National Prioritären Lebensräume, die das BAFU erstmals herausgibt. Grundlage dazu bot der technische Bericht (Delarze et al. 2013) und die Rote Liste der Lebensräume der Schweiz (Delarze et al. 2016), die ebenfalls auf der Website BAFU aufgeschaltet sind.

1	**Bedarf und Kontext der national prioritären Lebensräume**	**63**
2	**Kenntnisstand und Auswahl der Lebensraumeinheiten**	**65**
3	**Verfahren zur Bestimmung der Priorität**	**67**
3.1	Gefährdung	67
3.2	Verantwortung	71
3.3	Herleitung der Priorität	72
3.4	Angaben zum Massnahmenbedarf	73
4	**Prioritäre Lebensräume im Überblick**	**75**
4.1	Umfang der Liste und Prioritätskategorien	75
4.2	Gefährdung der prioritären Lebensräume	79
4.3	Verantwortung für prioritäre Lebensräume	81
4.4	Massnahmenbedarf für national prioritäre Lebensräume	82
5	**Liste der National Prioritären Lebensräume**	**85**

1 Bedarf und Kontext der national prioritären Lebensräume

Bedarf nationale Rote Liste der Lebensräume und Liste der National Prioritären Lebensräume

Weil Bund und Kantone bei der Erfüllung ihrer Aufgaben eine offizielle Referenz brauchen, ist die Nachfrage nach einer nationalen Roten Liste, erstellt nach internationalen Standards, gross. Der Nachfrage sind Bund und Expertengruppe mit der Veröffentlichung der Gefährdungseinstufungen der Lebensräume in Delarze et al. 2016 nachgekommen, die das BAFU als offizielle Rote Liste der Lebensräume der Schweiz anerkennt (siehe Impressum in vorliegender Vollzugshilfe). Der Rote-Liste-Status der Lebensräume stellt zudem eine wesentliche Grundlage für die Einstufung der national prioritären Lebensräume dar. Gemäss Strategie Biodiversität Schweiz (BAFU 2012) ergänzt die Liste der National Prioritären Lebensräume diejenige der National Prioritären Arten. Die national prioritären Lebensräume bezeichnen schützenswerte Lebensräume und geben den Handlungsbedarf auch ausserhalb von Schutzgebieten an. Die national prioritären Lebensräume sind wichtige Orientierungshilfen für den Aufbau der ökologischen Infrastruktur zur langfristigen Erhaltung der Biodiversität gemäss obgenannter Strategie.

Internationale Abkommen

Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass die Schweiz aufgrund internationaler Abkommen dazu verpflichtet ist, natürliche sowie naturnahe – insbesondere die als schützenswert bezeichneten – Ökosysteme und Lebensräume, worunter die national prioritären Lebensräume fallen, zu erhalten, wenn nötig aufzuwerten und regelmässig über deren Zustand zu berichten. Als Beispiel ist das Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (Berner Konvention; SR 0.455) zu nennen, welches die Grundlage für das Smaragd-Netzwerk bildet. Dieses gesamteuropäische Netzwerk von Schutzgebieten soll gefährdete Tier- und Pflanzenarten sowie Lebensräume (Resolutionen 4 – 6) schützen.

Vollzugsebene

Die Einteilung der Lebensräume orientiert sich grundsätzlich an der Lebensraumtypologie der Schweiz (gemäss TypoCH-Klassifizierung des Referenzwerkes Lebensräume der Schweiz von Delarze et al. 2015). Auch wenn die Einteilung der Lebensraumtypen grundsätzlich auf Ähnlichkeiten bezüglich Aussehen und Ökologie basiert, entsprechen sie – wenn von Pflanzen geprägt – in den meisten Fällen der Stufe des pflanzensoziologischen Verbandes. Beispielsweise wird bei der Kartierung von Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung die Fläche im Wesentlichen einem pflanzensoziologischen Verband zugeordnet (Eggenberg et al. 2001). Für Umsetzung, Bewertung und Erfolgskontrolle werden noch zusätzliche Fakto-

ren berücksichtigt (z. B. Verbuschungsgrad, faunistisch relevante Struktur- und Randelemente wie Waldränder, Felspartien). In der forstlichen Naturschutzpolitik wird meist das untergeordnete feinere Niveau der Pflanzengesellschaft verwendet (Keller et al. 1998 bzw. Steiger 2010). Denn für die teilweise grossflächigen Wälder (rund ein Drittel der Landesfläche) ist eine differenzierte Betrachtung der Waldgesellschaften (anstelle der übergeordneten Verbände bzw. TypoCH-Einheiten) für waldbauliche sowie ökologische Fragen unerlässlich. Entsprechend sind die Ziele und Massnahmen in der Vollzugshilfe UV-1503 des Bundesamtes für Umwelt auf der Stufe der Waldgesellschaften formuliert (Imesch et al. 2015). Dort wird auch der Handlungsbedarf pro Wirtschaftsregion im Massnahmenbereich 4 genau dargestellt. Die hier ausgewertete TypoCH-Stufe der Waldlebensräume dient in erster Linie dem Vergleich mit allen anderen Lebensraumbereichen (Gewässer, Ufer und Feuchtgebiete usw.) im selben Klassifizierungssystem. Die im Listenteil beigefügte überarbeitete Bewertung der Waldgesellschaften ersetzt diejenige von Imesch et al. 2015. Es sei hier darauf hingewiesen, dass für die Fliessgewässer parallel zur Evaluation ihrer Lebensraumtypen nach dem Klassifizierungssystem TypoCH zusätzliche Einheiten für die Vollzugsebene (Schaffner et al. 2013) beurteilt wurden (siehe Listenteil).

2 Kenntnisstand und Auswahl der Lebensraumeinheiten

Basierend auf die Empfehlungen der Machbarkeitsstudie Rote Liste Lebensräume (CSCF 2013) wurde folgendes Vorgehen für die Evaluation festgelegt:

- in der Evaluation eine den Stufen 3 und 4 der EUNIS-Systematik für Lebensräume (European Nature Information System, *eunis.eea.europa.eu*) entsprechende Lebensraumtypologie zu verwenden – was ungefähr der pflanzensoziologischen Stufe des Verbandes entspricht;
- die von der Weltnaturschutzunion (IUCN) empfohlene Evaluation der Entwicklung für die kommenden 50 Jahre nicht anzuwenden, da die Einschätzung viel zu unsicher und zufällig ausfallen würde;
- auf die Anwendung des IUCN-Kriteriums über den historischen Rückgang seit 1750 zu verzichten, da die damalige Situation nicht mit ausreichender Genauigkeit rekonstruierbar ist (siehe Kap. 3.1, Teil II).

Für eine direkte quantitative Anwendung der IUCN-Methode fehlt für die meisten Lebensraumtypen eine ausreichende Datengrundlage (z. B. ehemalige und aktuelle Flächendeckung pro Lebensraum in der Schweiz). So wurde die erste Rote Liste basierend auf existierenden Daten (und Expertenwissen) zur Einschätzung der IUCN-Kriterien erstellt (Delarze et al. 2016). Die Expertenevaluation beruht auf derzeit verfügbaren Daten über den heutigen Zustand und die Entwicklung der Lebensräume. Quantitative Angaben über die geografische Verbreitung und effektive Fläche gibt es nur wenige. Ebenso mangelt es an Kenntnissen über den qualitativen Zustand und den degradierten Flächenanteil. Grundsätzlich fehlt bis heute eine systematische Erfassung bzw. Überwachung der Lebensraumtypen und ihrer Degradationsstadien.

Insgesamt konnten 167 Lebensraumtypen eingestuft werden (Tab. 12). Die beurteilten Lebensräume entsprechen mehrheitlich den Lebensraumtypen (TypoCH) des Referenzwerks «Lebensräume der Schweiz» (Delarze et al. 2015 und vormalige Ausgabe Delarze und Gonseth 2008). Die strukturell verwandten Lebensraumtypen sind in Lebensraumgruppen und übergeordnet nach Formationen oder Landschaftsstrukturen in 8 Lebensraumbereiche eingeteilt. Die Lebensraumtypen entsprechen mehr oder weniger den Verbänden der pflanzensoziologischen Systematik oder Einheiten auf vergleichbaren

Stufen (typologische Grundeinheiten mit 3- und 4-stelligen numerischen Codes der TypoCH, zuzüglich einiger weiterer Lebensräume der EUNIS-Lebensraumsystematik mit Smaragd-Status).

Wälder und Fliessgewässer

Bei den Fliessgewässern (Lebensraumgruppe 1.2) und den Wäldern (Lebensraumbereich 6) wurden parallel zu den Lebensraumtypen nach TypoCH noch andere, für die Praxis wichtige Einheiten beurteilt (Delarze et al. 2013). Im Bereich Biodiversität im Wald ist eine differenzierte Betrachtung der Waldgesellschaften anstelle der übergeordneten Verbände für waldbauliche und ökologische Fragestellungen unabdingbar.

Tabelle 12

Lebensraumtypen pro Lebensraumbereich

167 Lebensraumtypen (TypoCH) des Referenzwerks Lebensräume der Schweiz (Delarze et al. 2015).

TypoCH	Lebensraumbereich	Anzahl Lebensraumtypen
1	Gewässer	19 (8 Stillgewässertypen und 11 Fliessgewässertypen)
2	Ufer und Feuchtgebiete	20
3	Gletscher, Fels, Schutt und Geröll	16
4	Grünland (Naturrasen, Wiesen und Weiden)	30
5	Krautsäume, Hochstaudenfluren und Gebüsche	25
6	Wälder	34
7	Ruderale Pioniervegetation	10
8	Begleitvegetation der Kulturen	13

3 Verfahren zur Bestimmung der Priorität

Die Liste der National Prioritären Lebensräume (NPL) ergibt sich aus einem Zweikomponentensystem wie für die Liste der National Prioritären Arten. Die Prioritätsstufe ist eine Kombination aus dem Gefährdungsgrad und dem internationalen Verantwortungsgrad der Schweiz für den jeweiligen Lebensraumtyp (Kap. 3.1 und Kap. 3.2 Teil II).

Die IUCN hat eine Methode für die Erstellung von Roten Listen der Lebensräume entwickelt, die sich in verschiedensten Biomen der Welt einsetzen lässt, auch in Teilen davon wie Regionen oder Ländern. Die Methode orientiert sich an derjenigen, die seit vielen Jahren erfolgreich bei Arten verwendet wird. Auch für die Schweiz ist es daher naheliegend, auch bei den Lebensräumen den IUCN-Standard einzusetzen.

Die von einer Expertengruppe durchgeführte Studie von Delarze et al. (2013) hat jedoch gezeigt, dass alle für die strikte Anwendung der IUCN-Methode notwendigen Informationen in kurzer Zeit nicht zu beschaffen oder in der Schweiz nicht vorhanden sind. Es wurde daher empfohlen, die Evaluation in 2 Etappen anzugehen: (1) Bis Ende 2013 die IUCN-Methode mehrheitlich aufgrund von Expertenmeinungen umsetzen, und (2) für die nächste Revision des Gefährdungs- und Verantwortungsstatus möglichst viele quantitative Erhebungsdaten für die Anwendung der IUCN-Kriterien bereitstellen. Analog wie für Arten wurde eine Priorisierungsmatrix erstellt und für alle Lebensräume die nationale Priorität neu berechnet, ausserdem der Massnahmenbedarf für jeden Lebensraumtyp eingeschätzt.

3.1 Gefährdung

In diesem Kapitel werden die Kriterien und das Vorgehen gemäss IUCN-Methode (Keith et al. 2013) zusammengefasst. Die Bewertungsprinzipien wie auch die verwendeten Gefährdungskategorien ähneln der Einstufung von Arten (vgl. Tab. 3 mit 14).

Tabelle 13

Kategorien der Roten Liste der Lebensräume

Grau: Bedrohte Lebensräume.

CO	Verschwunden (Collapsed)*
CR	Vom Verschwinden bedroht (Critically Endangered)**
EN	Stark gefährdet (Endangered)
VU	Verletzlich (Vulnerable)***
NT	Potenziell gefährdet (Near Threatened)
LC	Nicht gefährdet (Least Concern)
DD	Ungenügende Datengrundlage (Data Deficient)

IUCN / Keith et al. 2013

Synonyme: *Vollständig vernichtet; **Von vollständiger Vernichtung bedroht; ***Gefährdet

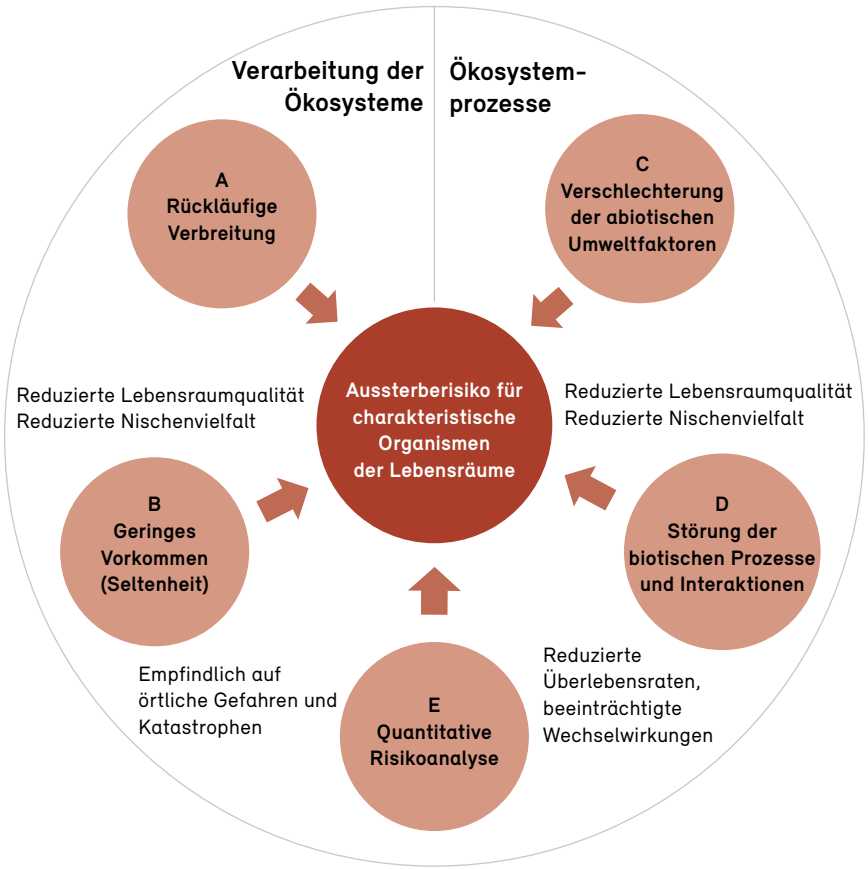
Auch die Auswahl der Kriterien zur Ermittlung der Gefährdungskategorien lässt sich grundsätzlich von den Erfahrungen aus der Bewertung von Arten ableiten. Allerdings ergeben sich für die Definition der Gefährdungskategorien auch einige Herausforderungen (insbesondere für die Kategorie «Collapsed», Boitani et al. 2014), weil sie auf Unterschiede in der Beurteilung von Arten und von Lebensräumen beruhen. Die von Keith et al. (2013) vorgeschlagenen Definitionen stützen sich auf Kriterien, die für Lebensräume geeignet, jedoch mit denjenigen bei den Arten nicht identisch sind (siehe Delarze et al. 2016). Doch solange klar definierte und identifizierbare Lebensraumtypen beurteilt werden, ergeben sich anwendbare, vergleichbare Gefährdungsabschätzungen.

Die Gefährdungsabschätzung kombiniert verschiedene quantitative und qualitative Angaben über die Situation eines Lebensraumes in Form von Kriterien (Abb. 12). Nach den Herleitungen von Keith et al. 2013 und weiteren wissenschaftlichen Abklärungen hat die IUCN die Richtlinien für die Gefährdungsabschätzung von Lebensräumen publiziert (Bland et al. 2016, siehe auch www.iucnrle.org).

Abbildung 12

Beurteilung des Risikos eines Verschwindens von Lebensräumen

Grafische Darstellung der Kriterien zur Beurteilung des Kollapsrisikos von Lebensräumen (Ökosysteen) bzw. des Aussterberisikos ihrer charakteristischen Organismen. Die Kriterien stellen zugleich Symptome und Prozesse im Mechanismus dar, die zum Kollabieren bzw. Verschwinden eines Lebensraumes (Ökosystemen) führen können (nach Keith et al. 2013, verändert).



Mit den verfügbaren Daten zu Lebensräumen werden die quantitativen Indikatoren (Kriterien) hergeleitet (siehe Kasten). Ihre Schwellenwerte entscheiden anschliessend über die Zuordnung zu einer Gefährdungskategorie eines Lebensraumes (CR – vom Verschwinden bedroht, EN – stark gefährdet, VU – verletzlich).

Gefährdungskriterien der IUCN
Gemäss IUCN (Keith et al. 2013) sind die verschiedenen Kriterien mitsamt ihren zugehörigen Unterkriterien schrittweise abzuklären. Das Kriterium bzw. Unterkriterium mit der höchsten Einstufung entscheidet jeweils über den Rote-Liste-Status des Lebensraumes. Die Kriterien werden in 5 Gruppen (A, B, C, D, E) unterteilt:

Kriterium A – Rückläufige Verbreitung
Der Rückgang der geografischen Verbreitung (Kriterium A) wird beurteilt über einen Zeitraum von 50 Jahren vor bzw. nach heute (Unterkriterien A1 bzw. A2) oder seit 1750 (historischer Rückgang, Unterkriterium A3).

Kriterium B – Geringes Vorkommen (Seltenheit)
Das Kriterium B betrifft Lebensräume mit geringer räumlicher Ausdehnung, sei es aufgrund der geringen besiedelten Fläche (Unterkriterium B1), der geringen geografischen Ausdehnung (Unterkriterium B2) oder der geringen Anzahl Fundorte (Unterkriterium B3). Diese Unterkriterien bestimmen den Gefährdungsstatus unter Berücksichtigung sowohl des qualitativen wie auch des quantitativen Rückgangs des Lebensraumes und berücksichtigen auch das kurzfristige Aussterberisiko.

Kriterium C – Verschlechterung der abiotischen Umweltfaktoren
Das Kriterium C berücksichtigt die Verschlechterung der Umweltbedingungen für einen Lebensraum (Eutrophierung, Austrocknung usw.). Wie beim Kriterium A werden dazu die letzten 50 Jahre (Unterkriterium C1), die kommenden 50 Jahre (Unterkriterium C2) und die historischen Verschlechterungen seit 1750 (Unterkriterium C3) beurteilt. Der Gefährdungsstatus resultiert aus der kombinierten Beurteilung des Schweregrades der Verschlechterung und des von der Verschlechterung betroffenen Flächenanteils (andere Schwellenwerte für C3).

Kriterium D – Störung der biotischen Prozesse und Interaktionen
Das Kriterium D betrachtet die Verschlechterung der biotischen Interaktionen innerhalb des Lebensraumes (Biodiversitätsverlust, invasive gebietsfremde Arten und Krankheiten usw.). Wie beim Kriterium A werden dazu die letzten 50 Jahre (Unterkriterium D1), die kommenden 50 Jahre (Unterkriterium D2) und die historischen Verschlechterungen seit 1750 (Unterkriterium D3) beurteilt. Der Gefährdungsstatus resultiert aus der kombinierten Beurteilung des Schweregrades der Verschlechterung und des von der Verschlechterung betroffenen Flächenanteils (andere Schwellenwerte für D3).

Kriterium E – Quantitative Risikoanalyse
Das Kriterium E resultiert aus der Abschätzung des Aussterberisikos in den nächsten 50 bis 100 Jahren aufgrund einer quantitativen Analyse.

Diese für die Schweiz erste anerkannte Rote Liste der Lebensräume beruht grösstenteils auf Expertenmeinungen verschiedener Institutionen (info fauna – CSCF, Info Flora, Agroscope, WSL, Forum Biodiversität SCNAT) und einer Reihe von privaten Expertinnen und Experten. Die Einschätzungen sollen künftig so weit wie möglich durch systematisch erhobene Daten und Analysen ersetzt werden.

3.2 Verantwortung

Bezugsraum

Die Einstufung der nationalen Priorität eines Lebensraumtyps verlangt neben dem Gefährdungsstatus auch die Angabe der Verantwortung der Schweiz für die betreffende Einheit. Für die meisten beurteilten Lebensraumtypen teilt die Schweiz die Verantwortung mit diversen anderen Ländern. Analog zu den Arten beruht das in Betracht gezogene Mass an Verantwortung auf dem Flächenanteil der Einheit in der Schweiz im Verhältnis zur restlichen Fläche in Europa (Tab. 14). Dies hat den Vorteil, dass es relativ einfach abzuleiten ist und künftige Vergleiche erleichtert.

Tabelle 14

Kategorien zur Bestimmung der Verantwortung der Schweiz für die Lebensräume

Punktezahl Faktor Verantwortung	Bedeutung	Charakterisierung
4	sehr hohe Verantwortung	Hauptareal in der Schweiz
3	hohe Verantwortung	> 50 % der Gesamtfläche in der Schweiz im Verhältnis zur restlichen Fläche in Europa
2	mittlere Verantwortung	> 20 % der Gesamtfläche in der Schweiz im Verhältnis zur restlichen Fläche in Europa
1	geringe Verantwortung	< 20 % der Gesamtfläche in der Schweiz im Verhältnis zur restlichen Fläche in Europa
0	keine Verantwortung	keine Fläche in der Schweiz

Abhängigkeit von Feinheit der Klassifizierung

Die Steckbriefe für jeden Lebensraumtyp im Anhang des Technischen Berichts (Delarze et al. 2013) halten die Ergebnisse der Dokumentationsrecherchen über das Verbreitungsgebiet (Flächenangaben) der Lebensraumeinheit in Europa, wenn vorhanden, fest. Ansonsten mussten die Experten und Expertinnen die Verantwortung anhand von Kartenmaterial in Klassen (keine, mehr als 20 % sowie 50 % der Gesamtfläche in der Schweiz, Hauptareal in der Schweiz) gutachtlich abschätzen. Fasst man die Vegetation in feinere Einheiten als den Lebensraumtyp zusammen, wird deren Verbreitung geringer und damit die Verantwortung grösser. Die Verantwortung ist somit stark von der Feinheit der Klassifizierung abhängig. Aus diesen Überlegungen ist es ratsam, den Faktor

«Verantwortung» nicht überzubewerten und die Gefährdung gegenüber der Verantwortung leicht höher zu gewichten (Kap. 3.3).

3.3 Herleitung der Priorität

Analog zu den Arten wurden die Prioritäten aus der Kombination von Gefährdung und Verantwortung ermittelt. Die Priorität der Arten wurde, mit Ausnahme der Vögel, durch eine Formel bestimmt, in der die beiden Faktoren Gefährdung und Verantwortung linear und ohne Gewichtung miteinander verknüpft sind: Es ist die einfache Summe daraus, die anschliessend einer Prioritätsklasse zugeordnet wird (Kap. 2.4 in Teil I). Da die Bezeichnung der nationalen Priorität ein Instrument für die Praxis darstellt, soll die Prioritätenbestimmung eine praxistaugliche Verteilung der Prioritätskategorien ergeben.

Im Prinzip ist die Verantwortung der Schweiz bei den Lebensräumen gering, wenn der Lebensraumtyp in Europa relativ weit verbreitet ist. Unterteilt man den Lebensraumtyp (meist auf pflanzensoziologischer Ebene des Verbands) in feinere Einheiten der Vegetation wie Pflanzengesellschaften, dann wird deren Verbreitung geringer und damit die Verantwortung grösser. Die Verantwortung ist somit stark von der Feinheit der Klassifizierung abhängig. Aus den unter Kapitel 3.2 in Teil II gemachten Überlegungen geht hervor, dass selbst bei bedeutenden europäischen Vorkommen einer Lebensraumeinheit in der Schweiz – also bei verhältnismässig grossen Flächenanteilen – ungefährdeten Lebensräumen (Gefährdungsstufe LC) und Lebensräumen mit ungenügender Datengrundlage (Status DD) noch eine tiefe Priorität zugewiesen werden kann. Dies, um den eher seltenen Einheiten mit hoher bis sehr hoher Verantwortung gerecht zu werden (Tab. 15).

Tabelle 15

Matrix für die Prioritätsbestimmung bei den Lebensräumen

Die Kombination aus Gefährdungsstufe und Verantwortungskategorie ergibt die Prioritätskategorie 1 – 4 (also höchste bis tiefste Priorität im dunklen bis hellen Farbton) oder 0 (keine Priorität, farblos). Die Priorität in Klammern kommt in der Schweiz derzeit nicht vor.

Verantwortungskategorie		Gefährdungsstufe				
		LC/DD 0	NT 1	VU 2	EN 3	CR/CO 4
sehr hoch	4	4	3	1	1	(1)
hoch	3	4	3	1	1	1
mittel	2	0	4	2	1	1
gering	1	0	4	3	2	1
keine	0	0	0	4	3	2

Die aus der Matrix (Tab. 15) resultierenden Prioritätskategorien 0 – 4 sind wie folgt zu interpretieren (Tab. 16):

Tabelle 16

Beschreibung der nationalen Prioritätskategorien

Prioritätskategorie	Bedeutung bezüglich Erhaltung und Aufwertung des Lebensraumes
Priorität 1	sehr hohe nationale Priorität
Priorität 2	hohe nationale Priorität
Priorität 3	mittlere nationale Priorität
Priorität 4	mässige nationale Priorität
Priorität 0	keine nationale Priorität

Die lebensraumspezifische Prioritätseinstufung gibt darüber Auskunft, wie vordringlich die nationale Erhaltung bzw. Aufwertung des jeweiligen Lebensraumtyps oder der jeweiligen Pflanzengesellschaft oder EUNIS-Einheit im europäischen bzw. globalen Kontext ist.

Auf gleiche Weise wurde die Prioritätseinstufung der Waldgesellschaften vorgenommen. Die Eintragungen des ursprünglichen Expertenberichts Delarze et al. 2013, die in Imesch et al. 2015 übernommen wurden, sind für 2019 überprüft und aktualisiert worden (Kap. 4.1 in Teil II).

3.4 Angaben zum Massnahmenbedarf

Für die Planung und Umsetzung von Erhaltungs- und Aufwertungsmassnahmen für die prioritären Lebensräume ist es wichtig zu wissen, für welche Einheiten aus nationaler Sicht überhaupt ein Massnahmenbedarf besteht. Die Liste der National Prioritären Lebensräume enthält deshalb lebensraumspezifische Angaben zum Massnahmenbedarf, welcher in Bezug zur ganzen Schweiz (und nicht auf einzelne Regionen beschränkt) eingeschätzt wurde.

Tabelle 17 gibt einen Überblick über die bei der Einschätzung angewendeten Kriterien.

Tabelle 17

Kriterien zur Einschätzung des Massnahmenbedarfs bei Lebensräumen

Code	Bedeutung	Interpretation
2	klarer Massnahmenbedarf	Die Fläche und/oder die Qualität der Lebensräume nehmen jetzt oder (vermutlich) in Zukunft ab. Akute Gefährdungen sind bekannt und können durch Massnahmen behoben oder abgemindert werden. → Es ist davon auszugehen, **dass direkte Massnahmen nötig und sinnvoll** sind (Renaturierungen, Revitalisierungen, Aufwertungen, Biotopförderprogramme usw.).
1	unsicherer Massnahmenbedarf	Die Fläche und/oder die Qualität der Lebensräume nehmen (vermutlich) jetzt oder in Zukunft ab. Akute Gefährdungen sind bekannt; wirksame Massnahmen sind es jedoch weniger, oder sie sind in Abklärung. → Es ist **nicht eindeutig, ob Massnahmen nötig, machbar und/oder sinnvoll** sind.
0	kein Massnahmenbedarf	Die Fläche und/oder die Qualität der Lebensräume ist (vermutlich) ± stabil oder nimmt zu. Es ist keine akute Gefährdung erkennbar, die durch Massnahmen behoben werden könnte. → Es besteht **kein Massnahmenbedarf**.
99	(derzeit) nicht beurteilbar	Es **fehlen die Kenntnisse** zur Beurteilung des Massnahmenbedarfs. → Es ist **keine Beurteilung** des Massnahmenbedarfs möglich.

Alle Ergebnisse sind aus der digitalen Tabelle (Format XLS) ersichtlich.
(Download siehe Impressum dieser Publikation).

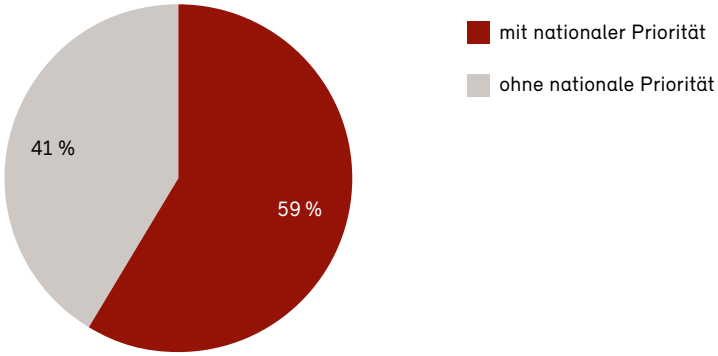
4 Prioritäre Lebensräume im Überblick

Die Schweiz ist reich an unterschiedlichen Lebensräumen. Fast die Hälfte davon ist allerdings bedroht (Delarze et al. 2016). Der Überblick zeigt den Anteil an gefährdeten Lebensraumtypen aus allen aquatischen und terrestrischen Bereichen sowie die Verantwortung der Schweiz und den Massnahmenbedarf. Er beruht auf einer Analyse der national prioritären Lebensräume der Schweiz auf Stufe TypoCH hinsichtlich des Gefährdungs- und Verantwortungsgrades sowie ihres Massnahmenbedarfs (Tab. 19), ebenso auf Ebene der Waldgesellschaften (Tab. 20) und Fliessgewässertypen (Tab. 21).

4.1 Umfang der Liste und Prioritätskategorien

Von den 167 evaluierten Lebensraumtypen (Delarze et al. 2015) sind 98 (59 %) national prioritär (Abb. 13).

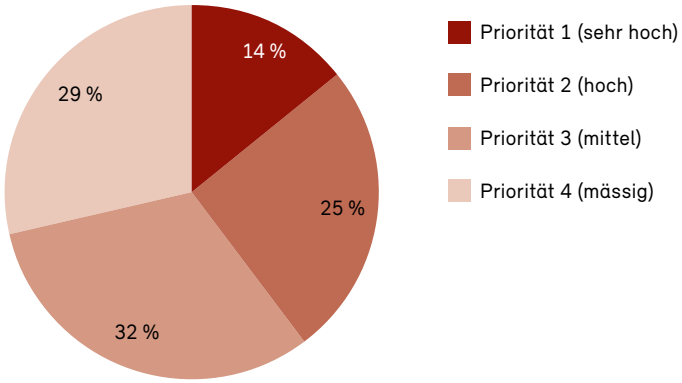
Abbildung 13
Anteil der national prioritären Lebensräume



Die Priorisierung weist 14 % der Prioritätskategorie 1 zu, 25 % der Prioritätskategorie 2, 32 % der Prioritätskategorie 3 und 29 % der Prioritätsstufe 4. 41 % erhalten keine Prioritat. Auf die Gesamtheit der 98 national prioritären Lebensraumtypen bezogen, weisen 39 % eine sehr hohe oder hohe Priorität, 61 % eine mittlere oder mässige Priorität auf (Abb. 14).

Abbildung 14

Verteilung der national prioritären Lebensräume

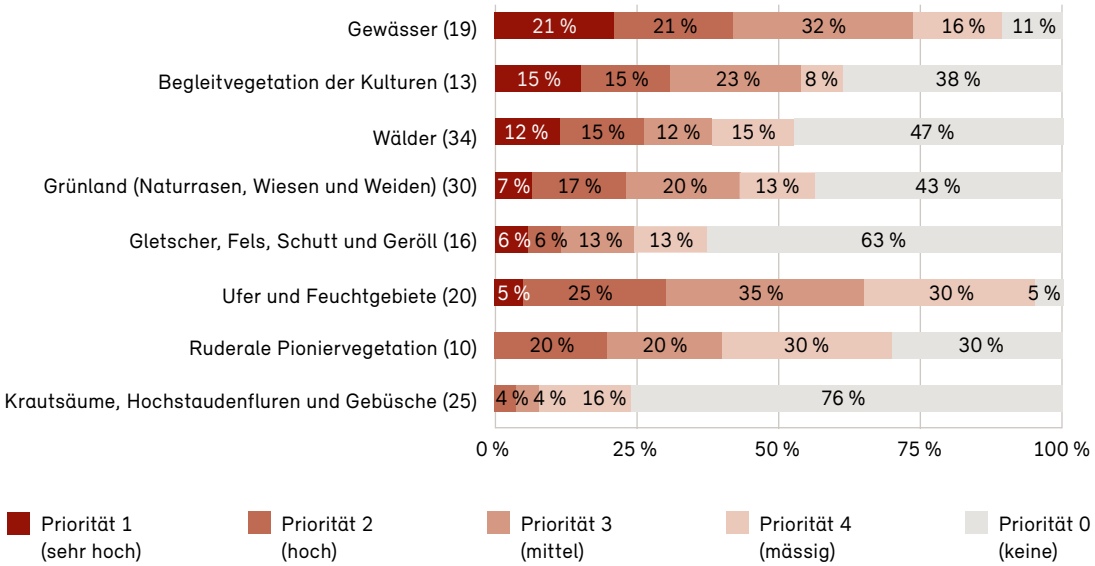


Zu den Lebensraumbereichen mit überdurchschnittlichem Anteil an prioritären Lebensraumtypen zählen die Feuchtgebiete (95 %) und die Gewässer (89 %). National prioritär ist mehr als die Hälfte der Einheiten der ruderalen Pioniervegetation (70 %), der Begleitvegetation von Kulturen (62 %), des Grünlandes (Naturrasen, Wiesen und Weiden) (57 %) und der Wälder (53 %). Der Lebensraumbereich der Hochstaudenfluren und Gebüsche (24 %) weist am wenigsten prioritäre Lebensraumtypen auf, während die Fels- und Schuttfluren inkl. Gletscher(-vorfeldern) (38 %) eine Zwischenstellung einnehmen (Abb. 15). Allgemein gibt es in jedem Bereich bestimmte Lebensraumtypen prioritär aufzuwerten.

Abbildung 15

Anteil der national prioritären Lebensräume pro Lebensraumbereich

Prozentualer Anteil der Prioritätskategorien und Anzahl beurteilte Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015).



Die Prioritätsanteile drücken die bedrohliche Situation bzw. den Handlungsbedarf vor allem bei den Gewässern, Ufern und Feuchtgebieten (inkl. Moore) aus. Im Kulturland sind die Ackerbegleitfloren und gewisse Wiesen- und Weidentypen auch mit hohen Prioritätsanteilen belegt; ebenso die Lebensgemeinschaften der Ruderalstandorte unter dem Einfluss menschlicher Aktivitäten.

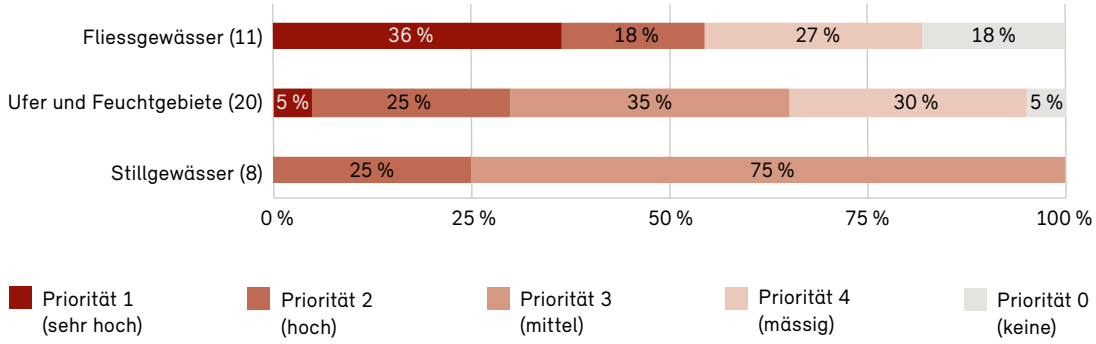
Lebensraumbereich Gewässer

Bereits auf Stufe der Delarze-Klassifizierung sind die Prioritäten bei den Lebensraumtypen in den nassen und feuchten Bereichen ziemlich hoch (Abb. 16 Still- und Fliessgewässer sowie Ufer und Feuchtgebiete). Ebenso hat der überwiegende Anteil der Fliessgewässer nach der hydrologischen Klassifizierung (Schaffner et al. 2013) hohe Prioritäten.

Abbildung 16

Anteil der national prioritären Lebensräume bei Gewässern, Ufern und Feuchtgebieten

Prozentualer Anteil der Prioritätskategorien und Anzahl beurteilte Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015).



Lebensraumbereich Wälder

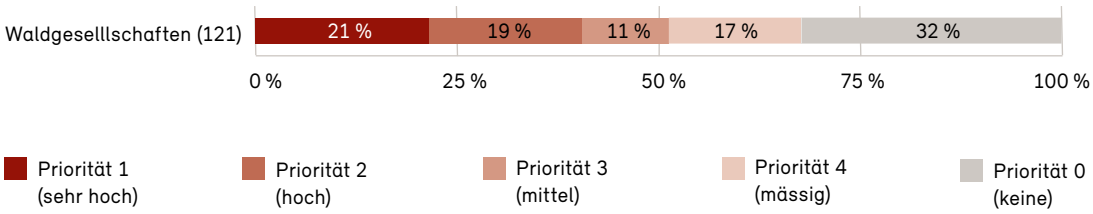
Von den 34 evaluierten Waldlebensraumtypen sind 18 national prioritär (53 %). Zum Wald sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass nach heutigem Kenntnisstand die TypoCH-Einheit 6.3.7 Kastanienwald zu mehreren Waldgesellschaften/-verbänden gehört, insbesondere zu 6.3.6. Die Einheiten 6.3.8 Insubrischer Laubwald mit immergrünen Sträuchern und 6.3.9 Robinienwald können pflanzensoziologisch keiner heimischen Einheit zugeordnet werden. Die Einheit 6.5.3 Hochmoor-Fichtenwald als Waldgesellschaft ist eindeutig der Einheit 6.6.2, dem übergeordneten Verband Heidelbeer-Fichtenwald, zuzuordnen. Die Einheit 6.6.3 Lärchen-Arvenwald ist ein Verband von Larici-Pinion cembrae mit 7 Waldgesellschaften und nicht nur eine Waldgesellschaft von Larici-Pinetum cembrae. Die Einheit 6.6.4 Lärchenwald ist demnach ein kulturbedingter Lärchenhain. Die Einheit 6.6.5 Bergföhrenwald muss in die Verbände 6.6.5.2 Kalkreicher Bergföhrenwald Erico-Pinion uncinatae (mugo) und 6.6.5.1 Bodensaurer Bergföhrenwald Vaccinio-Pinion uncinatae (mugo) aufgeteilt werden.

Für die Prioritätsanteile der 121 Waldgesellschaften sei auf die Analyse in der Vollzugshilfe zur Biodiversität im Wald verwiesen (Imesch et al. 2015). Im Detail gelten die Einstufungen 2019 der aktualisierten Liste der Waldgesellschaften. 40 % der Waldgesellschaften haben eine sehr hohe bis hohe Priorität (1 und 2), 28 % eine mittlere bis mässige Priorität (Priorität 3 und Priorität 4) und 32 % keine nationale Priorität (Abb. 17)

Die aktualisierte[3] Liste der National Prioritären Waldgesellschaften (Stand 2019) mit Gefährdungsstatus und Einstufungskriterien, den Verantwortungsgraden und deren Zuordnung zu den TypoCH-Einheiten und Entsprechungen zu den NaiS-Nummern (Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald, www.bafu.admin.ch/schutzwald) ist auf der Website des Bundesamtes für Umwelt verfügbar (siehe Biodiversität im Schweizer Wald).

Abbildung 17

Anteil der national prioritären Waldgesellschaften in Wäldern



4.2 Gefährdung der prioritären Lebensräume

Der allgemeine Gefährdungszustand der insgesamt 167 evaluierten Lebensraumtypen besagt, dass rund die Hälfte (48 %) davon bedroht ist (Delarze et al. 2016). Es sei hier bemerkt, dass die Rote Liste der Lebensräume der Schweiz alle beurteilten Waldtypen und Gebüschformationen nach TypoCH als auch diejenigen von Ellenberg & Klötzli auf Stufe Waldgesellschaften (Keller et al. 1998 bzw. Steiger 2010) umfasst.

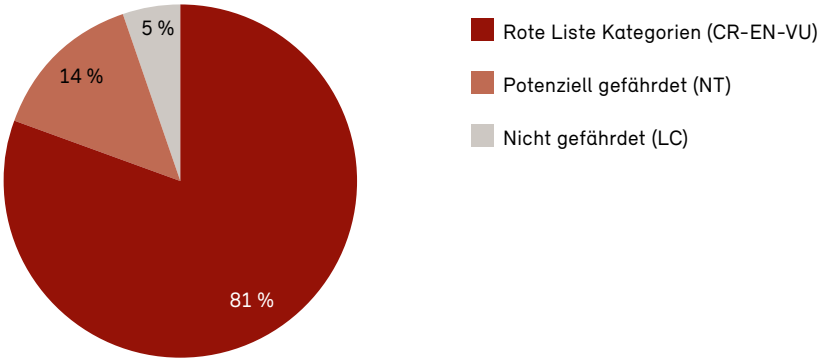
Da der Gefährdungsstatus die erste Komponente der Priorisierung darstellt, ist erwartungsgemäss die grosse Mehrheit (81 %) der national prioritären Lebensräume bedroht (Kategorien CR – vom Verschwinden bedroht, EN – stark gefährdet und VU – verletzlich). Jedoch bemerkenswert ist die Tatsache, dass 19 % der 98 national prioritären Lebensraumtypen nicht auf der Roten Liste stehen: 14 % der prioritären Lebensräume (aus praktisch allen Lebensraumbereichen) sind potenziell gefährdet (Kategorie NT) und 5 % (alle der Priorität 4) gar nicht gefährdet (Kategorie LC) (Abb. 18).

3 Die Priorisierungsmatrix 2019 (Tab. 15) vergibt 50 Waldgesellschaften der bisher publizierten Liste in Imesch et al. 2015 Prioritäten, die um eine Stufe höher sind und bei den Einheiten Nr. 65 Erico-Pinetum und Nr. 65* Ononido-Pinetum um eine Stufe tiefer (neu Verantwortung 3 statt 4); 67 Waldgesellschaften behalten ihre Priorität. Die in Imesch et al. 2015 fehlenden Einheiten Nr. 3, 3*, 3**, 4, 12*, 29, 33, 34, 35, 36, 55, 55* und 57 wurden mit der jeweiligen Priorität ergänzt. Zudem wurde die Gefährdung der Einheiten Nr. 25** Luzulo niveae-Tilietum, Nr. 28 Ulmo-Fraxinetum und Nr. 30 Pruno-Fraxinetum auf VU (statt EN) und von Nr. 31 Equiseto-Alnetum incanae auf EN (statt CR) herabgesetzt.

Abbildung 18

Gefährdung der national prioritären Lebensräume

Anzahl und Anteil (gerundete Prozente in Klammern) der 98 national prioritären Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015 und den Gefährdungskategorien der IUCN, wobei die Rote-Liste-Kategorien zusammengefasst sind).

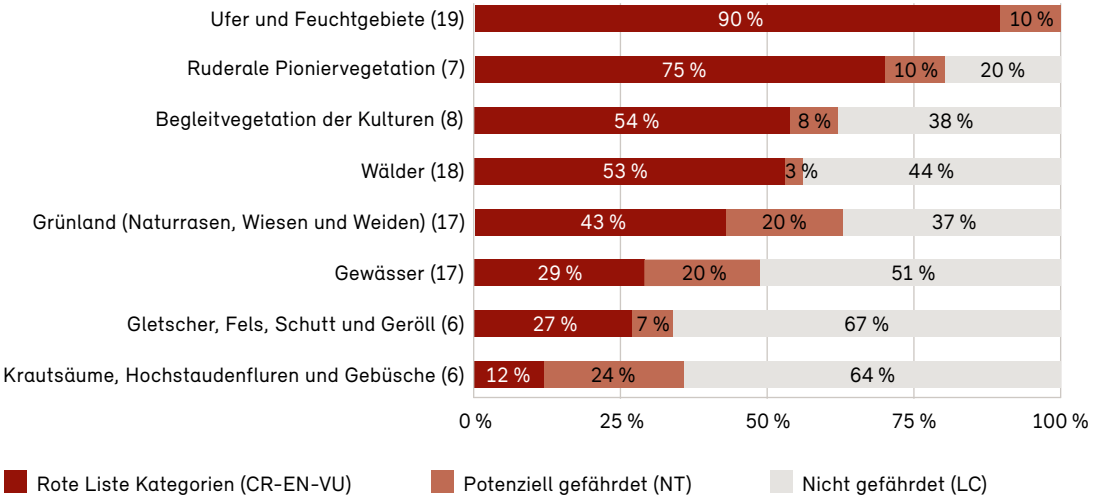


Die Lebensraumtypen mit nationaler Priorität sind fast alles gefährdete Lebensraumtypen. Dies kommt auch in der Auswertung pro Lebensraumbereich (Abb. 19) zum Ausdruck: Alle 8 prioritären Stillgewässer- sowie zwei Drittel der prioritären Fliessgewässer stehen auf der Roten Liste. Von den 18 national prioritären Waldlebensraumtypen sind 13 (72 %) auf der Roten Liste, 1 gilt als potenziell gefährdet, und 4 gelten als nicht gefährdet. In den Gesteinsfluren des Gebirges gibt es noch prioritäre Einheiten, die nicht gefährdet sind. Im Vergleich derselben Darstellung über die 167 Lebensraumtypen der Roten Liste weicht die Rangfolge der national prioritären 98 Lebensraumtypen nach abnehmendem Rote-Liste-Anteil (Status CR/EN/VU) pro Lebensraumbereich kaum ab.

Abbildung 19

Gefährdung der national prioritären Lebensräume pro Lebensraumbereich

Anzahl (in Klammern) und Anteil (in Prozent) der 98 national prioritären Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015 und den Gefährdungskategorien der IUCN, wobei die Rote-Liste-Kategorien zusammengefasst sind).



Die Bereiche der Stillgewässer, Ufer und Feuchtgebiete, der ruderalen Pioniervegetation und der Begleitvegetation der landwirtschaftlichen Kulturen weisen überdurchschnittlich hohe Anteile an gefährdeten bis stark gefährdeten Lebensraumtypen, während Wälder, Krautsäume, Gebüsche und Gesteinsfluren eher einen geringeren Anteil auf.

4.3 Verantwortung für prioritäre Lebensräume

Die Schweiz trägt für die Erhaltung von fast 80 % der 98 national prioritären Lebensraumtypen eine internationale Verantwortung, insbesondere für 27 % eine hohe bis mittlere (Abb. 20). Darunter befinden sich 9 mehr oder weniger gefährdete TypoCH-Einheiten wie etwa der endemische kontinentale Steppen-Föhrenwald (Verband 6.4.3 Ononido-Pinion) sowie die Gletscher inkl. Gletscherbäche (3.1.1) bis zur oberen Forellenregion, die Violettschwingelrasen (4.3.6.2), der Alpen-Weidenauenwald (6.1.3.1) und der Mitteleuropäische subkontinentale kalkreiche Föhrenwald (Geissklee-Föhrenwald, 6.4.2.1). Sie trägt aber auch Verantwortung für die momentan nicht als gefährdet eingestuften Einheiten Alpine Silikatschuttflur (3.3.2.2), Rostseggenhalde (4.3.3), Kalkreicher Bergföhrenwald (6.6.5.2), Lärchen-Arvenwald (6.6.3) und Lärchenwald (6.6.4).

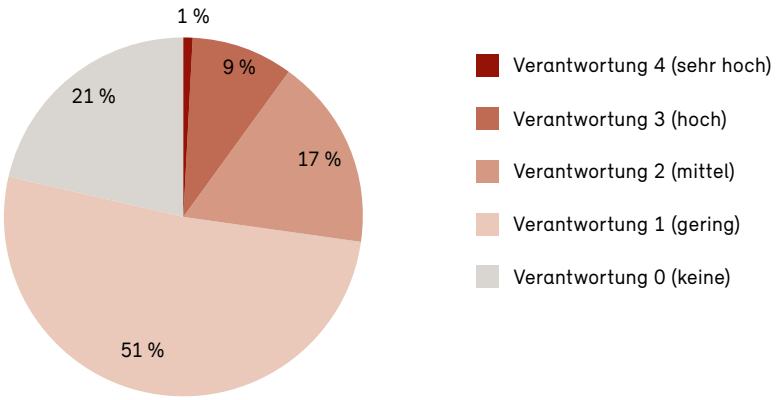
Für 3 endemische Waldgesellschaften trägt die Schweiz die alleinige Verantwortung (sehr hohe Verantwortung). Ihr Aussterben in der Schweiz müsste als ein weltweiter Verlust verbucht werden. Höchste Verantwortung steht an für: 40 Edelgamander-Traubeneichenwald (Teucrio-Quercetum), 65* Zahntrost-Föhrenwald (Odontito-Pinetum) sowie 67* Erdseggen-Engadinerföhrenwald (Carici humilis-Pinetum engadinensis), die zugleich auf der Roten Liste stehen. Weitere 15 national prioritäre Waldgesellschaften sind von zweithöchster Verantwortung (mit Schwerpunkt im Alpenbogen), deren Verbände (TypoCH) ebenfalls gefährdet sind.

Die Einheit der Blockgletscher (TypoCH 3.1.2) ist die einzige mit ungenügender Dokumentation für eine Abschätzung der Verantwortung durch die Schweiz (DD).

Abbildung 20

Verantwortung für national prioritäre Lebensräume

Anzahl und Anteil (gerundete Prozente, in Klammern) der 98 national prioritären Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015 und den 5 Verantwortungskategorien).



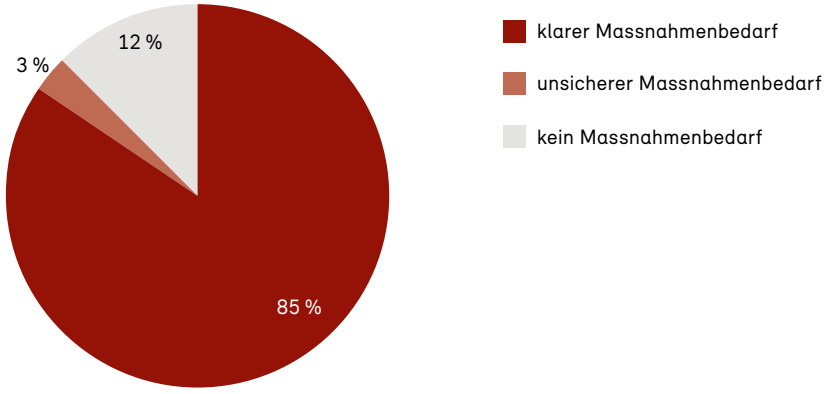
4.4 Massnahmenbedarf für national prioritäre Lebensräume

Gemäss Experten besteht ein klarer Massnahmenbedarf für 83 (85 %) prioritäre Lebensräume und momentan kein Massnahmenbedarf für 12 (12 %) der insgesamt 98 national prioritären Lebensräume; für 3 (3 %) der Lebensräume ist der Massnahmenbedarf unsicher (Abb. 21).

Abbildung 21

Massnahmenbedarf für national prioritäre Lebensräume

Anteil in Prozent der insgesamt 98 national prioritären Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015).

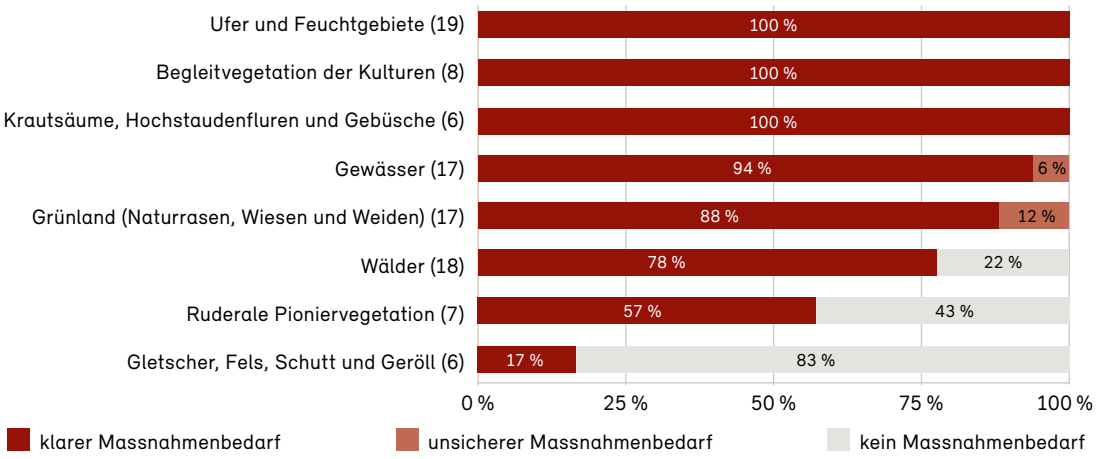


Klarer Massnahmenbedarf besteht mehrheitlich bei den Gewässerlebensräumen und Ufern bzw. Mooren, bei den national prioritären Grünland-Lebensräumen sowie bei bestimmten Lebensräumen der Kulturen und bei einzelnen Wald-Lebensräumen (Abb. 22).

Abbildung 22

Massnahmenbedarf für national prioritäre Lebensräume nach Lebensraumbereich

Prozentualer Anteil der insgesamt 98 national prioritären Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015).



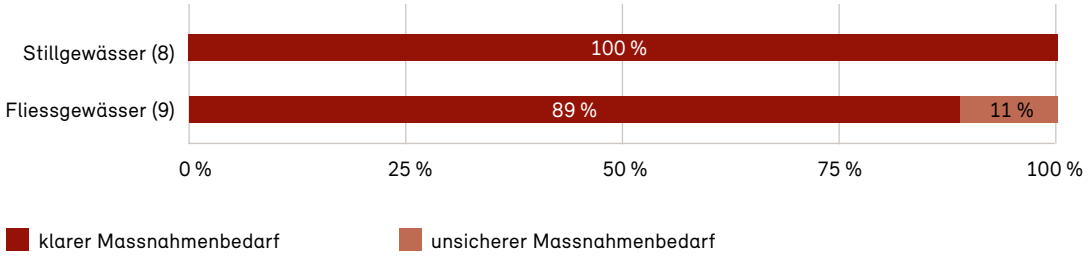
Lebensraumbereich Gewässer

Bei den Gewässern kann hinsichtlich Massnahmenbedarf zwischen Stillgewässern und Fliessgewässern unterschieden werden (Abb. 23): Sämtliche prioritäre Lebensraumtypen der Stillgewässer und fast alle der Fliessgewässer weisen einen klaren Handlungsbedarf auf.

Abbildung 23

Massnahmenbedarf für national prioritäre Gewässerlebensräume

Prozentanteile der 17 national prioritären Lebensraumtypen (nach TypoCH von Delarze et al. 2015).



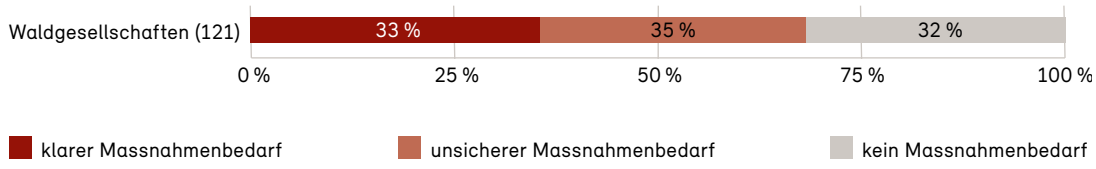
Lebensraumbereich Wälder

Auch für die Waldgesellschaften wurde der Massnahmenbedarf in der Liste präzisiert (siehe *www.bafu.admin.ch/uv-1709-d*). Ein klarer Massnahmenbedarf besteht bei 35 % der prioritären Waldgesellschaften, ein unsicherer Massnahmenbedarf bei 33 % und kein Massnahmenbedarf bei 32 % (Abb. 24).

Abbildung 24

Massnahmenbedarf für national prioritäre Waldgesellschaften

Prozentualer Anteil der 82 national prioritären Waldgesellschaften (nach Imesch et al. 2015).



5 Liste der National Prioritären Lebensräume

Die Listen der National Prioritären Lebensräume, der Waldgesellschaften und der Fliessgewässertypen nach hydrologisch-ökomorphologischen Kriterien sind Teil dieser Volzugshilfe. Es werden jeweils Angaben zur Gefährdung, zur Verantwortung, zur Priorität und zum Massnahmenbedarf gemacht. Bei den Waldgesellschaften ist zusätzlich die Entsprechung zu den Lebensraumtypen gemäss TypoCH und die Entsprechung zur NaiS-Nummer (Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald, Frehner et al. 2005) erwähnt. Der Lebensraumcode bei den Fliessgewässertypen wird nach Klassifizierungssystem gemäss Schaffner et al. 2013 angegeben. Liste der Lebensräume umfasst Angaben wie z. B. die Entsprechung der national prioritären Lebensräume zu den schützenswerten Lebensraumtypen des Anhangs 1 der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1).

Wissenschaftlicher Name	Wissenschaftlicher Name mit Lebensraumcode gemäss TypoCH (Delarze et al. 2015, siehe auch *www.infoflora.ch*).
Deutscher Name	Bezeichnung der Lebensraumeinheit
Priorität	Priorität 1 (sehr hoch), 2 (hoch), 3 (mittel), 4 (mässig), 0 (keine Priorität). Als national prioritär gelten alle Einheiten mit Prioritätsgrad 1 – 4, der sich aus der Kombination von Gefährdungsstatus und Verantwortung der Schweiz für die betreffende Einheit ableiten lässt.
Gefährdung	Rote-Liste-Status (CR (Critically endangered / vom Verschwinden bedroht), EN (Endangered / stark gefährdet), VU (Vulnerable / gefährdet). Weniger bis gar nicht gefährdet bezeichnen die Kategorien NT (Near Threatened / potenziell gefährdet) und LC (Least Concern / nicht gefährdet). DD (Data Deficient / ungenügende Grundlage, d. h. nicht einschätzbar).
Verantwortung	Verantwortung der Schweiz für den Lebensraum (im europäischen Kontext): 4 (sehr hoch), 3 (hoch), 2 (mittel), 1 (gering), 0 (keine), DD (nicht einschätzbar).
Massnahmenbedarf	Bedarf nach Aufwertungsmassnahmen für den Lebensraum in Bezug zur ganzen Schweiz: 2 (klar), 1 (unsicher), 0 (kein).

Wissenschaftlicher Name mit Lebensraumcode gemäss TypoCH (Delarze et al. 2015, siehe auch www.infoflora.ch).

Quelle: überarbeitete Liste aus Delarze et al. 2013 (Technischer Bericht).

Siehe unter: *www.bafu.admin.ch/uv-1709-d* oder unter *www.bafu.admin.ch > Thema Biodiversität > Fachinformationen > Zustand > Lebensräume*

Waldgesellschaft	Bezeichnung der Lebensraumeinheit (siehe Phytosuisse auf *www.infoflora.ch*)
TypoCH	Lebensraumcode des Lebensraumtyps gemäss TypoCH (Delarze et al. 2015), der die Waldgesellschaft umfasst oder ihr entspricht.
NaiS	Entsprechung zur NaiS-Nummer (Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald, Frehner et al. 2005).
Priorität	Priorität 1 (sehr hoch), 2 (hoch), 3 (mittel), 4 (mässig), 0 (keine Priorität). Als national prioritär gelten alle Einheiten mit Prioritätsgrad 1 – 4, der sich aus der Kombination von Gefährdungsstatus und Verantwortung der Schweiz für die betreffende Einheit ableiten lässt.
Gefährdung	Rote-Liste-Status (CR (Critically endangered / vom Verschwinden bedroht), EN (Endangered / stark gefährdet), VU (Vulnerable / gefährdet). Weniger bis gar nicht gefährdet bezeichnen die Kategorien NT (Near Threatened / potenziell gefährdet) und LC (Least Concern / nicht gefährdet); DD (Data Deficient / ungenügende Grundlage, d. h. nicht einschätzbar).
Verantwortung	Verantwortung der Schweiz für den Lebensraum (im europäischen Kontext): 4 (sehr hoch), 3 (hoch), 2 (mittel), 1 (gering), 0 (keine), DD (nicht einschätzbar).
Massnahmenbedarf	Bedarf nach Aufwertungsmassnahmen für den Lebensraum in Bezug zur ganzen Schweiz: 2 (klar), 1 (unsicher), 0 (kein).

Quellen: übevrarbeitete Liste aus Delarze et al. 2013 (Technischer Bericht) und Imesch et al. 2015 (Waldbiodiversität).

Code	Lebensraumcode des ökomorphologisch-hydrologischen Klassifizierungssystems gemäss Schaffner et al. 2013 (BAFU Umwelt-Wissen Nr. 1329).
Bezeichnung	Bezeichnung der Lebensraumeinheit
Priorität	Priorität 1 (sehr hoch), 2 (hoch), 3 (mittel), 4 (mässig), 0 (keine Priorität). Als national prioritär gelten alle Einheiten mit Prioritätsgrad 1 – 4, der sich aus der Kombination von Gefährdungsstatus und Verantwortung der Schweiz für die betreffende Einheit ableiten lässt.
Gefährdung	Rote-Liste-Status (CR (Critically endangered / vom Verschwinden bedroht), EN (Endangered / stark gefährdet), VU (Vulnerable / gefährdet). Weniger bis gar nicht gefährdet bezeichnen die Kategorien NT (Near Threatened / potenziell gefährdet) und LC (Least Concern / nicht gefährdet). DD (Data Deficient / ungenügende Grundlage, d. h. nicht einschätzbar).
Verantwortung	Verantwortung der Schweiz für den Lebensraum (im europäischen Kontext): 4 (sehr hoch), 3 (hoch), 2 (mittel), 1 (gering), 0 (keine), DD (nicht einschätzbar).
Massnahmenbedarf	Bedarf nach Aufwertungsmassnahmen für den Lebensraum in Bezug zur ganzen Schweiz: 2 (klar), 1 (unsicher), 0 (kein).

Quelle: Delarze et al. 2013 (Technischer Bericht).

Anhang

Beteiligte Expertinnen, Experten und Institutionen

Organismengruppen und Lebensraumbereiche	Beteiligte Experteninnen und Experten sowie Institutionen
Fauna	
Wirbeltiere	
Säugetiere (ohne Fledermäuse) (Mammalia)	Simon Capt, Info fauna – CSCF, Neuenburg Bruno Stadler, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern Martin Baumann, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern Reinhard Schnidrig, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern Thomas Briner, NMSO (Naturmuseum Solothurn), Solothurn
Fledermäuse (Chiroptera)	Kim Krähenbühl, SSF – Stiftung Fledermausschutz Schweiz, Koordinationsstelle Ost (KOF), Zürich Hubert Krättli, SSF – Stiftung Fledermausschutz Schweiz, Koordinationsstelle Ost (KOF), Zürich Pascal Moeschler, Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, Suisse (CCO), Genf Thierry Bohnenstengel – Centre de coordination ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, Suisse (CCO), Neuenburg
Vögel (Aves)	Verena Keller, Schweizerische Vogelwarte, Sempach Reto Spaar, Schweizerische Vogelwarte, Sempach Niklaus Zbinden, Schweizerische Vogelwarte, Sempach Werner Müller, Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz, Zürich Ueli Rehsteiner, Schweizer Vogelschutz SVS/Birdlife Schweiz, Zürich Raffael Ayé, Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz, Zürich Kurt Bollmann, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf ZH
Reptilien (Reptilia)	Andreas Meyer, Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch), Neuenburg
Amphibien (Amphibia)	Silvia Zumbach, Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch), Neuenburg
Fische und Rundmäuler (Pisces, Cyclostoma)	Daniel Hefti und Diego Dagani, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern Blaise Zaugg, Aquarius, Neuenburg
Wirbellose	
Allgemein	Yves Gonseth, Info fauna – CSCF, Neuenburg
Käfer (Coleoptera)	Christian Monnerat, Info fauna – CSCF, Neuenburg Yannick Chittaro, Info fauna – CSCF, Neuenburg Thomas Walter, Agroscope, Zürich
Grossschmetterlinge (Macrolepidoptera)	Yves Gonseth, Info fauna – CSCF, Neuenburg Yannick Chittaro, Info fauna – CSCF, Neuenburg

Organismengruppen und Lebensraumbereiche	Beteiligte Experteninnen und Experten sowie Institutionen
Tagfalter (Rhopalocera)	Yannick Chittaro, Yves Gonseth, Info fauna – CSCF, Neuenburg
Netzflügler (Neuroptera)	Christian Monnerat, Info fauna – CSCF, Neuenburg
Libellen (Odonata)	Christian Monnerat, Info fauna – CSCF, Neuenburg
Heuschrecken (Orthoptera)	Christian Monnerat, Info fauna – CSCF, Neuenburg
Eintagsfliegen (Ephemeroptera)	Michel Sartori, Musée de zoologie, Lausanne André Wagner, Le Sentier
Steinfliegen (Plecoptera)	Verena Lubini, Gewässerbiologie, Zürich Yves Gonseth, Info fauna – CSCF, Neuenburg
Köcherfliegen (Trichoptera)	Verena Lubini, Gewässerbiologie, Zürich Yves Gonseth, Info fauna – CSCF, Neuenburg
Weichtiere (Mollusca)	François Claude, Info fauna – CSCF, Neuenburg Jörg Rüetschi, Hinterkappelen Peter Müller, Zürich, Pascal Stucki, Neuenburg Heinrich Vicentini, Zürich
Grosskrebse (Decapoda)	Daniel Hefti, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
Ruderfusskrebse (Copepoda)	Pascal Moeschler, Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève, Genf
Flora	
Gefässpflanzen (Samenpflanzen, Farne, Bärlappe) (Tracheophyta)	Stefan Eggenberg und Sibyl Rometsch, Info Flora, Bern/Genf
Moose (Bryophyta)	Norbert Schnyder und Heike Hofmann, Swissbryophytes – Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Moose, Universität Zürich - Institut für Systematische und Evolutionäre Botanik, Zürich
Armleuchteralgen (Charophyta, Charales)	Dominique Auderset Joye, Université de Genève, Sciences de la Terre et de l'Environnement – Laboratoire d'Écologie et de Biologie Aquatique, Genf Arno Schwarzer, Büro ECOLO-GIS, Lüsslingen
Flechten und Pilze	
Baum- und erdbewohnende Flechten (Lichenes)	Silvia Stofer, Christine Keller, Christoph Scheidegger, SwissLichens – Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flechten, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf
Grosspilze (Macrofungi)	Beatrice Senn-Irlet und Andrin Gross, SwissFungi – Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Pilze, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf
Lebensraumbereiche	
1.1 Stillgewässer	Lionel Sager, Info Flora

Organismengruppen und Lebensraumbereiche	Beteiligte Experteninnen und Experten sowie Institutionen
1.2 Fliessgewässer	Pascal Stucki, Aquabug, Neuenburg Yves Gonseth, Fabien Fivaz, Info fauna – CSCF, Neuenburg
2 Ufer und Feuchtgebiete	Ariel Bergamini, Eidg.Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf
3 Gletscher, Gesteinsfluren und Felsen	Raymond Delarze, Bureau d'études biologiques, BEB, Aigle
4 / 5 Grünland, Hochstaudenfluren, Gebüsche, Heiden	Stefan Eggenberg, Info Flora, Genf und Bern Jodok Guntern, Forum Biodiversität, Bern
6 Wälder	Peter Steiger, pulsatilla, Rodersdorf
7 / 8 Ruderal- und Ackerbegleitvegetation	Gabriela Hofer, Agroscope, Zürich

Verzeichnisse

Abbildungen

Abb. 1 Anteil der national prioritären Arten 43

Abb. 2 Anteil der national prioritären Arten pro Organismengruppe 44

Abb. 3 Verteilung der national prioritären Arten 44

Abb. 4 Verteilung der nationalen Priorität der Arten nach Organismengruppe 45

Abb. 5 Änderungen der Prioritätseinstufung im Vergleich 2011 und 2019 46

Abb. 6 Gefährdung der national prioritären Arten 47

Abb. 7 Verantwortung für national prioritäre Arten 48

Abb. 8 Verantwortung für national prioritäre Arten nach Organismengruppe 49

Abb. 9 Massnahmenbedarf für national prioritäre Arten 50

Abb. 10 Massnahmenbedarf für national prioritäre Arten nach Organismengruppe 51

Abb. 11 Anteil der national prioritären Arten pro Lebensraumbereich 52

Abb. 12 Beurteilung des Risikos eines Verschwindens von Lebensräumen 69

Abb. 13 Anteil der national prioritären Lebensräume 75

Abb. 14 Verteilung der national prioritären Lebensräume 75

Abb. 15 Anteil der national prioritären Lebensräume pro Lebensraumbereich 77

Abb. 16 Anteil der national prioritären Lebensräume bei Gewässern, Ufern und Feuchtgebieten 78

Abb. 17 Anteil der national prioritären Waldgesellschaften in Wäldern 79

Abb. 18 Gefährdung der national prioritären Lebensräume 80

Abb. 19 Gefährdung der national prioritären Lebensräume pro Lebensraumbereich 81

Abb. 20 Verantwortung für national prioritäre Lebensräume 82

Abb. 21 Massnahmenbedarf für national prioritäre Lebensräume 83

Abb. 22 Massnahmenbedarf für national prioritäre Lebensräume nach Lebensraumbereich 83

Abb. 23 Massnahmenbedarf für national prioritäre Gewässerlebensräume 84

Abb. 24 Massnahmenbedarf für national prioritäre Waldgesellschaften 84

Tabellen

Tab. 1 Kenntnisstand zu verschiedenen Organismengruppen (Liste nicht abschliessend) 15

Tab. 2 Fünfstufige Punkteskala für die Gefährdungskategorien 20

Tab. 3 Gefährdungskategorien der Roten Listen Schweiz nach IUCN 2001 und den Roten Listen 1994 21

Tab. 4 Hilfstabelle zur Einschätzung des artspezifischen Gefährdungsgrades aufgrund von Expertenwissen 22

Tab. 5 Kategorien zur Bestimmung der internationalen Verantwortung der Schweiz für den weltweiten (bzw. europäischen) Bestand einer Art 24

Tab. 6 Berechnungsskala zur Prioritätsbestimmung und Beschreibung der nationalen Prioritätskategorien 26

Tab. 7 Kriterien zur Einschätzung des Massnahmenbedarfs 27

Tab. 8 Einstufung der Brutvogelarten gemäss ihrer Verantwortung / internationalen Bedeutung 32

Tab. 9 Einstufung der Vögel in Prioritätsklassen 33

Tab. 10 Übersetzung in die Prioritätskategorien des Standardvorgehens 33

Tab. 11 Übersicht über die für die Prioritätsbestimmung berücksichtigten Wirbellosen-Gruppen und die angewendeten Kriterien bzw. Abweichungen vom Standardvorgehen 38

Tab. 12 Lebensraumtypen pro Lebensraumbereich 66

Tab. 13 Kategorien der Roten Liste der Lebensräume 68

Tab. 14 Kategorien zur Bestimmung der internationalen Verantwortung der Schweiz für die Lebensräume 71

Tab. 15 Matrix für die Prioritätsbestimmung bei den Lebensräumen 72

Tab. 16 Beschreibung der nationalen Prioritätskategorien 73

Tab. 17 Kriterien zur Einschätzung des Massnahmenbedarfs bei Lebensräumen 74

Literatur

Das Literaturverzeichnis umfasst sowohl die Literatur für die Beurteilung der Arten und Lebensräume als auch weiterführende Literatur, auf die im Inhalt nicht speziell hingewiesen wird.

Auderset Joye D., Schwarzer A. 2012: Rote Liste Armleuchteralgen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Laboratoire d'Écologie et de Biologie Aquatique (LEBA) de l'Université de Genève. Umwelt-Vollzug 1213: 72 S.

BAFU (in Vorb.): Konzept Artenförderung Schweiz. Website BAFU>Biodiversität> Artenförderung

BAFU 2011: Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug 1103: 132 S.

BAFU 2012: Strategie Biodiversität Schweiz, Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Diverses 1060: 89 S.

BAFU und BLW 2008: Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen 0820: 221 S.

Bland L.M., Keith D.A., Miller R.M., Murray N.J.; Rodriguez J.P. (eds.) 2016: Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, Version 1.0. IUCN, Gland, Switzerland: ix + 94 S. *dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.RLE.1.en*

Bohnenstengel T., Krättli H., Obrist M.K., Bontadina F., Jaberg C., Ruedi M., Moeschler P. 2014: Rote Liste Fledermäuse. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern; Centre de Coordination Ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris (CCO), Genève; Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz (KOF), Zürich; Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf. Umwelt-Vollzug 1412: 95 S.

Boitani L., Mace G.M. & Rondinini C. 2014: Challenging the scientific foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. Conservation letters. *onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12111/epdf*

Bollmann K., Keller V., Müller W., Zbinden N. 2002: Prioritäre Vogelarten für Artenförderungsprogramme in der Schweiz. Ornithol. Beob. 99: 301 – 320.

Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. 2016: Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug 1621: 178 S.

Carron G., Wermeille E., Schiess H., Patocchi N. 2000: Programme national de conservation des espèces prioritaires de Papillons diurnes (Rhopalocera et Hesperiidae) - Tagfalterschutz in der Schweiz. Swiss Butterfly Conservation (SBC), Neuenburg: 52 S.

Clerc P., Truong C. 2012: Catalogue des lichens de Suisse. www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/catalogueli-chen [Version 2.0, 11.06.2012].

Cordillot F., Klaus G. 2011: Zustand und Entwicklung der gefährdeten Arten in der Schweiz. Synthese Rote Listen. Stand 2010. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. Umwelt-Zustand 1120: 111 S.

CSCF 2013 (unpubl.): Projet de liste rouge des écosystèmes de Suisse – Étude de faisabilité. Mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV/BAFU), Berne. Rapport inédit : 34 S.

Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Guntern J., Hofer G., Sager L., Stucki P. 2013: Liste der National Prioritären Lebensräume und Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Technischer Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern: 117 S. mit Anhängen (S. 118 – 390).

Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G., Sager L., Stucki P. 2016: Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern: 33 S.

Delarze R., Gonseth Y. 2008: Lebensräume der Schweiz. Ökologie – Gefährdung – Kennarten. 2. Aufl., Ott Verlag, Bern: 424 S.

Delarze R., Gonseth Y., Eggenberg S., Vust M. 2015: Lebensräume der Schweiz, Ökologie – Gefährdung – Kennarten. 3. Aufl. Ott Verlag, Bern: 456 S.

Duelli P. 1994: Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern. Vollzug Umwelt 9008: 93 S.

Duelli P. 1994: Rote Liste der gefährdeten Netzflügler der Schweiz. In: Duelli P. 1994: Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern. Vollzug Umwelt 9008: 64 – 65.

Eggenberg S., Dalang T., Dipner M., Mayer C. 2001: Kartierung und Bewertung der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung –Technischer Bericht. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern. Schriftenreihe Umwelt 325: 252 S.

Eggenberg S., Landolt E. 2006: Für welche Pflanzenarten hat die Schweiz eine internationale Verantwortung? Botanica Helvetica 116: 119 – 133.

Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2005: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern. Vollzug Umwelt 7005. 564 S.

Gerlach G., Duelli P., Gonseth Y., Capt S. 2002 (unpubl.): Elemente eines Artenschutzkonzeptes des Bundes. Erstellt im Auftrag des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern: 37 S.

Gonseth Y. 1994: Rote Liste der gefährdeten Tagfalter der Schweiz. In: Duelli P. 1994: Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern: 48 – 51.

Gonseth Y., Monnerat C. 2002: Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg. Vollzug Umwelt 9011: 46 S.

Graf W., Lorenz A., de Figueroa J.M.T., Lücke S., López-Rodríguez M.J., Davies C.E. 2009: Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms: Volume 2. Plecoptera. Sofia, Bulgaria, Pensoft Publishing: 262 S.

Graf W., Murphy J., Dahl J., Zamora-Munoz C., Lopez-Rodriguez M.J. 2008: Distribution and ecological preferences of European freshwater organisms. Volume 1. Trichoptera. Sofia-Moscow, Pensoft Publishing, 388 S.

Huber C., Marggi W. 2005: Raumbedeutsamkeit und Schutzverantwortung am Beispiel der Laufkäfer der Schweiz (Coleoptera Carabidae) mit Ergänzung zur Roten Liste. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 78: 335 – 397.

Imesch N., Stadler B., Bolliger M., Schneider O. 2015: Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. Umwelt-Vollzug 1503: 186 S.

IUCN 2001: IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN. Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. ii + 30 p.

IUCN 2012: Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National

Levels: Version 4.0. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN: III+41 S. *https://www.iucnredlist.org/fr/resources/categories-and-criteria*

Keith D.A., Rodriguez J.P., Rodriguez-Clark K.M., Nicholson E., Aapala K. et al. 2013: Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. PLoS ONE 8(5): e62111. www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0062111

Keller V., Ayé R., Müller W., Spaar R., Zbinden N. 2010a: Die prioritären Vogelarten der Schweiz: Revision 2010. Ornithol. Beob. 107: 265 – 285.

Keller V., Birrer S., Graf R., Schmid H., Spaar R. 2007: Wichtige Vogelarten im Kanton Luzern – Eine Hilfe für die Prioritätensetzung im Naturschutz. Schweizerische Vogelwarte, Sempach: 27 S.

Keller V., Bollmann K. 2001: Für welche Vogelarten trägt die Schweiz eine besondere Verantwortung? Ornithol. Beob. 98: 323 – 340.

Keller V., Bollmann K. 2004: From Red Lists to Species of Conservation Concern. Conservation Biology 18: 1636 – 1644.

Keller V., Gerber A., Schmid H., Volet B., Zbinden N. 2010b: Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Umwelt-Vollzug 1019: 53 S.

Keller V., Zbinden N., Schmid H., Volet B. 2001: Rote Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Vollzug Umwelt: 75 S.

Keller W., Wohlgemuth T., Kuhn N., Schütz M., Wildi O. 1998: Waldgesellschaften der Schweiz auf floristischer Grundlage. Statistisch überarbeitete Fassung der «Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz» von Heinz Ellenberg und Frank Klötzli (1972). Mitt. Eidg. Forschungsanst. WSL 73/2: 357 S.

Kirchhofer A., Breitenstein M., Zaugg B. 2007: Rote Liste der Fische und Rundmäuler der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg. Umwelt-Vollzug. 0734: 64 S.

Krättli H., Moeschler P., Stutz H.-P. B., Obrist M.K., Bontadina F., Bohnenstengel T., Jaberg C. 2012: Konzept Artenförderung Fledermäuse 2013 – 2020. Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz, Genf und Zürich: 91 S.

Krieglsteiner, G.J. (Hrsg.) 2000: Die Grosspilze Baden-Württembergs, Band 1. Ulmer, Stuttgart: 632 S.

Lachavanne J.-B., Perfetta J., Noetzlin A., Juge R., Lods-Crozet B. 1988: Étude chorologique et écologique des macrophytes des lacs suisses en fonction de leur altitude et de leur niveau trophique. 1976 – 1985, 2*e* édition. Rapport final FNRS, Université de Genève: 114 S.

Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1994: Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. Band 1: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Satyridae, Libytheidae, Lycaenidae. 4. Auflage. Pro Natura – SBN, Basel: 527 S.

Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 1997: Schmetterlinge und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. Band 2: Hesperiidae, Psychidae, Heterogynidae, Zygaenidae,

Syntomidae, Limacodidae, Drepanidae, Thyatiridae, Sphingidae. Pro Natura – SBN, Basel: 679 S.

Lepidopterologen-Arbeitsgruppe 2000: Schmetterlinge und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. Band 3: Nachfalter - Hepialidae, Cossidae, Sesiidae, Thyrididae, Lasiocampidae, Lemonidae, Endromidae, Saturniidae, Bombycidae, Notodontidae, Thaumetopoeidae, Dilobidae, Lymantriidae, Arctiidae. Pro Natura – SBN, Basel: 928 S.

Lubini V., Sartori M., Wagner A., Vicentini H. 2012: Rote Listen der gefährdeten Eintagsfliegen-, Steinfliegen- und Köcherfliegenarten der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg. Umwelt-Vollzug 1212: 111 S.

Luka H., Marggi W., Huber C., Gonseth Y., Nagel P. 2009: Carabidae. Ecology-Atlas. Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna CSCF/SEG, Neuenburg. Fauna helvetica 24: 678 S.

Marggi W. 1994: Rote Liste der gefährdeten Laufkäfer und Sandlaufkäfer der Schweiz. In: Duelli P. 1994: Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern: 55 – 59.

Monnerat C., Barbalat S., Lachat T., Gonseth Y. 2016: Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Info fauna – Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug 1622: 118 S.

Monnerat C., Thorens P., Walter T., Gonseth Y. 2007: Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg. Umwelt-Vollzug 0719: 62 S.

Monney J.-C., Meyer A. 2005: Rote Liste der gefährdeten Reptilien der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern, und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch), Neuenburg. Vollzug Umwelt 9013: 50 S.

Nievergelt B., Hausser J., Meylan A., Rahm U., Salvioni M., Vogel P. 1994: Rote Liste der gefährdeten Säugetiere der Schweiz (ohne Fledermäuse). In: Duelli P. 1994: Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern. Vollzug Umwelt 9008: 20 – 21.

Rote Liste der Höheren Krebse (Crustacea Decapoda, Astacidae). 2007. Verordnung vom 24. November 1993 zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF; SR 923.01): www.admin.ch/ch/d/sr/923_01/app1.html

Rüetschi J., Stucki P., Müller P., Vicentini H., Claude F. 2012: Rote Liste Weichtiere (Schnecken und Muscheln). Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg. Umwelt-Vollzug 1216: 148 S.

Ruffo S., Stoch, F. (eds.) 2006: Checklist and distribution of the Italian fauna. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita 17, incl. CD-ROM. ISBN 88-89230-09-6.

Schaffner M., Pfaundler M., Göggel W. 2013: Fliessgewässertypisierung der Schweiz. Eine Grundlage für Gewässerbeurteilung und – entwicklung. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. Umwelt-Wissen 1329: 63 S.

Scheidegger C., Clerc P., Dietrich M., Frei M., Groner U., Keller C., Roth I., Stofer S.,Vust M. 2002: Rote Liste der gefährdeten baum- und erdbewohnenden Flechten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern, Eidg. Foschungsanstalt (WSL), Birmensdorf, Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (CJBG). Vollzug Umwelt 9010: 124 S.

Schmidt B.R., Zumbach S. 2005: Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern, und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch), Neuenburg. Vollzug Umwelt 9012: 48 S.

Schnittler M., Günther K.F. 1999: Central European vascular plants requiring priority conservation measures – an analysis from national Red Lists and distribution maps. Biodiversity and Conservation 8: 891 – 925.

Schnittler M., Ludwig G. 1996: Zur Methodik der Erstellung Roter Listen. In: Ludwig G., Schnittler M. (Hrsg.). Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde: 709 – 739.

Schnyder N., Bergamini A., Hofmann H., Müller N., Schubiger-Bossard C., Urmi E. 2004: Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern, FUB und NISM, Zürich. Vollzug Umwelt 9007: 99 S.

Senn-Irlet B., Bieri G., Egli S. 2007: Rote Liste der gefährdeten Grosspilze der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern und Eidg. Forschungsanstalt (WSL), Birmensdorf. Umwelt-Vollzug 0718: 92 S.

Steiger P. 2010: Wälder der Schweiz. Von Lindengrün zu Lärchengold. Vielfalt der Waldbilder und Waldgesllschaften in der Schweiz. Mit einer Übersicht über Verbreitung und Häufigkeit der Waldgesellschaften der Schweiz. 4. Aufl. Hep-Ott-Verlag, Bern: 462 S.

Steinicke H., Henle K., Gruttke H. 2002: Einschätzung der Verantwortlichkeit Deutschlands für die Erhaltung von Tierarten am Beispiel der Amphibien und Reptilien. Natur und Landschaft 77: 72 – 80.

Strasburger E. (Begr.), Bresinsky A., Körner Ch., Kadereit J.W., Neuhaus G., Sonnewald U. 2008: Lehrbuch der Botanik. 36. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 1176 S.

Tschudin P., Eggenberg S., Fivaz S., Jutzi M., Sanchez A., Schnyder N., Senn-Irlet B., Gonseth Y. 2017: Endemiten der Schweiz – Methode und Liste. Schlussbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Bern: 37 S.

Turner H., Wüthrich M., Rüetschi J. 1994: Rote Liste der gefährdeten Weichtiere der Schweiz. In: Duelli P. 1994: Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL/BAFU), Bern. Vollzug Umwelt 9008: 75 – 79.

Walter T., Chittaro Y., Hoess R., Marggi W. 2016: *Agonum* (Olisares) *hypocrita* (Apfelbeck, 1904): Nachweise in der Schweiz und Festlegung des Rote Liste-Status sowie der nationalen Priorität (Coleoptera, Carabidae). Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 89: 147 – 160.

Welk E. 2002: Arealkundliche Analyse und Bewertung der Schutzrelevanz seltener und gefährdeter Gefässpflanzen Deutschlands. BfN, Bonn. Schriftenreihe Vegetationskunde 37: 338 S.

Wermeille E., Chittaro Y., Gonseth Y. 2014: Rote Liste Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna (CSCF), Neuenburg. Umwelt-Vollzug 1403: 97 S.

Zbinden N., Biber O. 1989: Die Entwicklung der Vogelwelt in der Schweiz. Schweizerische Vogelwarte, Sempach: 40 S.

Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz

Synthese Rote Listen

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

INFOSPECIES

Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz

Synthese Rote Listen

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU und InfoSpecies
Bern, 2023

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK);
Schweizerisches Informationszentrum für Arten, InfoSpecies

Autoren und Autorin
Gregor Klaus, Francis Cordillot, Irene Künzle

Begleitung BAFU
Glenn Litsios, Jérome Frei

Datenmanagement und -auswertung
Francis Cordillot und Luna Sartori

Fachexpertinnen und -experten
Tommy Andriollo (Koordinationsstelle West für Fledermausschutz CCO), Christophe Bornand (Info Flora), Yannick Chittaro (info fauna – CSCF), François Claude (info fauna – CSCF), Stefan Eggenberg (Info Flora), Yves Gonseth (info fauna – CSCF), Andrin Gross (SwissFungi WSL), Heike Hofmann (Swissbryophytes), Michael Jutzi (Info Flora), Thomas Kiebacher (Swissbryophytes), Peter Knaus (Schweizerische Vogelwarte Sempach), Hubert Krättli (Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz KOF), Markus K. Meier (Swissbryophytes), Christian Monnerat (info fauna – CSCF), Christophe Praz (info fauna – CSCF), Reto Saar (Schweizerische Vogelwarte Sempach), Luna Sartori (info fauna – CSCF), Benedikt Schmidt (info fauna – karch), Silvia Stofer (SwissLichens), Pascal Tschudin (GBIF Schweiz), Silvia Zumbach (info fauna – karch)

Korrektorat
Fredy Joss, Beatenberg

Grafiken
Atelier Scheidegger, Bern

Layout
Funke Lettershop AG

Titelbild
Nahaufnahme von zwei Nidwaldner Haarschnecken (*Trochulus biconicus*) unter einem Stein auf dem Chaiserstuel.
© Jeannette Kneubühler

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download
BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern
www.bundespublikationen.admin.ch
Art.-Nr.: 810.400.147D
www.bafu.admin.ch/uz-2305-d

Klimaneutral und VOC-arm gedruckt auf Recyclingpapier

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.
Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU/InfoSpecies 2023

Inhaltsverzeichnis

Abstracts		5
Vorwort		6
Zusammenfassung		7
1	Die Gefährdung beurteilen	9
2	Gefährdete Arten	14
3	Verschwundene oder vom Aussterben bedrohte Arten	17
4	Endemiten und weltweit gefährdete Arten	20
5	Entwicklung der Gefährdungssituation	23
6	Zustand nach Regionen	27
7	Zustand nach Lebensräumen	28
8	Mögliche Ursachen der Gefährdung	31
9	Bedeutung von Schutzgebieten	39
10	Datengrundlage	43
11	Forschungsbedarf	47
12	Prioritäten setzen für die Artenförderung	48
13	Vergleich mit anderen Ländern	50
Literatur		52
Gültige Rote-Listen-Publikationen		54
Anhang A: Bekannte und geschätzte Arten in der Schweiz		56
Anhang B: Anzahl und Anteil gefährdeter Arten in den Roten Listen der Schweiz		57

Abstracts

The Red Lists show the degree of threat to species and habitats. They are compiled and updated on behalf of the FOEN by experts from national data centres and coordination offices for species promotion based on IUCN criteria. For the second time since 2011, all data from the up-to-date Red Lists of threatened species of plant, animal and fungi in Switzerland has been compiled and evaluated for this report. The report also shows the state of biodiversity and habitats in the form of special evaluations and excursuses.

Keywords:
species diversity, habitats, Red Lists, threat situation

Rote Listen zeigen den Gefährdungsgrad von Arten und Lebensräumen. Sie werden im Auftrag des BAFU durch Fachleute der nationalen Datenzentren und Koordinationsstellen für Artenförderung nach den Kriterien der IUCN erarbeitet und aktualisiert. Für den vorliegenden Bericht wurden zum zweiten Mal nach 2011 alle Daten aus den aktuell gültigen Roten Listen der gefährdeten Pflanzen-, Tier- und Pilzarten in der Schweiz zusammengeführt und ausgewertet. Zudem wird der Zustand der Artenvielfalt und der Lebensräume in Form von Spezialauswertungen und Exkursen aufgezeigt.

Stichwörter:
Artenvielfalt, Lebensräume, Rote Listen, Gefährdungssituation

Les listes rouges montrent le degré de menace auquel sont soumises les espèces et les milieux naturels. Elles sont établies et mises à jour sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement par des spécialistes des centres nationaux de données et des services de coordination pour la conservation des espèces selon les critères de l'Union internationale pour la conservation de la nature. Le présent rapport constitue, pour la seconde fois après 2011, une synthèse de l'ensemble des listes rouges actuelles des espèces végétales, animales et fongiques en Suisse. Plusieurs analyses ciblées et digressions apportent en outre un éclairage sur l'état de la diversité des espèces et des milieux.

Mots-clés :
diversité des espèces, milieux, Listes rouges, degré de menace

Le Liste rosse illustrano il livello di minaccia cui sono esposti specie e habitat. Sono elaborate e aggiornate su mandato dell'UFAM e sulla base dei criteri dell'IUCN da esperti dei centri dati e dei servizi di coordinamento nazionali per la promozione delle specie. Nel quadro del presente rapporto si è proceduto, per la seconda volta dal 2011, a raccogliere e valutare i dati contenuti nelle Liste rosse al momento valide delle specie vegetali, animali e fungine minacciate in Svizzera. Inoltre, si è deciso di presentare lo stato attuale della biodiversità e degli habitat ricorrendo ad analisi ed excursus mirati.

Parole chiave:
biodiversità, habitat, Liste rosse, stato di minaccia

Vorwort

Leben ist das Merkmal, das unseren Planeten von allen bisher bekannten Himmelskörpern unterscheidet. Der Reichtum an Formen, Farben und Lebensweisen ist atemberaubend. Allein in der Schweiz wurden bisher mehr als 56 000 verschiedene Arten von Pflanzen, Tieren und Pilzen nachgewiesen. Das sind 56 000 verschiedene Baupläne des Lebens.

Um diesen Reichtum und dieses Erbe zu erhalten, werden Informationen über den Zustand möglichst vieler Arten benötigt. Auskunft über den Gefährdungsstatus von Arten bieten die Roten Listen. Diese werden in der Schweiz im Auftrag des BAFU von Fachexpertinnen und Fachexperten der nationalen Daten- und Informationszentren und der Koordinationsstellen für Artenförderung für bestimmte Organismengruppen (z. B. Vögel, Amphibien, Pilze) erstellt und in regelmässigen Abständen aktualisiert. Die Einteilung der Arten in Gefährdungskategorien erfolgt dabei nach wissenschaftlich nachvollziehbaren und international anerkannten Kriterien.

Rote Listen spielen als Indikatoren eine zentrale Rolle bei der Bewertung des Zustands der Artenvielfalt. Die vorliegende Synthese aller Roten Listen dient dazu, den allgemeinen Gefährdungszustand und den Handlungsbedarf aufzuzeigen, um zielgerichtete Massnahmen einleiten zu können.

Für ein Fünftel der bekannten einheimischen Arten in der Schweiz liegt eine Einschätzung des Aussterberisikos vor. Mehr als ein Drittel dieser Arten sind gefährdet. Sie haben nur noch kleine Verbreitungsareale, kleine Populationen und/oder sinkende Bestände. Je kleiner und fragmentierter das besiedelte Gebiet ist und je rascher der Bestand zurückgeht, desto höher ist die Gefährdungsstufe. Die Hauptursache für den schlechten Zustand der Artenvielfalt ist bekannt: Wir nutzen unsere natürlichen Ressourcen nicht nachhaltig.

Doch es gibt auch gute Nachrichten. Bei einem Teil der Arten hat sich die Gefährdungssituation entspannt, und sie konnten in eine tiefere Kategorie eingestuft werden. Diese Verbesserungen sind meist sehr spezifisch und den seit der Jahrtausendwende intensivierten Bemühungen von Bund, Kantonen, Gemeinden und Privaten zum Schutz der Biodiversität zu verdanken. Die Erfolgsgeschichten zeigen, dass sich der Einsatz lohnt und dass etwas in Bewegung gesetzt wurde.

Franziska Schwarz, Vizedirektorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Silvia Stofer, Präsidentin
InfoSpecies

Zusammenfassung

Rote Listen sind Fachgutachten, die das Aussterberisiko von einheimischen Arten zeigen. Die Roten Listen der Schweiz werden im Auftrag des BAFU erstellt und durchlaufen einen mehrjährigen Prozess nach den Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN. Diese internationalen Richtlinien ermöglichen eine objektive Einstufung und verbessern die Vergleichbarkeit der Roten Listen auf nationaler und internationaler Ebene.

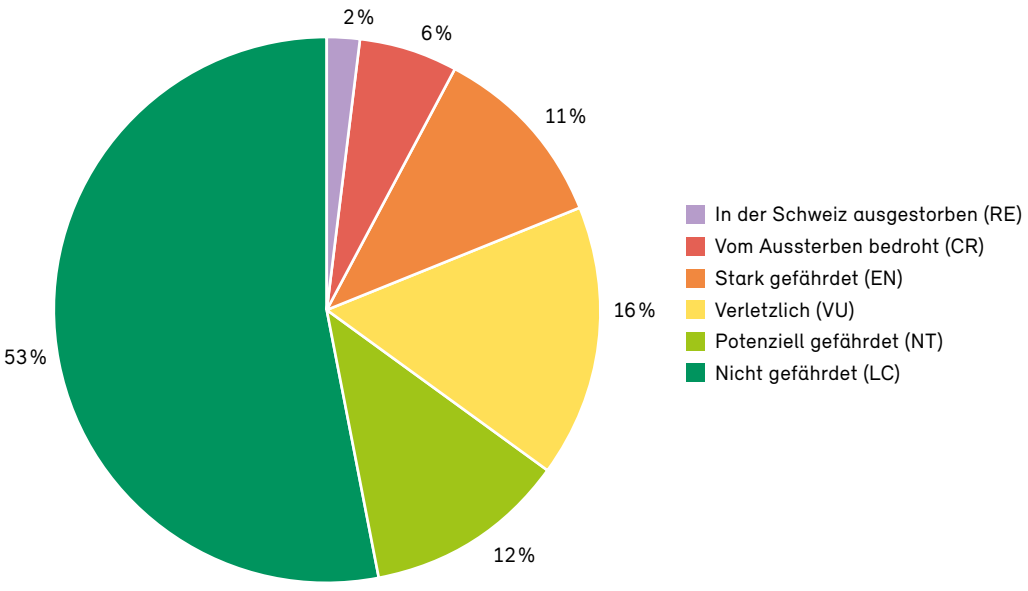
Seit der letzten Rote-Listen-Synthese 2011 wurden elf Rote Listen revidiert (Säugetiere, Fledermäuse, Brutvögel, Reptilien, Amphibien, Fische und Rundmäuler, Zehnfusskrebse, Tagfalter, Libellen, Gefässpflanzen, Moose) und drei neue Rote Listen erarbeitet (Hirsch-, Bock-, Pracht- und Rosenkäfer; Singzikaden; Lebensräume). Insgesamt konnten 494 Arten neu bewertet werden. Auch die Gesamtzahl der bekannten Arten hat seit 2011 zu zugenommen (von 45 890 auf 56 009).

Insgesamt ergibt sich für 47 % der untersuchten Arten in der Schweiz ein Handlungsbedarf für Artenschutz- und Artenförderungsmassnahmen (Abb. 1). Der Anteil der gefährdeten oder ausgestorbenen Arten unterscheidet sich deutlich zwischen den einzelnen Organismengruppen. Der Anteil liegt bei den Tieren am höchsten, gefolgt von den Pilzen und Flechten sowie den Pflanzen (Abb. 2). Die Hauptgründe für die Gefährdung sind die Zerstörung von Lebensräumen, die abnehmende Lebensraumqualität sowie die kleinen Verbreitungsgebiete.

Ein Vergleich zwischen den Roten Listen der aktuellen und der vorherigen Periode zeigt, dass sich die Gefährdungssituation in der Schweiz insgesamt nicht verbessert hat. Ein wesentliches Ziel der zehnten Vertragsstaatenkonferenz der Biodiversitätskonvention aus dem Jahr 2010 wurde somit nicht erreicht.

Der Anteil gefährdeter Arten ist im intensiv genutzten Mittelland am höchsten und in den östlichen Zentralalpen am niedrigsten. Auf aquatische und feuchte Lebensräume angewiesene Tier- und Pflanzenarten sind überdurchschnittlich häufig gefährdet oder bereits ausgestorben.

Abb. 1: Anteil der Arten nach Gefährdungskategorien in der Schweiz



Quelle: BAFU

Die Schweiz trägt eine besondere Verantwortung für Arten, die ausschliesslich oder zum grössten Teil in der Schweiz vorkommen (sogenannte Endemiten). Von diesen Arten stehen 48 % auf den Roten Listen.

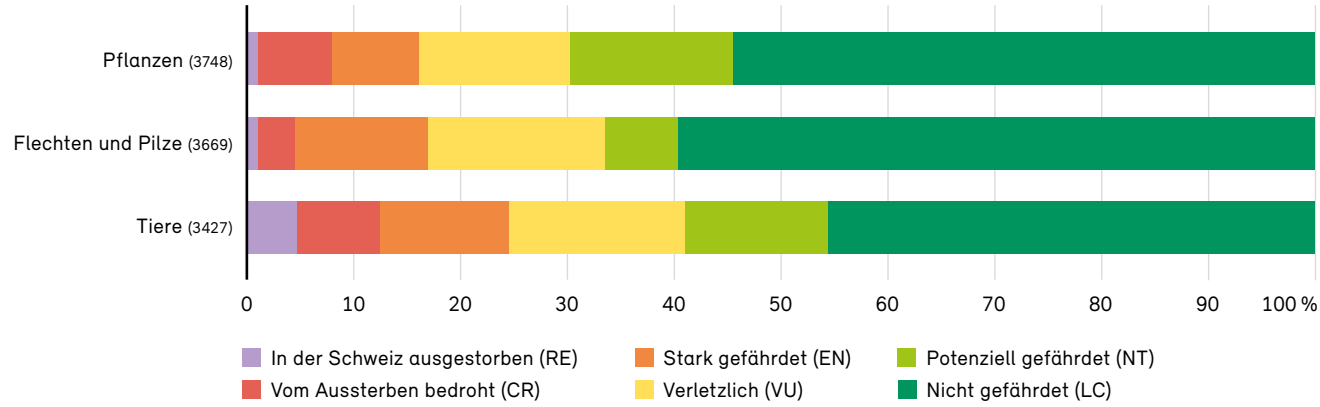
Schutzgebiete sind für die Erhaltung gefährdeter Arten besonders wichtig. Ein Drittel der Fundorte von gefährdeten Arten liegt in den Biotopen von nationaler Bedeutung, obwohl diese nur 2,2 % der Landesfläche ausmachen.

Für viele Organismengruppen gibt es nur wenige Expertinnen und Experten, die Funde von Arten sicher bestimmen können. Dies hat zur Folge, dass nur ein kleiner Teil der gesamten Artenvielfalt der Schweiz im Rahmen von Rote-Liste-Projekten erfasst werden kann.

Im Vergleich zu benachbarten Ländern ist der Anteil gefährdeter oder ausgestorbener Arten in der Schweiz besonders hoch. Dies zeigt die grosse Verantwortung der Schweiz und den Handlungsbedarf im Bereich des Artenschutzes und der Artenförderung.

Abb. 2: Anteil Pflanzen, Pilze und Flechten sowie Tierarten nach Gefährdungskategorien

In Klammern: absolute Anzahl der bewerteten Arten pro Organismengruppe. Stand 2023.



Quelle: BAFU

1 Die Gefährdung beurteilen

1.1 Ein mehrjähriger Prozess

Um die Biodiversität zu erhalten, ist es besonders wichtig, den Gefährdungsstatus möglichst vieler Pflanzen-, Tier- und Pilzarten sowie der Lebensräume zu kennen. Auskunft über den Gefährdungsstatus geben die Roten Listen. Darin werden Arten und Lebensräume anhand von definierten Kriterien (Abb. 3) in Gefährdungskategorien (Abb. 4) eingestuft.

Seit 2000 wird jede Rote Liste in der Schweiz in einem mehrjährigen Prozess nach den international anerkannten Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN erstellt (für Details siehe Cordillot & Klaus 2011). Die Kriterien sind genau definiert. Dadurch wird die Einstufung der Arten wissenschaftlich überprüfbar. Trotz einiger Einschränkungen (siehe Box 1) ist das Beurteilungssystem der IUCN genauer und verbindlicher als die Kriterien, welche in den schweizerischen Listen bis zur Jahrtausendwende zur Anwendung kamen.

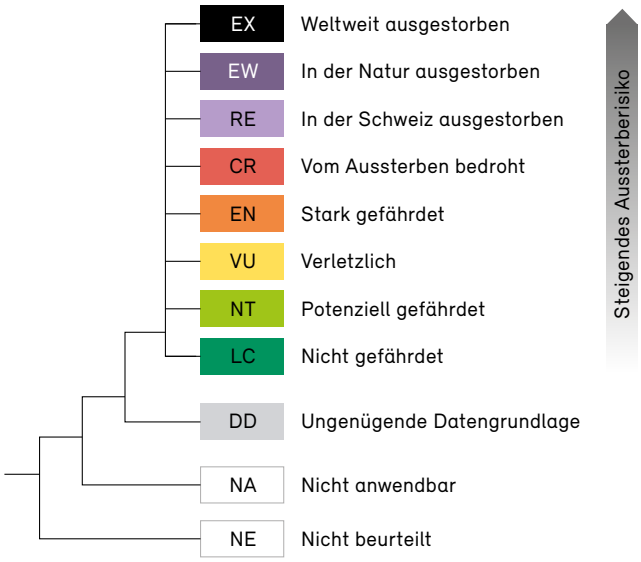
Die Einstufung der Gefährdungskategorie einer Art beruht auf Kriterien, welche die Aussterbewahrscheinlichkeit einer Art beschreiben (Abb. 3). Jede Gefährdungsbeurteilung muss dokumentiert werden, sodass nachvollziehbar ist, welche Kriterien zur vorgeschlagenen Einstufung geführt haben. Generell ist die Gefährdungsstufe einer Art umso höher, je kleiner und fragmentierter das besiedelte Gebiet ist und je rascher der Bestand zurückgeht (siehe auch quantitative Schwellenwerte in InfoSpecies 2021).

Als «Gefährdet» werden alle Arten der IUCN-Kategorien «Vom Aussterben bedroht» bis «Verletzlich» bezeichnet (Abb. 4). Die Kategorie «Potenziell gefährdet» gilt als Vorwarnliste, weil diese Arten eine mögliche oder wahrscheinliche Gefährdung aufweisen. Zusammen mit Arten der Kategorien «ausgestorben», «nicht gefährdet» und «ungenügende Datengrundlage» ergibt sich die Anzahl beurteilter Arten. Neobiota, gelegentliche Gäste, Wanderarten und die Arten mit taxonomischen Unsicherheiten werden als «Nicht anwendbar» eingestuft. Einheimische Arten, die aus anderen Gründen noch nicht im Rahmen einer Roten Liste beurteilt wurden (z. B. Wanzen, Kleinschmetterlinge), gelten als «Nicht beurteilt».

Abb. 3: Nachvollziehbare Beurteilungskriterien ermöglichen die Einstufung in Gefährdungskategorien.

Quelle: iucnredlist.org

Abb. 4: Die Gefährdungskategorien der Roten Listen



Quelle: iucnredlist.org

Für die Anwendung der IUCN-Kriterien bei der Erstellung einer Roten Liste wird ein möglichst detailliertes Bild der nationalen Verbreitung der Arten verlangt. Dies bedingt zum Teil aufwendige Feldarbeiten (siehe Box 2), die im Auftrag des BAFU von den nationalen Daten- und Informationszentren und den Koordinationsstellen für Artenförderung durchgeführt werden (für Details siehe Cordillot & Klaus 2011, Kap. 1.6).

1.2 Die Bedeutung des Rote-Listen-Status

Rote Listen beurteilen die Aussterbewahrscheinlichkeit von Organismen und Lebensräumen und stellen damit ein Warnsystem bei der Erhaltung der Biodiversität dar. Seit 2000 werden die Arten in der Schweiz nach den Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN bewertet. Publiziert oder anerkannt, sind sie ein rechtswirksames Instrument des Natur- und Landschaftsschutzes. Sie liefern insbesondere die Grundlage für:

1. die Bezeichnung von schützenswerten Lebensräumen von gefährdeten Arten und dienen damit als wichtiges Argument in der Interessenabwägung bei Planungs- und Bauvorhaben nach Artikel 18 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG, SR 451) und Artikel 14 der entsprechenden Verordnung (NHV, SR 451.1); für Fische und Edelkrebse präzisiert in der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei, (VBGF, SR 923.01);
2. die Prioritätensetzung von Massnahmen zur Artenförderung aufgrund des Gefährdungsgrades in Kombination mit der internationalen Verantwortung (National Prioritäre Arten und Lebensräume, siehe Kap. 12); und
3. die Information der Öffentlichkeit über den Zustand der Biodiversität.

Rote Listen haben es geschafft, ein vielfältiges Zielpublikum mit wissenschaftlich fundierten, aber dennoch einfach verständlichen Aussagen zum Zustand der Artenvielfalt und von Lebensräumen zu beliefern. Rote Listen signalisieren Handlungsbedarf, sind Argumentationshilfe in der Naturschutzpraxis und Erfolgskontrolle, rechtfertigen und stärken den Arten- und Biotopschutz, fliessen in verschiedene Zustandsindikatoren ein und aktivieren Forschungsprojekte und Massnahmenprogramme zu gefährdeten Arten und Lebensräumen.

1.3 Das Rote-Listen-Programm der Schweiz

1999 hat das BAFU die einzelnen Projekte für Rote Listen zu einem Programm gebündelt. Bis 2023 lagen 21 rechtswirksame Rote Listen vor: 20 in der Reihe Umwelt-Vollzug (siehe «Gültige Rote-Listen-Publikationen») und die Rote Liste der Lebensräume als externer Bericht im Auftrag des BAFU (Delarze et al. 2016).

Rote-Liste-Ausgaben sollten etwa alle 10 Jahre revidiert werden, um mit den Veränderungen Schritt zu halten. 16 der 20 aktuell gültigen Roten Listen gefährdeter Arten sind jünger als 10 Jahre (Abb. 7). Allerdings wurde bisher nur für die Brutvögel der Zyklus von 10 Jahren eingehalten. Bei mehreren Insektengruppen sind die Listen fast 30 Jahre alt (Publikationsjahr 1994). Im Vergleich zur Roten-Listen-Synthese 2011 gab es mehrere wichtige Veränderungen (Tab. 1).

Tab. 1: Veränderungen in der Datengrundlage seit der Roten-Listen-Synthese 2011

Insgesamt konnten 494 Arten neu bewertet werden.

Revidierte Rote Listen	Neue Rote Listen
Säugetiere	Hirsch-, Bock-, Pracht- und Rosenkäfer
Fledermäuse	Singzikaden
Brutvögel	Lebensräume
Reptilien	
Amphibien	
Fische und Rundmäuler, Zehnfusskrebse	
Tagfalter	
Libellen	
Gefässpflanzen	
Moose	

Box 1: IUCN-Kriterien – ein faktenbasiertes Bewertungssystem mit Grenzen

Eine Rote Liste, die nach den Kriterien der IUCN angefertigt wurde, zeigt das Aussterberisiko von Arten innerhalb einer bestimmten Organismengruppe. In der Schweiz kommen meist Kriterium A (abnehmende Populationsgrösse) und B (kleines Verbreitungsgebiet) zur Anwendung (vgl. Abb. 3). Die Einstufung in eine der Gefährdungskategorien nach Kriterium A sind allerdings streng:

- Eine Art gilt als «Vom Aussterben bedroht» (CR), wenn der Bestand in den letzten 10 Jahren um mehr als 80 % geschrumpft ist.
- Eine Art gilt als «Stark gefährdet» (EN), wenn der Bestand in den letzten 10 Jahren um mehr als 50 % geschrumpft ist.
- Eine Art gilt als «Verletzlich» (VU), wenn der Bestand in den letzten 10 Jahren um mehr als 30 % geschrumpft ist.

Das heisst aber auch: Eine Art, deren Bestand in 10 Jahren um «nur» 25 % geschrumpft ist, ist gemäss IUCN keine Rote-Liste-Art, wenn sie noch ein grosses Verbreitungsgebiet hat. 25 % sind ein deutlicher Rückgang, aber das Risiko, dass die Art in absehbarerer Zeit ausstirbt, ist dennoch klein. Dieses Vorgehen ist aus dem Blickwinkel des «Aussterberisikos», den die IUCN verfolgt, gerechtfertigt. Eine grosse Population trägt nämlich erst dann ein hohes Risiko, aus einem Gebiet zu verschwinden, wenn ihr Bestand sehr rasch und massiv zurückgeht. Damit wird eine gewisse Dynamik in der Zusammensetzung und Bestandsgrösse von Arten akzeptiert. Allerdings führt dies auch dazu, dass häufige oder mittelhäufige Arten, deren Bestand rückläufig ist und die sogar aus Teilgebieten ganz verschwinden, nicht als gefährdet taxiert werden, sondern nur auf der Liste der potenziell gefährdeten Arten stehen (Knaus et al. 2021).

Dank Massnahmen kann sich ein Bestandsrückgang abflachen, oder ein Trend wird sogar positiv. Dies ist eine erfreuliche Entwicklung. Die IUCN-Kriterien führen dann aber oft rasch zu einer tieferen Einstufung; ein Miteinbezug früherer, zum Teil massiver Bestandseinbussen, ist nicht möglich. Liegen diese Rückgänge mehrere Jahrzehnte zurück, können solche Arten unter Umständen gemäss den Kriterien als «nicht gefährdet» eingestuft werden.

Weil solche Arten für die Artenförderung immer noch eine hohe Bedeutung haben, wird in den Roten Listen der Schweiz seit 2016 ein weiteres Kriterium zur Gefährdungseinstufung angewendet: «conservation dependent» (Beispiel Kreuzkröte: siehe Box 11). Bei den Pflanzen sind davon insgesamt 201 Arten betroffen (Bornand et al. 2016), beispielsweise der Moor-Steinbrech (*Saxifraga hirculus*, Abb. 5). In Europa ist diese Art überall im Rückgang begriffen, und viele der reliktischen Vorkommen gelten als sehr gefährdet und rückläufig. In der Schweiz ist nur noch eine einzige Population bekannt. Dank intensiver Bemühungen ist diese Population relativ stabil, weshalb die Art nach IUCN-Kriterien nur mit dem Status «Verletzlich» bewertet werden kann – was ohne Zweifel eine zu geringe Einschätzung ist. Denn wenn die Schutzmassnahmen wegfallen, würde die Art in kürzester Zeit verschwinden. In der aktuellen Roten Liste ist die Art daher als «Vom Aussterben bedroht» eingestuft.

Abb. 5: Der Moor-Steinbrech (*Saxifraga hirculus*) verfügt in der Schweiz nur noch über eine einzige Population.

Foto: Christophe Bornand

Box 2: Die Gefährdungseinstufung im Praxistest

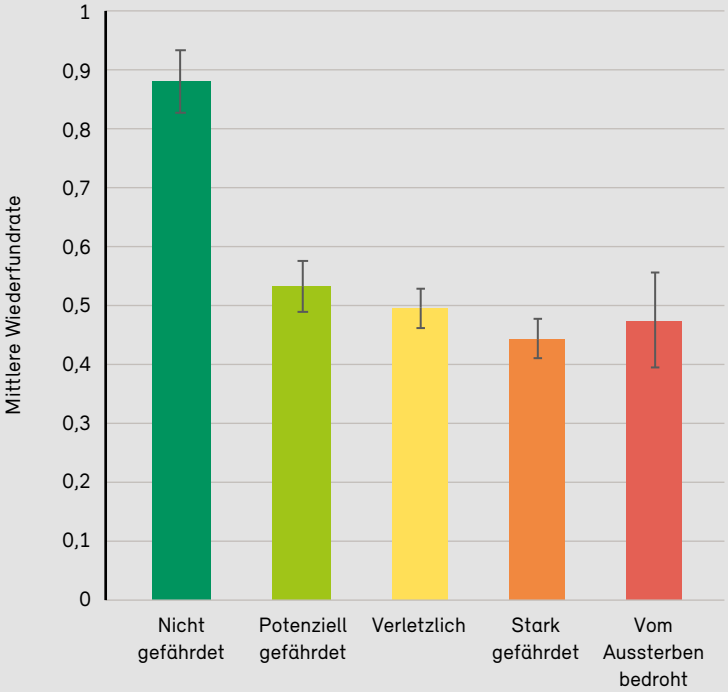
Im Rahmen der Arbeiten für die neue Rote Liste der Gefässpflanzen 2016 haben über 400 ehrenamtliche Botanikerinnen und Botaniker zwischen 2002 und 2015 die Fundorte von mehr als 800 Arten aufgesucht (Bornand et al. 2016). Die Meldungen dieser Fundorte stammten vorwiegend aus den Jahren 1960 bis 2000. Ziel der Kontrollerhebungen war es, die Populationen der Pflanzenarten wiederzufinden und wichtige Informationen über den Zustand sowie mögliche Gefährdungsfaktoren zu ermitteln. Nach den Feldbegehungen wusste man für jede untersuchte Art, an wie vielen Orten sie wiedergefunden wurde und an wie vielen Orten sie verschwunden war. Die daraus berechnete Wiederfundrate ist eine wichtige Kennzahl für die Bestimmung des Gefährdungsstatus einer Art.

Im Kanton Schaffhausen wurden die Standorte von 93 Pflanzenarten nochmals aufgesucht. Forschende haben die dort ermittelte Wiederfundrate mit dem Gefährdungsgrad aus der alten Roten Liste aus dem Jahr 2002 verglichen (Holderegger et al. 2019). Sie wollten so herausfinden, ob Arten, die damals als stark gefährdet eingestuft worden waren, seltener wiedergefunden wurden als Arten, die als ungefährdet oder nur potenziell gefährdet galten.

Vor allem die nicht gefährdeten und damit häufigen Arten weisen eine sehr hohe Wiederfundrate auf (Abb. 6). Die Arten der eigentlichen Gefährdungskategorien («Vom Aussterben bedroht», «Stark gefährdet» und «Verletzlich») weisen dagegen alle Wiederfundraten von unter 50 % auf. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Gefährdungslage der Arten in der alten Roten Liste korrekt beurteilt worden ist.

Abb. 6: Mittlere Wiederfundrate (und Standardfehler) von Arten verschiedener Gefährdungskategorien

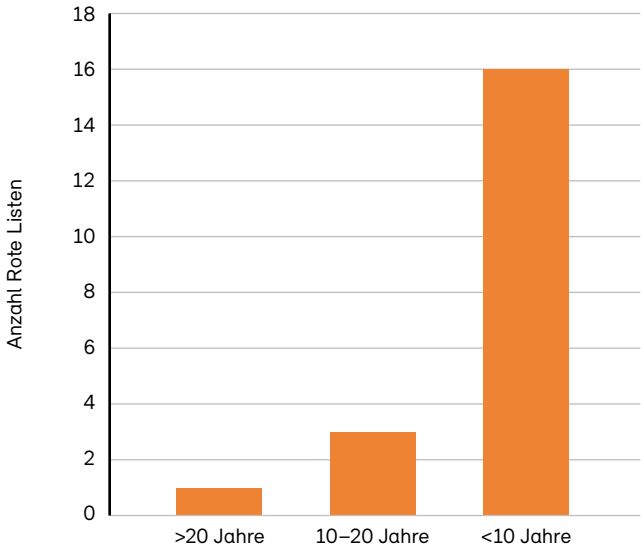
Foto: Das Bodensee-Vergissmeinnicht (Myosotis rehsteineri) ist eine schweizweit stark gefährdete Pflanzenart. Im Kanton Schaffhausen konnte kein einziger der früher bekannten Fundorte bestätigt werden.



Quelle: Holderegger et al. 2019. Foto: Adrian Möhl

Abb. 7: Alter der aktuell gültigen 20 Roten Listen gefährdeter Arten

Das Evaluationsjahr kann vom Publikationsjahr abweichen.
In der Regel erscheinen die Roten Listen zwei Jahre nach erfolgter Gefährdungsabschätzung.



Quelle: BAFU

2 Gefährdete Arten

Für die Schweiz wurden bisher 56 009 einheimische Arten nachgewiesen (nur mehrzellige Arten, Stand 2022). Das sind über 10 000 Arten mehr als 2011, welche vor allem aus den Gruppen der Insekten (+7091) und der Pilze (+2842) stammen. Diese Zunahme ist unter anderem auf die Anwendung neuer molekularer Bestimmungsmethoden, der Intensivierung der Forschung sowie der generellen Zunahme an Beobachtungsmeldungen zurückzuführen (siehe auch Kap. 10).

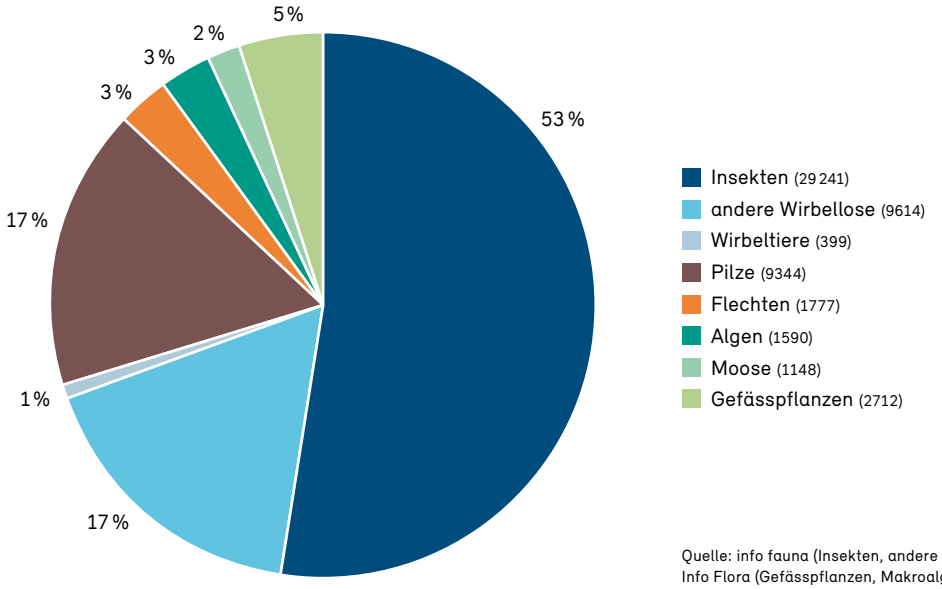
52 % der bekannten Arten der Schweiz sind Insekten (Abb. 8). Fachleute nehmen an, dass in der Schweiz weitere 20 000 noch nicht entdeckte respektive beschriebene Insektenarten leben. Insgesamt wird die Artenvielfalt der Schweiz auf 85 180 mehrzellige Arten geschätzt (Tab. 2). Die Schweiz beherbergt damit ähnliche Zahlen wie andere, flächenmässig wesentlich grössere Länder Europas. Diese Vielfalt verdankt sie vor allem der Topografie mit grossen Höhenunterschieden, der heterogenen Niederschlagsverteilung und der Lage im Zentrum Europas an der Schnittstelle verschiedener Gewässereinzugsgebiete.

Für die Roten Listen werden nur einheimische wildlebende Arten innerhalb ihres natürlichen Verbreitungs- und Besiedlungsraumes sowie wieder angesiedelte einheimische Arten bewertet. Nicht bewertet werden eingeführte Arten sowie jene Arten, die sich im Beurteilungsraum nicht fortpflanzen oder die mit taxonomischen Unsicherheiten behaftet sind. Arten mit ungenügender Datengrundlage werden ebenfalls nicht bewertet (Abb. 4).

Bisher wurde von 10 844 einheimischen Arten mit genügender Datengrundlage der Gefährdungsstatus ermittelt. Das sind 494 Arten mehr als noch vor zehn Jahren. Da jedoch die Anzahl bekannter Arten seither noch stärker zugenommen hat (von 45 890 auf 56 009), sinkt der Anteil bewerteter Arten von 23 % auf 20 % (Tab. 2). Allerdings gibt es grosse Unterschiede zwischen den Organismengruppen. So sind nur 10 % aller bekannten Insektenarten hinsichtlich Aussterberisiko bewertet worden; bei den Pilzen sind es 32 % und bei den Flechten 41 %. Bei den Gefässpflanzen, Moosen und den Wirbeltieren liegt dieser Wert bei fast 100 %.

Abb. 8: Anteil der in der Schweiz bekannten einheimischen Arten pro Organismengruppe

In Klammern: absolute Anzahl der bekannten einheimischen Arten. Stand 2022.



Quelle: info fauna (Insekten, andere Wirbellose, Wirbeltiere), Vogelwarte (Vögel), Info Flora (Gefässpflanzen, Makroalgen), Swissbryophytes (Moose), SwissLichens (Flechten), SwissFungi (Pilze), Widmer et al. 2021 (Insekten)

Von den insgesamt 10 844 bewerteten Arten wurden 35 % als gefährdet oder ausgestorben eingestuft (Abb. 1). 12 % der Arten sind potenziell gefährdet. Viele dieser Arten sind zwar noch weit verbreitet, weisen aber rückläufige Bestände oder kleiner werdende Verbreitungsgebiete auf. Damit ergibt sich für 47 % aller untersuchten einheimischen Arten in der Schweiz Handlungsbedarf für Artenschutz- und Artenförderungsmassnahmen.

Der Anteil gefährdeter oder ausgestorbener Arten variiert stark je nach Organismengruppe (Abb. 9). Bei den Gruppen mit wenigen Arten (unter 25 Arten) wie den Armleuchteralgen, den Zehnfusskrebsen, den Singzikaden, den Amphibien und den Reptilien ist er besonders hoch.

Tab. 2: Anteile geschätzter, bekannter, bewerteter und gefährdeter/ausgestorbener Arten in der Schweiz

Ohne ein- oder wenigzellige Mikroalgen, Schleimpilze und Protozoen, ohne Bakterien und Viren; Pflanzen umfassen die Gefässpflanzen, die Moose und die Algen. In den Roten Listen wurden alle bekannten einheimischen Arten bewertet, für die eine ausreichende Datengrundlage vorliegt. Arten, die in eine Gefährdungskategorie («Vom Aussterben bedroht», «Stark gefährdet» und «Verletzlich») eingeteilt wurden, werden als gefährdete Arten bezeichnet. Detaillierte Zahlen zu den bekannten und geschätzten Arten: siehe Anhang A. Stand 2022.

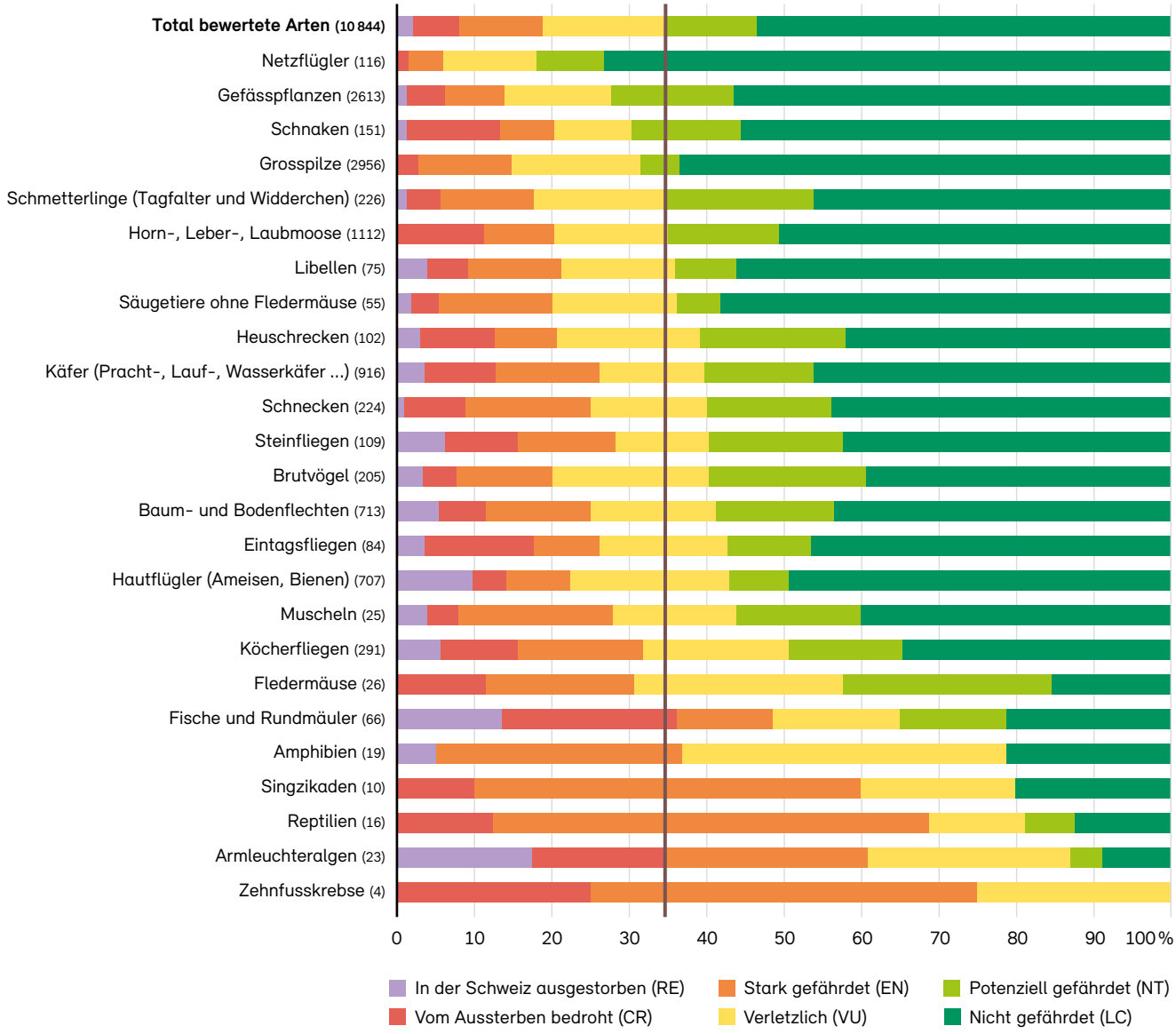
Einheimische Arten 2022		gefährdet oder ausgestorben	potenziell gefährdet	nicht gefährdet	bewertet	bekannt	geschätzt
Total	Anzahl	3776	1282	5786	10 844	56 009	85 180
	Prozent	35 %	12 %	53 %	19 %	100 %	
Tiere	n	1409	457	1561	3427	39 438	62 227
	%	41 %	13 %	46 %	9 %	100 %	
Pflanzen	n	1135	575	2038	3748	5450	5926
	%	30 %	15 %	55 %	69 %	100 %	
Flechten, Pilze	n	1232	250	2187	3669	11 121	17 027
	%	33 %	7 %	60 %	33 %	100 %	

Quelle: BAFU, InfoSpecies, Widmer et al. 2021

Abb. 9: Anteil der Arten nach Gefährdungskategorien pro Organismengruppe

Von den 10 844 bewerteten Arten gelten 35 % als gefährdet oder ausgestorben (vertikale Linie: Durchschnitt über alle Arten).

In Klammern: absolute Anzahl der bewerteten Arten. Detaillierte Zahlenangaben: siehe Anhang B. Stand 2023.



Quelle: BAFU

3 Verschwundene oder vom Aussterben bedrohte Arten

Das Verschwinden einer Art ist ein schleichender Prozess, der zunächst auf lokaler Ebene beginnt. Durch den Rückgang der Lebensraumqualität sinkt die Individuendichte. Durch Lebensraumzerstörungen können aber auch ganze Bestände innerhalb kurzer Zeit ausgelöscht werden. Das einst geschlossene Verbreitungsgebiet einer Art wird somit immer löchriger. Halten die Bedrohungsfaktoren an, verschwindet die Art aus ganzen Regionen und Ländern.

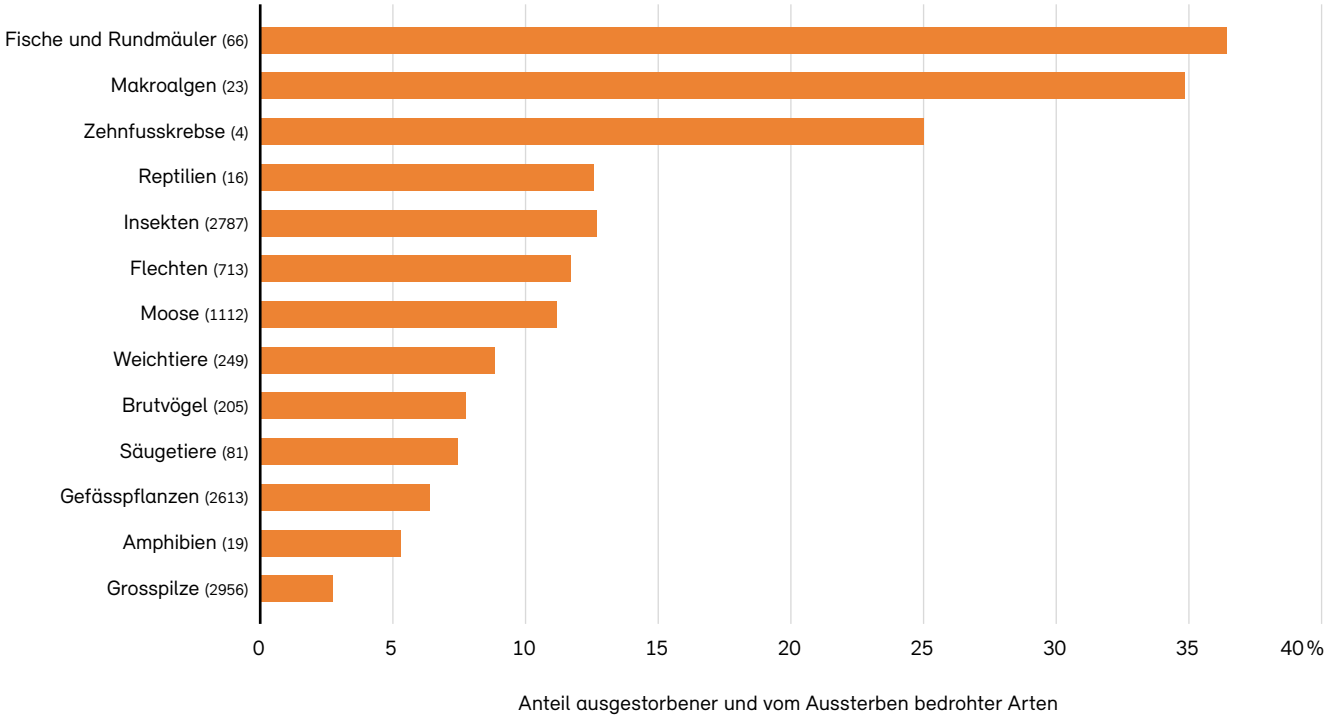
Das Verschwinden einer Art aus einem Land bedeutet nur in wenigen Ausnahmefällen, dass sie auch global aufgehört hat zu existieren. Es zeigt aber, dass sich ihr Verbreitungsgebiet bedrohlich verkleinert hat. 245 Arten sind in der Schweiz ausgestorben. Sieben davon sind weltweit ausgestorben (sechs Fischarten und eine Gefässpflanzen-Unterart).

Seit 2016 unterscheidet die IUCN zwischen nachweislich verschwundenen und verschollenen Arten, bei denen noch Hoffnung auf Wiederfunde besteht. Letztere haben neu den Status «Vom Aussterben bedroht»; in der Synthese Rote Listen 2011 (Cordillot & Klaus 2011), wurden sie noch als ausgestorben eingestuft. Die absolute Anzahl ausgestorbener Arten lässt sich daher nicht direkt vergleichen.

Seit 2011 sind acht weitere Arten ausgestorben oder verschollen. Dabei handelt es sich bei den Fischen um die Moorgrundel (*Misgurnus fossilis*), bei den Libellen um die Mond-Azurjungfer (*Coenagrion lunulatum*) sowie um drei Tagfalterarten (Trauerwidderchen *Aglaope infausta*, Rotbindiger Samtfalter *Arethusana arethusa*, Andorn-Dickkopffalter *Carcharodus baeticus*). Unter den Gefässpflanzen

Abb. 10: Anteil der Arten, die in die Kategorien «In der Schweiz ausgestorben» oder «Vom Aussterben bedroht» fallen, pro Organismengruppe

Insgesamt sind 887 (8 %) der total 10 844 bewerteten Arten betroffen. In Klammern: absolute Anzahl der ausgestorbenen und gefährdeten Arten.



Quelle: BAFU

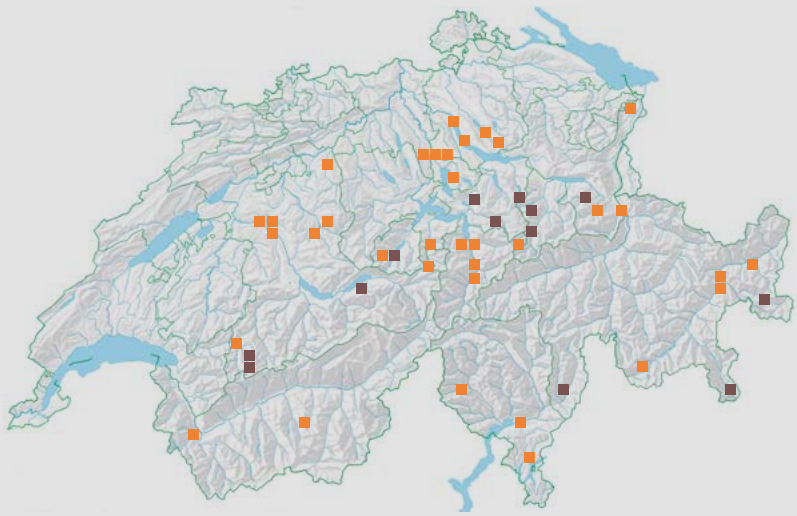
Box 3: «Vom Aussterben bedroht» – rasches Handeln ist notwendig

Die Schöne Wimperflechte (*Heterodermia speciosa*) trägt ihren Namen zu Recht: Der relativ grosse, türkisfarbene und geweihförmige Vegetationskörper ist am vordersten Rand mit hübschen weissen Härchen ausgestattet (Abb. 11). Die attraktive Art, die zumindest von Fachexpertinnen und -experten im Feld nicht übersehen wird, war früher im Mittelland weit verbreitet. Eine der ältesten Fundmeldungen stammt von einem Obstbaum in Herrliberg im Kanton Zürich aus dem Jahr 1834. Die Art besiedelte in der Kulturlandschaft vor allem gut besonnte Obstbäume in Landschaftskammern mit einer überdurchschnittlichen Luftfeuchtigkeit.

Heute ist das Verbreitungsgebiet der Schönen Wimperflechte in der Schweiz auf wenige Standorte geschrumpft (Abb. 11). Aus dem Kulturland ist sie ganz verschwunden. Zunächst war es die Luftverschmutzung mit Schwefeldioxid, die die Bestände einbrechen liess, später kamen die flächendeckend zu hohen Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft und aus Verbrennungsprozessen dazu. Der Stickstoffeintrag führt dazu, dass die Flechte von Algen, Moosen und anderen Flechtenarten überwachsen wird. Der Lebensraum veränderte sich aber nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ: Von den einst über 14 Millionen Hochstammobstbäumen (1951) waren 2021 nur rund 2 Millionen übrig (BLW 2022).

Heute kommt die Schöne Wimperflechte nur noch auf wenigen Bäumen in lichtdurchfluteten und dennoch verhältnismässig feuchten Wäldern vor – und auf diesen Bäumen jeweils nur auf handflächengrossen Flächen. Auenwälder wären ihr ursprüngliches Habitat, doch diese sind bis auf wenige Reste verschwunden oder in einem ungenügenden ökologischen Zustand. Die Art wird deshalb in der Schweiz als «Vom Aussterben bedroht» eingestuft. Für Arten dieser Einstufung ist die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass sie die kommenden 10 Jahre nicht überleben. Zwar sind die heutigen Rückzugsorte relativ sicher. Doch ein einziges zufälliges Ereignis (z. B. ein Holzschlag) kann lokal zum Verschwinden einer Art führen. Es gilt daher, die bekannten Vorkommen rasch zu sichern. Gleichzeitig müssen neue Lebensräume geschaffen werden, in der die Schöne Wimperflechte wieder angesiedelt werden kann.

Abb. 11: Frühere und heutige Verbreitung der Schönen Wimperflechte (*Heterodermia speciosa*)



Fund-Zeitraum: 1989–2022
Fund-Zeitraum: 1800–1988

Quelle und Foto: SwissLichens

ist die Wanderheide (*Erica vagans*) sowie der Donau-Ampfer-Knöterich (*Polygonum lapathifolium* subsp. *brittingeri*) verschwunden, bei den Grosspilzen das Weisse Stengelbecherchen (*Hymenoscyphus albidus*).

Viele Arten in der Schweiz waren in den letzten Jahrzehnten von Bestandseinbussen betroffen. Manche davon haben nur noch ein sehr kleines Verbreitungsgebiet oder sind nur noch mit sehr wenigen Individuen vertreten. 642 Arten erfüllen dieses Kriterium: Sie werden in der Roten Liste als «Vom Aussterben bedroht» eingestuft, das heisst, es besteht in den nächsten 10 Jahren ein hohes Aussterberisiko. Insgesamt sind 8 % der bewerteten Arten ausgestorben oder vom Aussterben bedroht (Abb. 10).

Den höchsten Anteil an in der Schweiz ausgestorbenen oder vom Aussterben bedrohten Arten weisen aquatische Organismengruppen auf (Fische, Makroalgen, Zehnfusskrebse), aber auch Lebensraumspezialisten der Feuchtgebiete und Trockenstandorte (Abb. 10, Kapitel 7).

4 Endemiten und weltweit gefährdete Arten

Für Arten, deren Aussterben in der Schweiz ein weltweites Aussterben oder ein deutlich erhöhtes Aussterberisiko bedeuten würde, trägt die Schweiz eine besonders hohe internationale Verantwortung. Dazu gehören endemische Arten sowie einheimische Arten, die weltweit oder europaweit gefährdet sind.

In der Schweiz wurden bisher 156 Arten und 23 Unterarten nachgewiesen, deren weltweites Verbreitungsareal auf die Schweiz oder eng begrenzt auf die Schweiz und das angrenzende Ausland zu liegen kommt.

Voraussetzung für die Einstufung als endemische Art sind ein ausreichender Kenntnis- (Taxonomie und Ökologie) und Datenstand (registrierte und validierte Nachweise) zur Art und jeweiligen Organismengruppe: Die vorhandenen Verbreitungsdaten müssen einen landesweiten und internationalen Überblick erlauben (Tschudin et al. 2017, Abb. 12). Eine wichtige Rolle kommt dabei der 2016 vom Bund beschlossenen Teilnahme an der internationalen Biodiversitätsdatenbank «Global Biodiversity Information Facility» (GBIF) zu, welche es erlaubt, die Verbreitung von Arten im globalen Kontext einzuordnen.

Seit 2011 stieg die Anzahl bekannter endemischer und teilendemischer Taxa von 116 auf 179. Von diesen leben 44 ausschliesslich in der Schweiz und können als Vollendemiten oder Schweizer Endemiten bezeichnet werden. Vor allem bei den Fischen wurden neue Arten entdeckt (Selz et al. 2020): So zählt die Gattung *Coregonus* in der Schweiz 21 beschriebene Felchenarten, wovon 17 Schweizer Endemiten sind. Die Beschreibung von sieben weiteren Arten ist im Gang (O. Selz, pers. Mitteilung).

Im Jahr 2011 waren 27 Endemiten noch nicht als «National Prioritäre Arten» aufgelistet. Inzwischen gelten alle Schweizer Endemiten und Teilendemiten als Verantwortungsarten und müssen im Vollzug ausdrücklich berücksichtigt werden (BAFU 2019).

48 % aller bewerteten Endemiten stehen auf der Roten Liste (Abb. 13). Zwölf Arten (7 %) sind vom Aussterben bedroht,

Abb. 12: Endemismus sichtbar machen

Die Karten zeigen die Verbreitung von drei Schmetterlingsarten aus der gleichen Gattung: Links: Christs Mohrenfalter (Erebia christi). Mitte: Unpunktierter Mohrenfalter (Erebia pharte). Rechts: Graubindiger Mohrenfalter (Erebia aethiops). Christs Mohrenfalter lebt weltweit nur im Simplongebiet (Art als für die Schweiz teilendemisch eingestuft). Der Unpunktierte Mohrenfalter hat seinen Verbreitungsschwerpunkt in den Alpen (Art ohne endemischen Status für die Schweiz. Mit einem grossen Anteil am Alpengebiet trägt die Schweiz aber international eine hohe Verantwortung für den Erhalt dieser Art). Der Graubindige Mohrenfalter (Erebia aethiops) ist paläarktisch verbreitet.

Quelle: GBIF.org (Daten), EUROSTAT / info fauna (Karten)

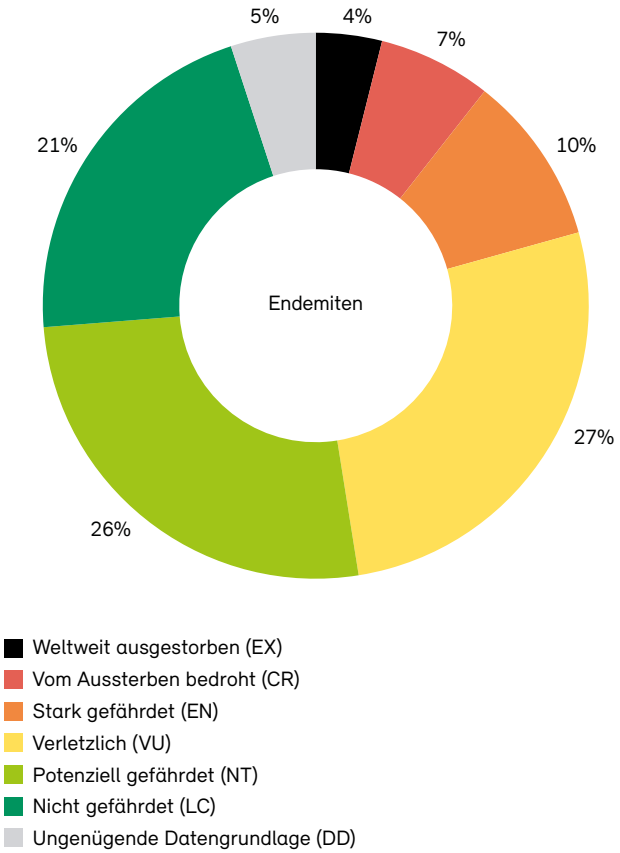
sieben Arten (4 %) sind ausgestorben: Der Bodensee-Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia* subsp. *amphibia*) war ein Endemit des Bodenseegebietes und wurde zuletzt nur noch in der Schweiz festgestellt (vor 1960). Hinzu kommen die Purpur-Grasnelke (*Armeria alpina* var. *purpurea*) sowie sechs Fischarten: Fünf Felchenarten (Gattung *Coregonus*) und *Salvelinus neocomensis*, eine Saiblingsart. Für neun beurteilte Arten mit endemischem Status lassen die gegenwärtig vorhandenen Daten keine Bewertung des Gefährdungsgrades zu (Datengrundlage ungenügend).

Aktuell führt die globale Rote Liste der IUCN 133 Arten auf, die in der Schweiz vorkommen und weltweit gefährdet oder ausgestorben sind. In der Schweiz *und* weltweit ausgestorben sind sieben Arten. Weitere 78 Arten gelten als potenziell gefährdet.

Es handelt sich bei diesen Arten vor allem um Insekten, Fische, Moose und Grosspilze (Tab. 3). Für diese rund 200 Arten hat die Schweiz eine besondere Verpflichtung für das Ergreifen von Artenschutz- und Artenförderungsmassnahmen.

Abb. 13: Gefährdungseinstufung von endemischen Arten in der Schweiz

Endemiten sowie Arten oder Unterarten, deren weltweites Verbreitungsareal eng auf die Schweiz und das angrenzende Ausland beschränkt ist. Beurteilt wurden 179 Voll- und Teilendemiten, wovon neun keine genügende Datengrundlage für eine Gefährdungseinstufung besitzen. Stand 2023.



Quelle: InfoSpecies, BAFU 2019, Tschudin et al. 2017

Tab. 3: Arten der globalen Roten Liste der IUCN mit Vorkommen in der Schweiz

Die IUCN führt 1262 Arten, die sowohl in Schweizer Roten Listen als auch in der globalen IUCN-Liste bewertet worden sind.

Organismengruppe	Anzahl weltweit gefährdeter Arten in der Schweiz
Säugetiere	4
Vögel	2
Reptilien	0
Amphibien	1
Fische	14
Insekten	32
Zehnfusskrebse	2
Muscheln und Schnecken	9
Gefässpflanzen	4
Grossalgen	0
Moose	18
Grosspilze	47
Total	**133**

Quelle: Aktueller Gefährdungsstatus in der Roten Liste der IUCN (*www.iucnredlist.org*, Abfrage 29.1.2021) und in den Roten Listen das BAFU

Box 4: Verborgen unter flachen Steinen: die Nidwaldner Haarschnecke

Die kleine, glänzend schwarze Schnecke mit braun behaartem Häuschen trägt ihren deutschen Namen zu Unrecht, kommt sie doch im ganzen Gebiet zwischen Urner Reusstal, Vierwaldstättersee, Sarnersee und Titlis vor – also auch in den Kantonen Uri und Obwalden. Als sogenannter Reliktendemit konnte die Nidwaldner Haarschnecke (*Trochulus biconicus*, Abb. 14) die Eiszeit im eisfreien Refugium des Kalkgebirges überdauern und lebt heute an Sonnenhängen mit relativ kurzer Schneebedeckung zwischen 1900 und 2600 m ü. M. Das Verbreitungsgebiet der Nidwaldner Haarschnecke beschränkt sich auf aktuell 134 Fundorte ausschliesslich in der Schweiz, weshalb unser Land eine besondere Verantwortung für die Erhaltung dieser Schneckenart hat (Baggenstos 2010).

Die Nidwaldner Haarschnecke lebt in verschiedenen Lebensraumtypen, von denen die Blaugrashalden die wichtigsten sind. Die höchste Populationsdichte konnten Schneckenexperten an Standorten feststellen, die einen Schuttanteil von rund 50 % aufweisen. Die Steinplatten schützen hier das Tier vor Austrocknung und dienen als Wärmespeicher.

Als Folge der Intensivierung der Alpwirtschaft und des Baus von Stauseen, Rückhaltebecken, Skipisten und Speicherbecken für die künstliche Pistenbeschneiung ist der Lebensraum der Nidwaldner Haarschnecke allerdings stark unter Druck. Die Klimaveränderung scheint das Problem zu verschärfen, denn die Art hat an den meisten Standorten wenig Möglichkeiten, bei der prognostizierten Erwärmung in die Höhe auszuweichen. Die gefährdete endemische Nidwaldner Haarschnecke steht deswegen auf der Liste der «National Prioritären Arten» und hat für den Artenschutz in den Kantonen mit Vorkommen eine besondere Bedeutung.

Abb. 14: Die Nidwaldner Haarschnecke (*Trochulus biconicus*) lebt ausschliesslich in der Schweiz und ist damit ein Vollendemit.

Foto: Markus Baggenstos

5 Entwicklung der Gefährdungssituation

Um längerfristige Trends des Aussterberisikos sichtbar zu machen, hat die IUCN den Rote-Listen-Index entwickelt. Dieser zeigt in einem einzigen Wert die Gefährdungssituation einer Organismengruppe pro Rote Liste. Liegt für eine Organismengruppe eine neue Rote Liste vor, kann ein Trend sichtbar gemacht werden.

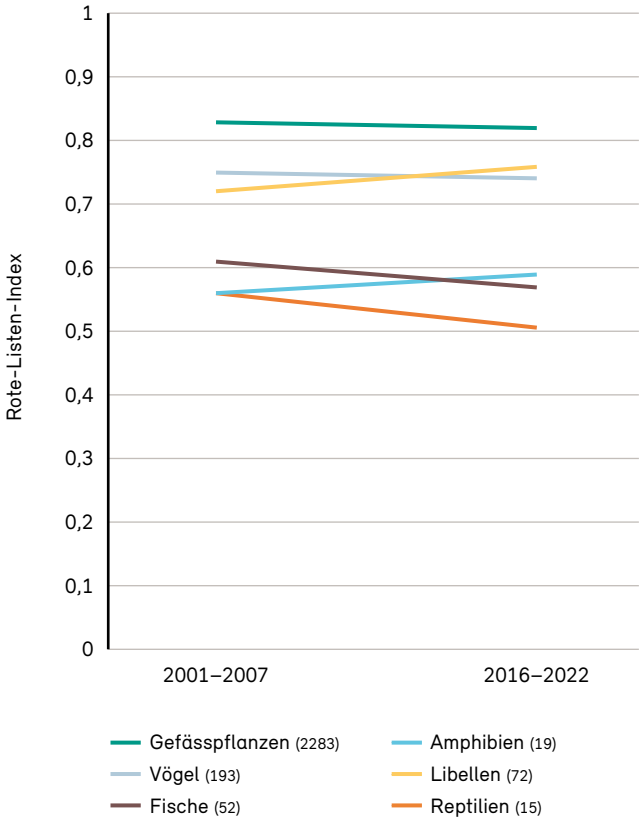
2023 war dies für sechs Organismengruppen möglich. Bei vier Organismengruppen hat sich die Gefährdungssituation verschärft (Abb. 15), das heisst, die Zahl der Arten, die in eine höhere Gefährdungskategorie eingestuft werden mussten, ist grösser als die Zahl jener Arten, die tiefer eingestuft werden konnten. Es muss von einem höheren Aussterberisiko gesprochen werden.

Bei den Libellen und den Amphibien steigt der Index, das heisst das Aussterberisiko hat sich verkleinert. Offenbar haben bestimmte Arten davon profitiert, dass in den letzten Jahren viele für sie geeignete Lebensräume revitalisiert, aufgewertet oder neu angelegt worden sind. Allerdings sind vor allem bei den Amphibien immer noch überdurchschnittlich viele Arten gefährdet. Diese Arten erleiden vielerorts weiterhin Bestandsverluste oder haben ein stark eingeschränktes Verbreitungsareal.

Der Indikator ermöglicht es, Fortschritte bei der Erreichung der global festgelegten Biodiversitätsziele der Vereinten Nationen zu erkennen (z. B. Aichi-Ziel 12: Verbesserung der Situation gefährdeter Arten). Die vorliegenden Daten zeigen, dass die Schweiz das Aichi-Ziel 12 nicht erreicht hat.

Abb. 15: Rote-Listen-Index für die Schweiz

2634 vergleichbare Arten über zwei Perioden. Je tiefer der Index ausfällt, desto höher ist der Gefährdungsgrad (bzw. das Aussterberisiko). Ist der Index 0, sind alle Arten des Artensets ausgestorben. Ist der Index 1, sind alle Arten ungefährdet. Beispielsweise weisen Reptilien den höchsten Gefährdungsgrad auf. In Klammern: absolute Anzahl der vergleichbaren Arten pro Organismengruppe.



Quelle: BAFU

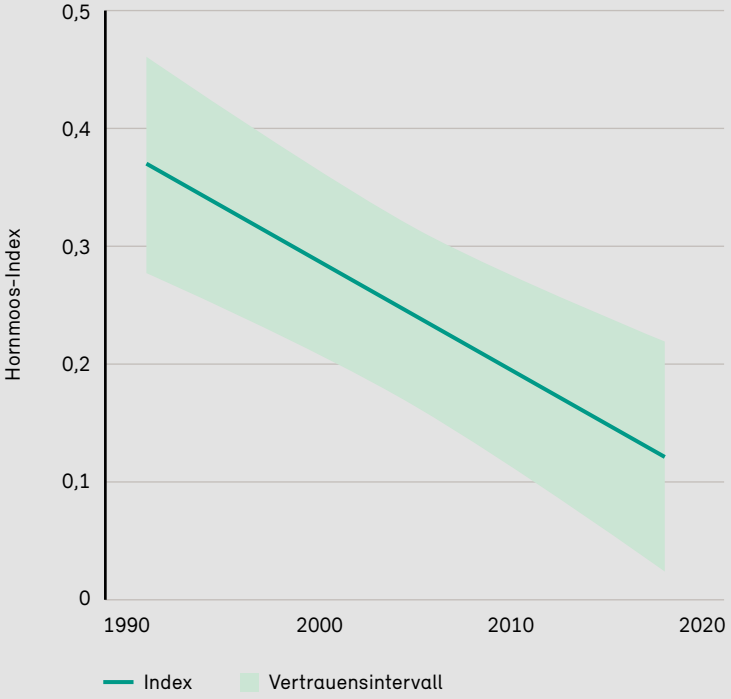
Box 5: Wenn Arten rotsehen

In der Roten Liste aus dem Jahr 2004 wurde das Acker-Schwarzhornmoos (*Anthoceros agrestis*) als «Nicht gefährdet» beurteilt. In der aktualisierten Roten Liste haben die Fachleute die Art als «Verletzlich» eingestuft. Sie gilt damit neu als gefährdet. Felderhebungen hatten gezeigt, dass sich die Anzahl Vorkommen des Acker-Schwarzhornmooses und des noch stärker bedrohten Gelbhornmooses (*Phaeoceros laevis* subsp. *carolinianus*, «Stark gefährdet») seit Anfang der 1990er-Jahre mehr als halbiert haben (Abb. 16). Die beiden Arten gehören zur charakteristischen Ackermoosflora der Schweiz und bevorzugen offene, sandig-lehmige Böden. Sie kommen fast ausschliesslich in Äckern und nur selten an Böschungen, Gräben, Weg- oder Teichrändern vor.

Die beiden Moosarten profitieren offenbar kaum von der Einführung des Ökologischen Leistungsnachweises in der Landwirtschaft. Unter anderem führt die seit 2015 vorgegebene Bodenbedeckung nach der Ernte dazu, dass im Spätsommer und Herbst kaum noch offene, unbestellte Ackerflächen oder unbearbeitete Stoppelfelder vorhanden sind. Wie andere spezialisierte und gefährdete Ackermoose benötigen Hornmoose zusätzliche gezielte, oft kleinflächige Massnahmen für ihre Förderung.

Abb. 16: Bestandstrend für Hornmoose

Der Hornmoos-Index (zwei Arten) ist ein Mass für Hornmoos-Vorkommen. Der Index nahm in 28 Äckern im Schweizer Mittelland zwischen 1991 und 2018 markant ab.



Quelle: Bisang et al. 2019. Foto: Norbert Schnyder

Box 6: Die Feldlerche: Minnesängerin der Lüfte im Sinkflug

Dank ihres jubilierenden Singflugs fand die Feldlerche (*Alauda arvensis*, Abb. 17) Eingang in Gedichte und Märchen berühmter Autoren. Doch ihr Gesang verstummt an vielen Orten, denn die Bestände und die Verbreitung sind derart zurückgegangen, dass die Art in der aktuellen Roten Liste 2021 als gefährdet eingestuft werden musste («Verletzlich»).

Dieser Trend wurde auch in den Berggebieten verzeichnet. Ein vielerorts vierwöchiger Mahd-Rhythmus und Silagenutzung verunmöglichen dem Bodenbrüter erfolgreiche Bruten, und der Mangel an Kleinstrukturen sowie der Pestizideinsatz erschweren die Nahrungssuche. Regionale Untersuchungen ergaben Rückgänge seit etwa 1990 von 50 bis 77 % (Knaus et al. 2018). Im Kanton Zürich sank der Bestand beispielsweise zwischen 2008 und 2017 um 54 % (Müller & Weggler 2018).

Abb. 17: Seit 2021 gilt die Feldlerche (*Alauda arvensis*) als gefährdet.

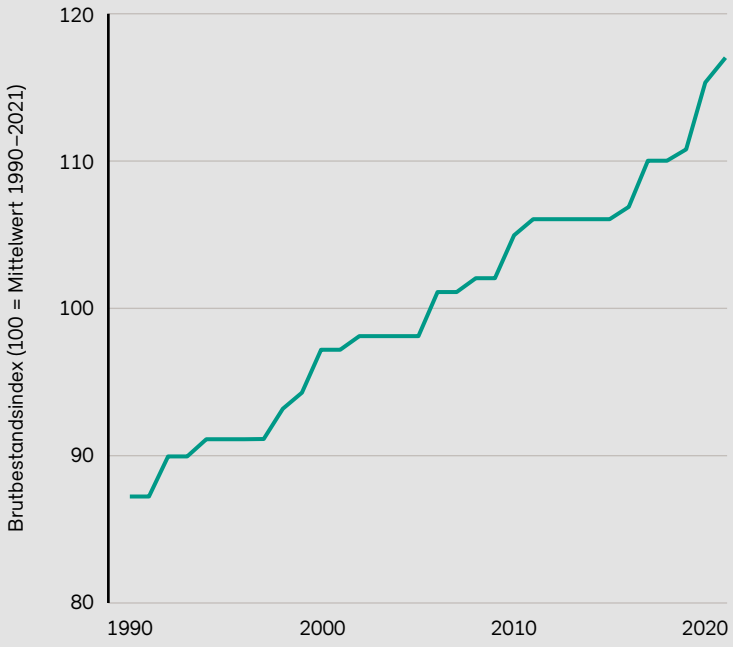
Foto: Markus Jenny

Box 7: Erfolge im Naturschutz zeigen sich in den Roten Listen.

Der Steinadler (*Aquila chrysaetos*) ist neben dem Steinbock die bekannteste Charakterart der Schweizer Alpen. Jahrhundertelang litt er wie die meisten Greifvögel und Eulen unter direkter menschlicher Verfolgung (Schmid et al. 2018). Im Gegensatz zum Bartgeier (*Gypaetus barbatus*) und dem Fischadler (*Pandion haliaetus*) wurde er aber hierzulande nie ganz ausgerottet, wobei die Populationsgrösse zeitweise derart tief war, dass das Überleben der Art im Schweizer Alpenraum in infrage gestellt war. 1953 wurde der Steinadler gesetzlich geschützt. Dank dieses Jagdschutzes erholte sich der Bestand langsam (Abb. 18). Allein zwischen 1993–1996 und 2013–2016 stieg der Bestand um knapp 50 Paare (Knaus et al. 2018).

Heute ist der Steinadler in den Schweizer Alpen überall präsent. Mit 350 bis 360 Paaren sind alle geeigneten Reviere besetzt. Auch in Europa geht es dem Steinadler gut: BirdLife International stuft die Art in Europa nicht mehr als gefährdet ein. Dies hat dazu geführt, dass der Steinadler in der Roten Liste der gefährdeten Brutvögel 2021 nicht mehr als «Verletzlich» aufgeführt ist, sondern nur noch als «Potenziell gefährdet» (Knaus et al. 2021).

Abb. 18: Bestandsindex für den Steinadler (*Aquila chrysaetos*)



Quelle: Schweizerische Vogelwarte. Foto: pixabay.com / mohann

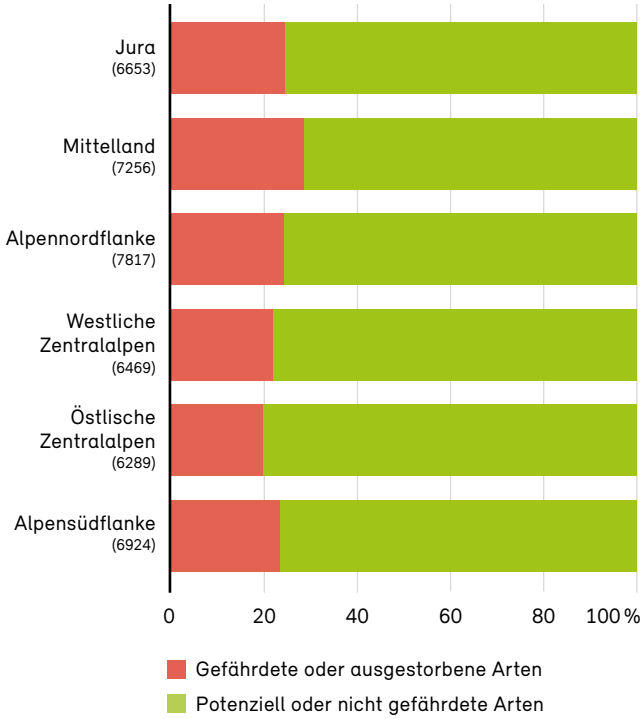
6 Zustand nach Regionen

Um einen Eindruck der Gefährdungssituation in den Regionen der Schweiz zu erhalten, wurde der Anteil national gefährdeter und ausgestorbener Tier- und Pflanzenarten in den Regionen mithilfe der Fundmeldungen in den Datenbanken (Zeitraum 2000–2020) ermittelt (Abb. 19). Auf nationaler Ebene beträgt der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Arten 35 %. Auf regionaler Ebene liegt dieser Anteil tiefer, da nicht alle gefährdeten oder ausgestorbenen Arten in allen Regionen vorkommen, während die nicht gefährdeten Arten oft ein grosses Verbreitungsgebiet haben.

Der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Arten ist im intensiv genutzten Mittelland am höchsten und in den östlichen Zentralalpen am niedrigsten. Eine Auswertung nach Höhenlagen ergab kein eindeutiges Bild. Im Talgebiet unterhalb 800 m ü. M. war der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Gefässpflanzen- und Tierarten nur leicht höher als in den Zonen darüber.

Abb. 19: Anteil national gefährdeter und ausgestorbener Tier- und Pflanzenarten in den biogeografischen Regionen der Schweiz

Insgesamt wurden die Funddaten von 9826 Arten verwendet (Zeitraum 2000–2020). In Klammern: absolute Anzahl der bewerteten Arten nach biogeografischer Region.



Quelle: InfoSpecies

7 Zustand nach Lebensräumen

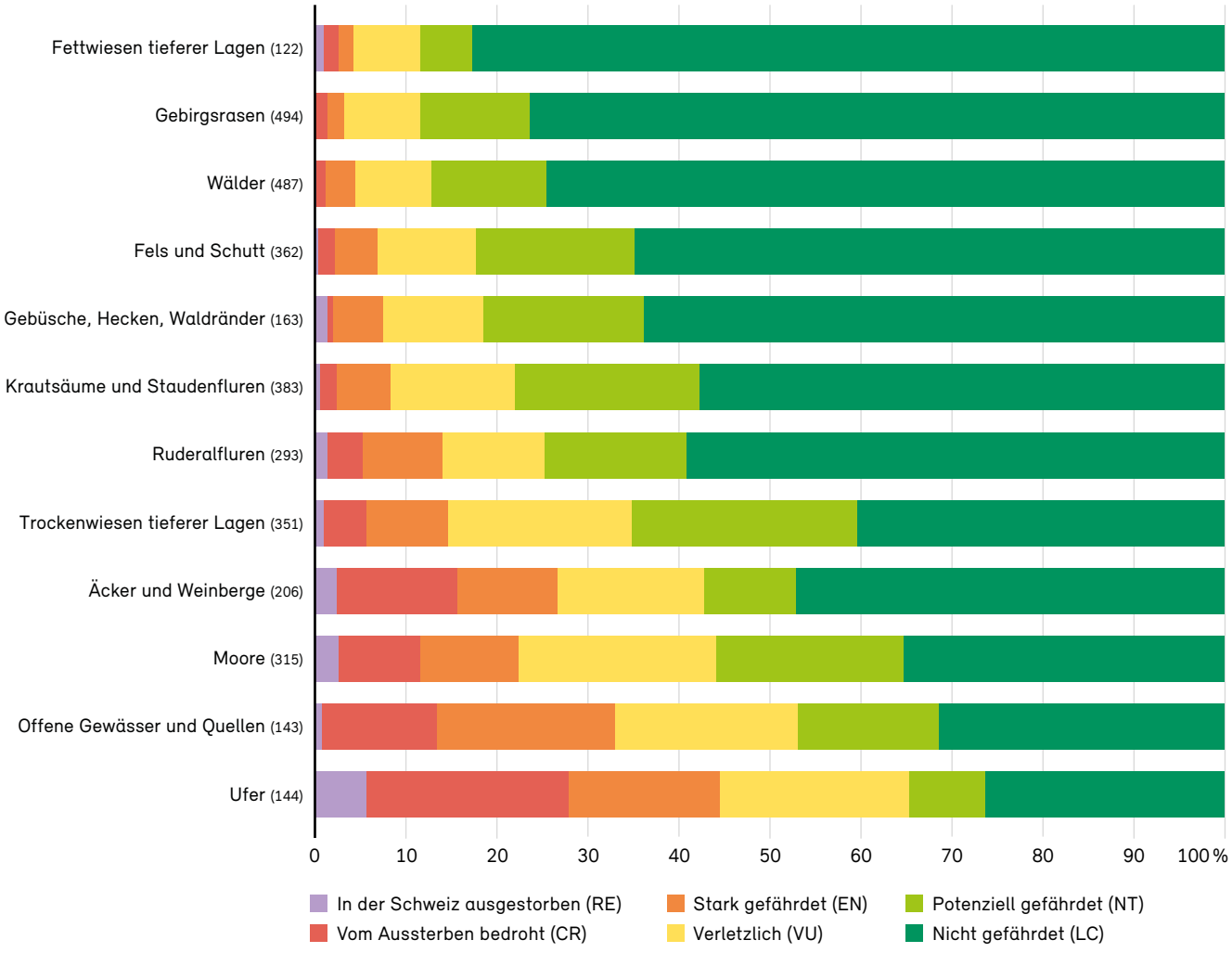
Die meisten Arten sind an ganz bestimmte Lebensräume gebunden. Je seltener ein Lebensraum ist und je tiefer dessen Qualität ist, desto grösser ist das Aussterberisiko der darin lebenden Lebensraumspezialisten. Die Erhaltung gefährdeter Arten erfolgt daher meist über den Schutz ihrer Lebensräume.

Vor diesem Hintergrund haben Fachexperten im Auftrag des BAFU eine Rote Liste der gefährdeten Lebensräume erarbeitet (Delarze et al. 2016). Dabei wurden die Kategorien und Kriterien der IUCN verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anteil gefährdeter Lebensraumtypen in den verschiedenen Ökosystemen stark variiert (Box 8). Am höchsten ist der Anteil bei den Feuchtgebieten und den Gewässern, am tiefsten im Wald. Im Siedlungsgebiet ist rund die Hälfte der Lebensraumtypen gefährdet.

Die Entwicklung und der Zustand der Lebensräume spiegelt sich in der Gefährdungssituation der Gefässpflanzenarten wider: Ökosysteme mit einem hohen Anteil gefährdeter und ausgestorbener Lebensraumtypen weisen auch einen hohen Anteil an gefährdeten und ausgestorbenen Arten auf (Abb. 20). Ökosysteme mit einer grossen Anzahl Gefässpflanzenarten

Abb. 20: Anteil Gefässpflanzenarten nach Gefährdungskategorien pro Ökosystemtyp

In Klammern: absolute Anzahl von Gefässpflanzenarten



Quelle: Bornand et al. 2016

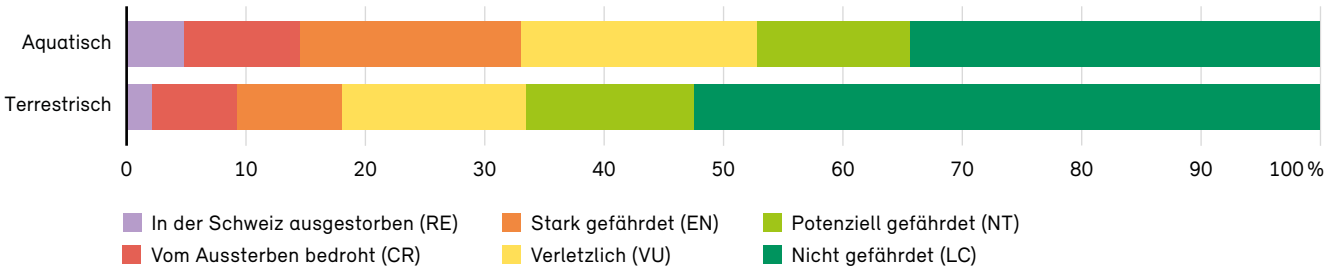
der Roten Listen sind einerseits die Gewässer, Ufer und Moore, andererseits die Trockenwiesen tieferer Lagen und die Begleitfluren der Äcker und Weinberge. Wälder haben einen tiefen Anteil an bedrohten Gefässpflanzenarten. In den Wiesen der Talgebiete (meist artenarme Fettwiesen) leben vorwiegend häufige und weit verbreitete Arten.

In aquatischen Lebensräumen ist der Anteil gefährdeter und ausgestorbener Arten grösser als in terrestrischen Lebensräumen (Abb. 21).

Gewässer und Feuchtgebiete wurden in den letzten 150 Jahren stark durch Verbauung der Bäche und Flüsse, die Nutzung der Wasserkraft, die Gewässerverschmutzung, den Verlust von Teichen und Weihern, die Entwässerung der Landschaft und die Landgewinnung für die Landwirtschaft und den Siedlungsraum verändert.

Abb. 21: Anteil Tier- und Pflanzenarten nach Gefährdungskategorien in Gewässern und in Landlebensräumen

Es wurden nur Organismengruppen einbezogen, die auch aquatische Arten beinhalten (absolute Anzahl aquatischer Arten: 1011; terrestrischer Arten: 6327).



Quelle: BAFU 2019

Box 8: Die Rote Liste der Lebensräume

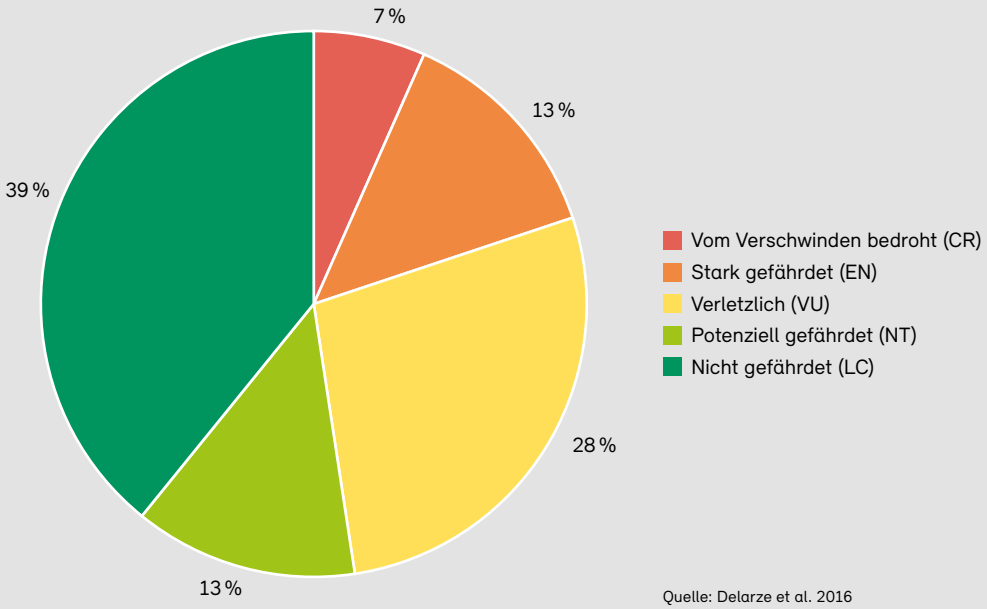
Für die Lebensräume existiert seit 2016 eine eigene Rote Liste, die gemäss den Kriterien der IUCN erstellt wurde. Dazu gehören die geografische Verbreitung, die Entwicklung der Fläche und der Lebensraumqualität (z. B. Eutrophierung, Austrocknung, Verbuschung), der Zustand der biotischen Interaktionen innerhalb des Lebensraumes (z. B. Biodiversitätsverlust, eingeführte Arten) sowie das Risiko, dass der Lebensraum in den kommenden 50 bis 100 Jahren ganz verschwinden wird. Weil die Rote Liste der Lebensräume nicht aus der Gefährdung ihrer Arten abgeleitet wurde, zeigt sie nicht nur die Gefährdung eines Lebensraums, sondern weist auch auf Artengemeinschaften hin, die unter Druck sind. Insbesondere für diejenigen Arten, die keine Rote Liste haben, kann die Rote Liste der Lebensräume helfen, auf eine potenzielle Gefährdung hinzuweisen.

Von den beurteilten 167 Lebensraumtypen der Schweiz wurden 48 % als gefährdet eingestuft (Abb. 22). Weitere 13 % gelten als «Potenziell gefährdet». Bis heute ist kein Lebensraumtyp verschwunden bzw. kollabiert.

Die Aufteilung nach Grosslebensräumen liefert ein detaillierteres Bild (Abb. 23). Von den Lebensräumen der Feuchtgebiete sind 85 % gefährdet. Bei den Gewässern stehen 76 % der Lebensraumtypen auf der Roten Liste, darunter sämtliche Stillgewässer. Beide Grosslebensräume wurden besonders stark durch Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt verändert. Das dichte, fein verästelte Netz aus Bächen und Flüssen wurde systematisch ausgedünnt und kanalisiert. Mit der gross angelegten Entwässerung der Landschaft mittels Gräben und Drainagen gingen Feuchtgebiete und Kleingewässer verloren. Die Energieproduktion hat aus Flüssen eine Abfolge von Stauseen gemacht und im Gebirge trockene Bachbetten hinterlassen. Mikroverunreinigungen in Bächen und Flüssen reduzieren die Lebensraumqualität stellenweise deutlich.

Im Landwirtschaftsgebiet sind 58 % der Lebensraumtypen gefährdet. Verluste gab es vor allem im Mittelland und den Tallagen: Flächen mit ökologischer Qualität bedecken in der Tal- und Hügelzone lediglich noch 4,1 bis 7 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Meier et al. 2021). Die oberen beiden Bergzonen (III und IV gemäss Landwirtschaftlicher Begriffsverordnung, RS 910.91) sowie das Sömmerungsgebiet weisen noch deutlich mehr naturnahe Flächen auf (21 bzw. 42 %). Im Wald stehen 41 % der Waldtypen auf der Roten Liste.

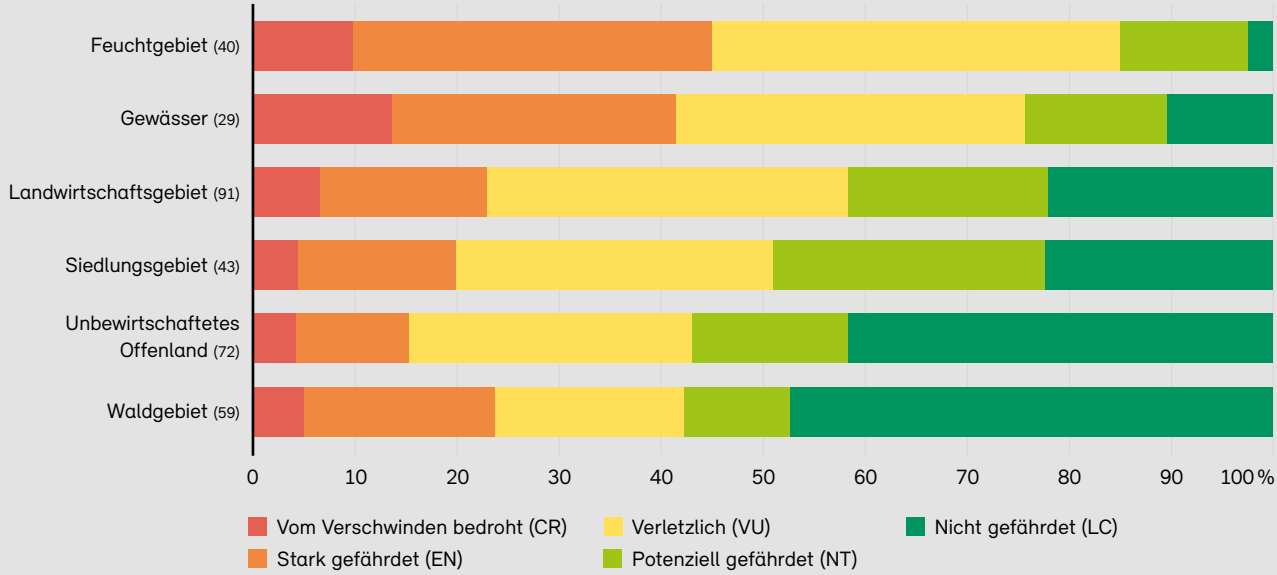
Abb. 22: Anteil Lebensräume pro Gefährdungskategorie



Quelle: Delarze et al. 2016

Abb. 23: Anteil der Lebensraumtypen nach Gefährdungskategorien pro Grosslebensraum

In Klammern: Anzahl der enthaltenen Lebensraumtypen. Unbewirtschaftetes Offenland umfasst Lebensraumtypen aus der alpinen und nivalen Zone, aber auch der Ufer und der Feuchtgebiete, der Rasen und Naturwiesen sowie der Randzonen aus Säumen und Gebüschformationen.



Quelle: Delarze et al. 2016

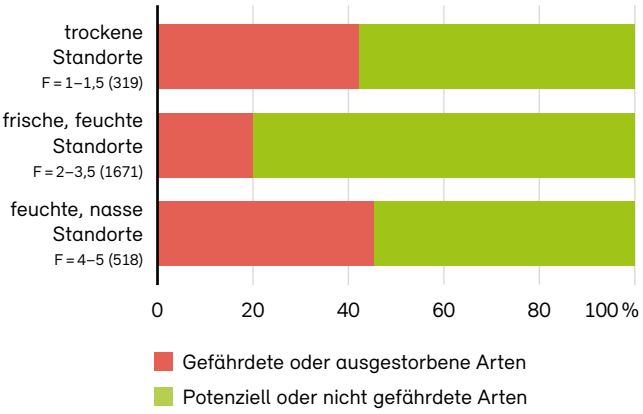
8 Mögliche Ursachen der Gefährdung

Der Mensch hat einen vielfältigen Einfluss auf die biologische Vielfalt. Haupttreiber für die Verluste ist die nicht nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. Die Boxen 9 bis 15 zeigen exemplarisch für einzelne Arten eine grosse Bandbreite an Gefährdungsfaktoren.

Die meisten Arten benötigen ganz bestimmte Umweltbedingungen. Viele Lebensraumspezialisten leben beispielsweise nur an sehr feuchten oder sehr trockenen Standorten. Solche Standorte werden aber immer seltener. Dies zeigt sich in den Roten Listen: Arten feuchter oder trockener Standorte stehen deutlich häufiger auf den Roten Listen als Arten, die durchschnittlich feuchte Böden bevorzugen (Abb. 24).

Abb. 24: Anteil der gefährdeten und ausgestorbenen Gefässpflanzenarten nach Ansprüchen an die Bodenfeuchte

F: Feuchtezahl. 1 = Starke Trockenzeiger, 5 = Starke Feuchtezeiger. In Klammern: absolute Anzahl der bewerteten Arten.



Quelle: Bornand et al. 2016, Zeigerwerte der Flora Indicativa

Box 9: Zu hoher Stickstoffeintrag

Der Knollige Geissbart (*Filipendula vulgaris*) mit seiner vielblütigen Rispe ist eine Charakterart der kontinentalen Halbtrockenrasen (Abb. 25). Die Pflanzenart gedeiht auf mageren, aber nicht allzu flachgründigen Böden. Die Wurzeln sind an manchen Stellen zu Knollen verdickt. Diese dienen als Speicher oder zur Bildung einer neuen Pflanze.

Noch bis in die 1950er-Jahre kam die Art in weiten Teilen der Schweiz vor. Zusammen mit ihrem Lebensraum hat sie allerdings massiv an Boden verloren. Im Mittelland sind die Blumenwiesen infolge der intensiveren landwirtschaftlichen Nutzung auf 2 bis 5 % ihrer einstigen Fläche geschrumpft (Bosshard 2015). Die verbliebenen Relikte sind zudem botanisch stark verarmt.

Auch an seinen Rückzugsorten gehen die Bestände des Knolligen Geissbarts zurück, weshalb die Art als «Verletzlich» gilt. Der flächendeckende Stickstoffeintrag über die Luft, ein zu früher Schnittzeitpunkt und die Isolation der kleinen Populationen machen der Art zu schaffen. Der Knollige Geissbart kann sich wie viele Orchideenarten nur dank angepasster und biodiversitätsfördernder Nutzung in Naturschutzgebieten oder auf vertraglich gesicherten Biodiversitätsförderflächen halten.

Abb. 25: Der Knollige Geissbart (*Filipendula vulgaris*) ist auf nährstoffarme Standorte angewiesen.

Foto: Michael Jutzi

Box 10: Zu wenig alte Bäume

Der Grosse Eichenbock (*Cerambyx cerdo*) ist ein sogenanntes Urwaldrelikt. Er verbringt sein ganzes Leben in und auf sehr alten, dicken und sonnenexponierten Eichen mit vielen Mikrohabitaten (v. a. absterbendes und totes Holz, Abb. 26).

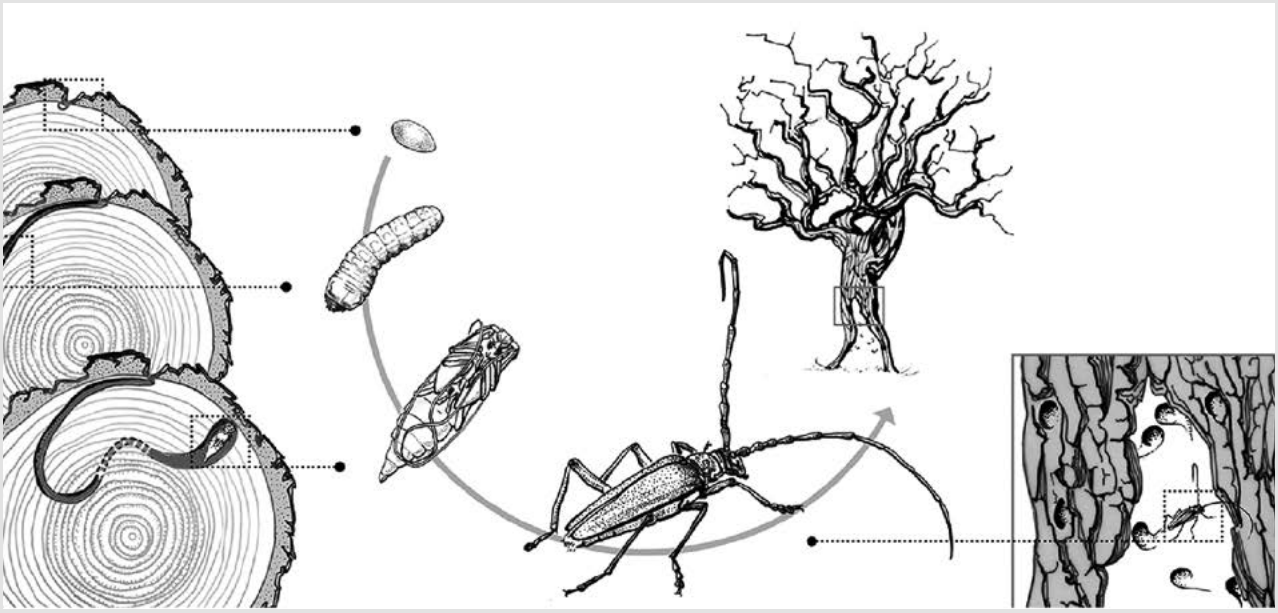
Ursprünglich lebte der Käfer in den eichenreichen Hartholzauen der Flüsse sowie in anderen eichenreichen, lichten Wäldern. Die Umwandlung der Auen in Agrarland und Siedlungsraum, die intensive Nutzung der Wälder seit dem Mittelalter sowie der Umbau natürlicher Eichenwälder in Nadelforste haben die Art, die zu den grössten Käfern Europas gehört, an den Rand des Aussterbens gebracht. In der Schweiz gilt die Art als «vom Aussterben bedroht».

Seit mehreren Jahrzehnten gibt es Bestrebungen, alte Bäume im Wald zu erhalten. Noch hat es zu wenige dieser sogenannten Habitatbäume. Der Grosse Eichenbock lebt auch auf mächtigen frei stehenden Bäumen im Siedlungsraum oder Kulturland. Alte Bäume werden dort aber früher oder später aus sicherheitstechnischen oder ästhetischen Gründen gefällt und durch junge Bäume ersetzt.

Auch die anderen Holzkäferarten stehen im Mittelland, zunehmend aber auch in höheren Lagen unter Druck. Die Rote Liste weist auf einen Handlungsbedarf für praktisch jede zweite Art hin. Anhand der holzbewohnenden Käfer zeigt sich, welcher Naturwert einheimischen standortgerechten Bäumen – besonders ab einem gewissen Alter – zukommt.

Abb. 26: Lebenszyklus des Grossen Eichenbocks (*Cerambyx cerdo*) mit den vier Entwicklungsstadien

Die Entwicklung dieses Bockkäfers dauert mindestens drei Jahre, er lebt in sehr alten, stehenden Eichen mit Totholzteilen.



Quelle: Monnerat et al. 2016

Box 11: Verlorener Lebensraum

Die Kreuzkröte (*Epidalea calamita*, Abb. 27) bewohnte bei uns ursprünglich die Auen des Mittellandes mit ihren Kies- und Sandbänken. Nachdem dieser Lebensraum praktisch verschwunden ist, wich sie auf Tümpel und Pfützen in Ton-, Kies- und Lehmgruben sowie Steinbrüchen aus, die früher meist extensiv betrieben wurden. Doch diese Sekundärbiotope waren nicht sicher: Die meisten kleinen Gruben wurden und werden rekultiviert oder aufgegeben, wodurch sie rasch ihren Wert für Amphibien verlieren. Der Aufwand ist gross, den Wert einer Grube ohne Abbau zu erhalten. Die verbliebenen grossen aktiven Gruben werden heute meist so intensiv bewirtschaftet, dass die Kreuzkröte dort kaum Lebensraum findet und auf Tümpel und Pfützen im Ackerland ausweichen muss.

Die Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz 2005 verzeichnete für die Kreuzkröte den stärksten Rückgang aller Arten (60 % weniger Vorkommen). Die verbliebenen Populationen sind räumlich meist isoliert und individuenarm. Dank vieler Schutzmassnahmen für diese Art (vor allem in Kiesgruben) konnte der Bestandsrückgang gebremst werden – was dazu führte, dass ihr Gefährdungsstatus nach den Kriterien der IUCN in der 2023 aktualisierten Liste zu «Verletzlich» gewechselt hätte. Weil der Fortbestand der Kreuzkröte aber sehr stark darauf angewiesen ist, dass die Schutzmassnahmen weitergeführt und verstärkt werden, wird sie von den Experten als «Conservation dependent» gekennzeichnet (siehe Box 1) und verleibt in der Kategorie «Stark gefährdet».

Damit sich die Situation verbessert, muss das Angebot an grossen temporären Gewässern deutlich erhöht werden, auch im Acker- und Grünland. Weil der Wasserhaushalt der Landschaft massiv verändert wurde, gibt es allerdings nur noch wenige Orte, wo Weiher von alleine entstehen oder ohne Abdichtung erstellt werden können. Die heutigen Flussrevitalisierungen sind für Arten wie die Kreuzkröte zu klein dimensioniert. Jahrzehntelange Erfahrung zeigt, dass mit einem Netzwerk von ablassbaren Weihern die Bestandsrückgänge der Amphibien gebremst und mancherorts sogar wieder Zunahmen beobachtet werden können (Schmidt et al. 2021).

Abb. 27: Die Kreuzkröte (*Epidalea calamita*) benötigt als Pionierart vegetationsarme Landlebensräume und grosse temporäre Gewässer.

Foto: Petra Ramseier

Box 12: Gestaute Fliessgewässer – unterbrochene Fischwanderungen

Wasserkraft ist in der Schweiz die am meisten genutzte erneuerbare Energiequelle. Für die Ökosysteme hat sie jedoch gravierende Folgen. Dazu gehören die Schwall-Sunk-Problematik, die reduzierte Fischgängigkeit, die geringen Restwassermengen und die Beeinflussung der Geschiebeführung. Laufkraftwerke verwandeln zudem die dynamischen Flüsse in eine Abfolge von stehenden Seen. Mit dem Lebensraum verändert sich auch die Artenvielfalt. Die Wehre schränken zudem die Mobilität von Fischen und Wirbellosen ein.

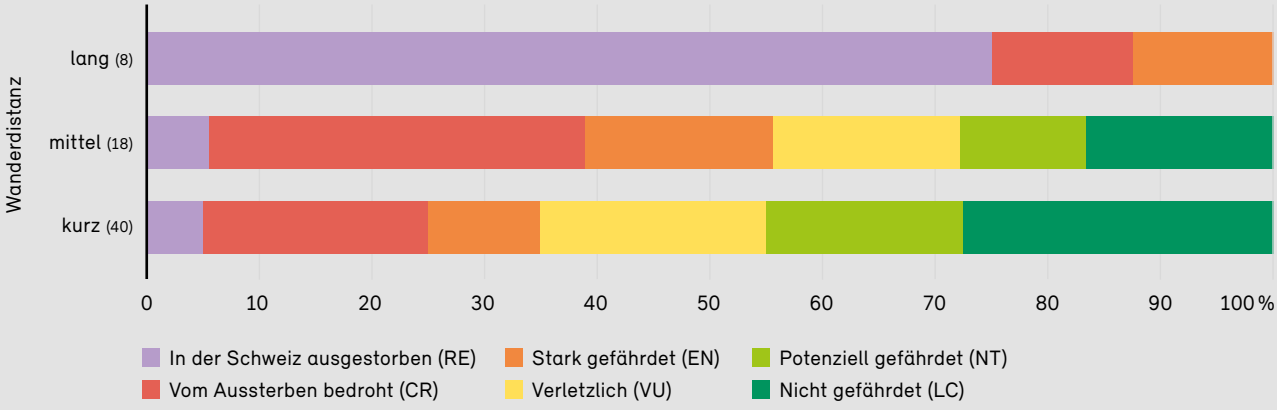
Regelmässige oder sporadische Ortsveränderungen über kleine bis grosse Distanzen sind für alle Fischarten charakteristisch. Es gibt Laichwanderungen, saisonale Ortsveränderungen vom Winter- ins Sommerhabitat und umgekehrt, den täglichen Wechsel zwischen Jagd- und Ruhehabitaten oder entwicklungsbedingte Ortsveränderungen vom Larval- ins Juvenilenhabitat und in den Lebensraum der Adulten. Der heutige Gewässerzustand verunmöglicht es vor allem den Langdistanzwanderern, zu ihren Laichgründen in den Gewässeroberläufen zurückzukehren. Von den sieben Langdistanzwanderern sind deshalb sechs in der Schweiz ausgestorben (Abb. 28), darunter der Lachs (*Salmo salar*). Einzig der Europäische Aal (*Anguilla anguilla*) konnte bisher überleben. Wenn es in der Schweiz keine Besatzmassnahmen gäbe, wäre jedoch auch diese Art bei uns ausgestorben.

Bis 2027 sollen alle Kraftwerke am Oberrhein bis Basel so weit saniert sein, dass der Lachs und andere Langdistanzwanderer wieder regelmässig in die Schweiz gelangen könnten. Bereits jetzt wurden einzelne Lachse in der Schweiz nachgewiesen, die vermutlich via Schiffsschleusen die Kraftwerksanlagen umgehen konnten.

Doch ist die Schweiz für den Lachs bereit? Untersuchungen haben gezeigt, dass hierzulande ein ausreichendes Angebot an potenziellen Laichgebieten und Kinderstuben für den Lachs existiert (Dönni et al. 2016). Noch verfügen allerdings nicht alle Kraftwerksanlagen über lachsgängige Fischaufstiegshilfen. Auch der Fischabstieg ist nicht gewährleistet. Dies soll sich in der Schweiz bis spätestens 2030 ändern. Ab dann könnten wieder vermehrt Lachse in Schweizer Gewässer aufsteigen und sich natürlich fortpflanzen. Die Gefährdungseinstufung des Lachses könnte also in Zukunft laufend angepasst werden.

Abb. 28: Gefährdungsgrad der einheimischen Fischarten für drei Mobilitätsklassen

Anteile pro Gefährdungskategorie der 66 bewerteten Arten von Fischen und Rundmäulern. In Klammern: absolute Anzahl der bewerteten Arten.



Quelle: BAFU, Info fauna 2022

Box 13: Zerstörung der ökologischen Vernetzung – Störung der verbliebenen Lebensräume

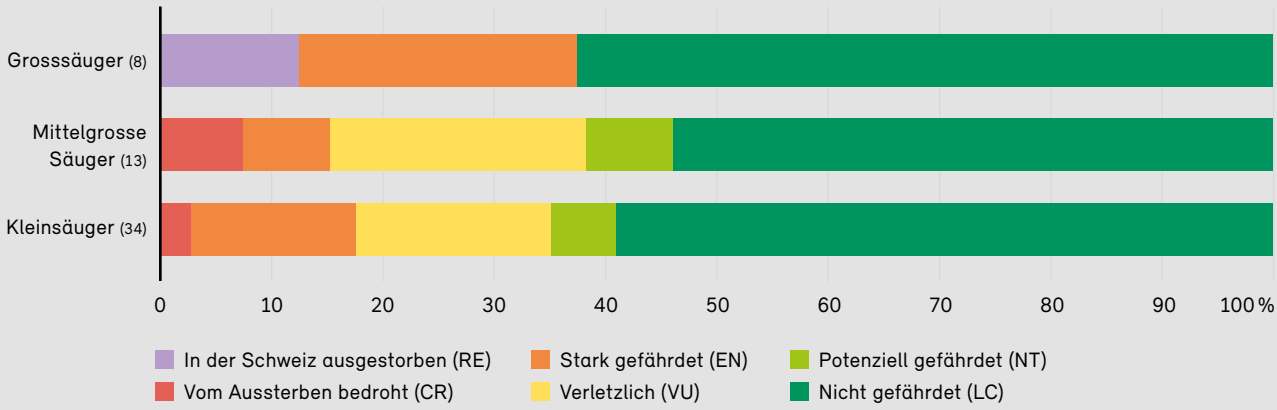
Im Vergleich zu anderen Organismengruppen benötigen die meisten Säugetiere eine grosse Mindestfläche für das Überleben ihrer Populationen. Dementsprechend dominieren andere Gefährdungsursachen. Problematisch sind vor allem die fehlende ökologische Vernetzung (z. B. durch naturferne Landschaftsgestaltung und Verstädterung), die Lebensraumzerschneidung und die qualitative Verschlechterung oder stete Störung der Lebensräume durch die zunehmenden Sport- und Freizeitaktivitäten. Vielen Arten setzt auch der Verkehr und die illegale Tötung zu (z. B. Vergiftung, Wilderei).

Teilt man die Säugetiere in Grössenklassen ein, zeigt sich, dass in allen Gruppen über ein Drittel der Arten gefährdet ist (Abb. 29). Während alle Grossraubtiere gefährdet sind, gelten die Huftiere als «Nicht gefährdet». Die einst in der Schweiz verfolgten und ausgerotteten drei Grossraubtiere (Wolf, Luchs, Braunbär) sind heute zwar wieder zurück, allerdings in sehr unterschiedlichem Ausmass. Der Braunbär (*Ursus arctos*) pflanzt sich in der Schweiz nicht fort; seine Anwesenheit beschränkt sich auf die ziehenden Männchen. Somit behält er seinen Status als ausgestorbene Art.

Für den Luchs (*Lynx lynx*) sind Strassenverkehr und illegale Tötungen Bedrohungen. Über die Hälfte der bekannten Verluste in der Schweiz sind menschbedingt (Stiftung KORA 2021). 2018 lebten etwa 250 Individuen in der Schweiz. Einige grosse natürliche Lebensräume bleiben jedoch noch immer ungenutzt. Die relativ geringe genetische Variabilität der Luchspopulation ist ebenfalls ein nicht zu unterschätzendes Risiko. Die mangelnde Durchgängigkeit zwischen den verschiedenen geeigneten Lebensräumen hindert die Ausbreitung des Luchses, insbesondere zwischen der Jurakette und den Alpen. Der Luchs wird deshalb trotz einem leicht steigenden Bestand als «Stark gefährdet» eingestuft.

Abb. 29: Bedrohungslage der Säugetierarten nach Grössenklassen

Anteile pro Gefährdungskategorie der 55 bewerteten Säugetierarten (ohne Fledermäuse). In Klammern: absolute Anzahl der bewerteten Arten.



Quelle: Capt 2022

Box 14: Fehlende Ersatzhabitate und Veränderung der Landnutzung

Mit einer Spannweite von bis zu 40 Zentimetern gehört die Grosse Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*, Abb. 30) zu den Riesen unter den einheimischen Fledermausarten. In der Schweiz war sie früher weit verbreitet. Im Frühling bilden die Weibchen Wochenstuben in Dachstöcken, in welchen Trächtigkeit, Geburt und Jungenaufzucht stattfinden. Diese Quartiere müssen frei von Zugluft, warm, trocken und sicher vor Fressfeinden sein. Zudem müssen sie gut zugänglich sein: Im Gegensatz zu den meisten anderen Fledermausarten können Grosse Hufeisennasen nicht in ein Quartier hineinkriechen, sondern müssen in den Estrichraum hineinfliegen können. Solche Unterkünfte wurden im Verlauf des letzten Jahrhunderts immer seltener, weil bei Renovationen keine Rücksicht auf die Untermieterinnen genommen wurde oder geeignete Gebäude abgerissen wurden. Neue Gebäude bieten in der Regel keine Quartiere für Grosse Hufeisennasen. Zudem wurden Dachstöcke mit toxischen Holzschutzmitteln imprägniert. Weitere Gründe für den Rückgang der Bestände sind der vielerorts abnehmende Strukturreichtum der Landschaften, die Lichtverschmutzung und vermutlich die allgemeine Verminderung des Nahrungsangebotes in Form von Insekten im Agrarland.
In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts brachen die Bestände in ganz Mitteleuropa ein. In der Schweiz gilt die Grosse Hufeisennase heute als «Vom Aussterben bedroht». Es gibt heute nur noch sechs Orte mit Jungenaufzucht, die grösstenteils voneinander isoliert sind. In der Südschweiz und im Jura werden nur noch Einzeltiere dokumentiert. Die zwei kleinsten Wochenstuben sind nur unregelmässig mit einem Weibchen besetzt. Jene im Kanton Aargau zählt 5 bis 7 erwachsene Tiere, eine weitere im Wallis rund 50 Tiere (Stand 2018). Die grösste Wochenstube mit knapp 200 Tieren befindet sich in Graubünden und ist auch die zweitgrösste in ganz Mitteleuropa.

Abb. 30: Die Grosse Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*) ist in der Schweiz vom Aussterben bedroht.

Foto: Stiftung Fledermausschutz

Box 15: Verlust an Strukturreichtum und -vielfalt

Strukturen sind für die Biodiversität im Agrarland von zentraler Bedeutung. Dazu gehören Hecken, Gebüsche, Alleen, Waldränder, Einzelbäume, Trockenmauern, Säume, offene Bodenstellen, Stein- und Asthaufen, Pfützen, Tümpel und Weiher. Sie sind Lebensraum, Trittsteine oder Korridore und bieten Brut- und Nistmöglichkeiten, Standorte zur Nahrungssuche, Sitz- und Jagdwarten, Verstecke und Rückzugsräume.

Viele Arten können einen Landschaftsausschnitt nur dann besiedeln, wenn biodiversitätsfördernde Strukturen vorhanden sind (Guntern et al. 2020). Das gilt beispielsweise für die meisten Amphibien- und Reptilienarten. Die Aspisviper (*Vipera aspis*) mag es beispielsweise warm und steinig. Ohne Trockenmauern, eingestreute Brachen, Hecken, Holz- und Steinhaufen kann sie im Kulturland nicht existieren.

Sowohl der Reichtum als auch die Vielfalt an Strukturen prägten bis Mitte des 20. Jahrhunderts die Schweizer Kulturlandschaft (Ewald & Klaus 2010). Vergleiche von alten und neuen Fotos oder Luftbildern, die den gleichen Landschaftsausschnitt zeigen, belegen die hohen Verluste an Strukturreichtum und -vielfalt (Abb. 31). Vor allem in den Talgebieten besteht nur noch ein Bruchteil des Bestandes, wie er zu Beginn oder auch noch Mitte des 20. Jahrhunderts vorlag. Aktuelle, von der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (info fauna – karch) zusammengetragene Fallbeispiele zeigen, dass nach wie vor viele für die Biodiversität wertvolle Strukturelemente aus der Landschaft entfernt werden, vor allem in den Berggebieten.

Allein zwischen 2005 und 2020 hat der Bestand der Aspisviper um 34 % abgenommen – dies nach einem Rückgang zwischen 1980 und 2004 von 47 % im Jura und Mittelland sowie 37 % in den Alpen. Die anhaltende Tendenz zum Aussterben führte dazu, dass die Art neu als «Stark gefährdet» eingestuft wird und ohne Massnahmen weiter zurückgehen wird.

Abb. 31: Verlust an Strukturen zwischen 2017 und 2020 auf der Alpensüdseite

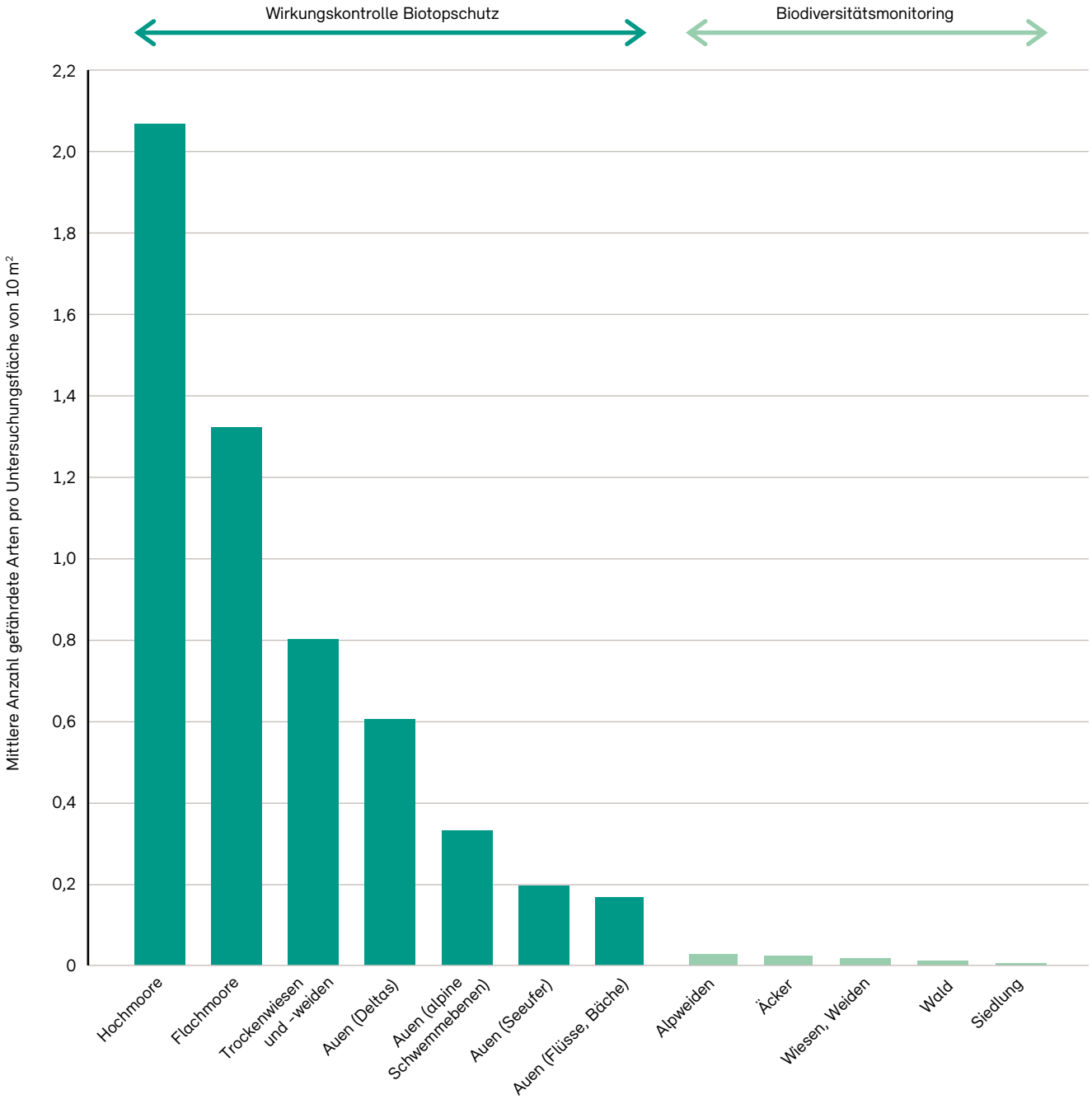
Auf rund 5 Hektaren mit Vorkommen von seltenen und für das Agrarland typischen Arten wurden fast alle Strukturen zerstört. Dieser Standort galt unter Fachexperten als einer der besten Reptilienstandorte der Schweiz, unter anderem für die Aspisviper (Vipera aspis).

Fotos: © swisstopo, verändert durch info fauna – karch

9 Bedeutung von Schutzgebieten

Schutzgebiete sind für die Erhaltung der Biodiversität von besonderer Bedeutung. Sie sorgen dafür, dass natürliche oder naturnahe Lebensräume für spezialisierte Arten vor einer biodiversitätsschädigenden Nutzung geschützt werden. Ein wichtiger Pfeiler der ökologischen Infrastruktur sind dabei die Inventare der Biotope von nationaler

Abb. 32: Durchschnittliche Anzahl gefährdeter Gefässpflanzenarten auf den Untersuchungsflächen der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS, geschützte Biotope von nationaler Bedeutung) und des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM, übrige Landschaft)



Quelle: WBS und BDM

Bedeutung. Diese umfassen Hoch- und Übergangsmoore, Flachmoore, Auen, Amphibienlaichgebiete sowie Trockenwiesen und -weiden (TWW).

Doch sind Schutzgebiete tatsächlich Rückzugsorte für gefährdete Arten? Zwei nationale Monitoringprogramme liefern Daten, die einen Vergleich zwischen den geschützten Biotopen von nationaler Bedeutung und der übrigen Landschaft erlauben. Beide Programme bestimmen auf Untersuchungsflächen (je 10 m^2) alle Pflanzenarten. Während die 1500 Untersuchungsflächen des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM) Lebensräume der ganzen Landschaft repräsentieren (Äcker, Alpweiden, Siedlungen, Wald sowie Wiesen und Weiden), liegen die 6902 Untersuchungsflächen der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS) ausschliesslich in den geschützten Biotopen von nationaler Bedeutung.

Abbildung 32 zeigt die durchschnittliche Anzahl gefährdeter Gefässpflanzenarten pro Untersuchungsfläche in den unterschiedlichen Lebensräumen. In den Biotopen von nationaler Bedeutung sind Arten der Roten Listen deutlich häufiger vertreten als ausserhalb. Die in den Bundesinventaren aufgeführten Flächen sind somit zentral für die Erhaltung der Artenvielfalt in der Schweiz. Der Vergleich verdeutlicht zudem die Komplementarität der beiden nationalen Monitoringprogramme mit ihren unterschiedlichen Schwerpunkten sowie deren Bedeutung für die Überwachung der Biodiversität.

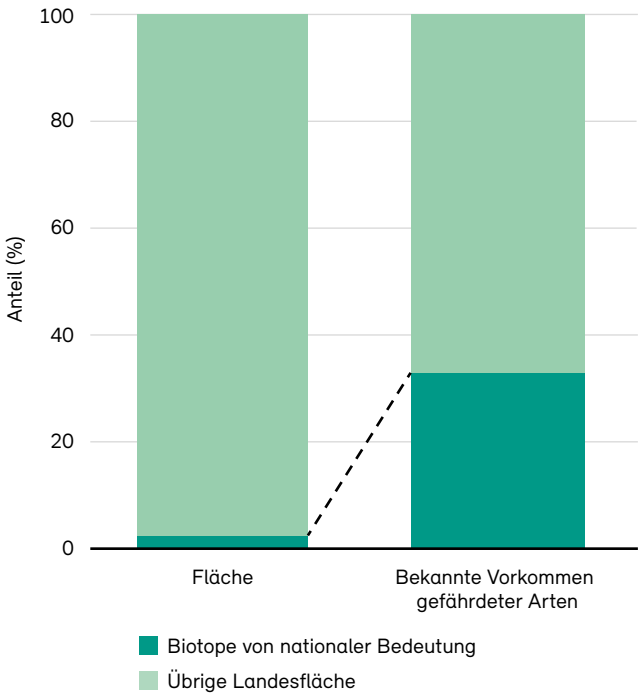
Besonders viele gefährdete Arten weisen die Moore auf. Der Grossteil dieses Lebensraums wurde in den vergangenen 150 Jahre zerstört oder beeinträchtigt. Daher stehen die meisten auf Moore spezialisierten Arten auf der Roten Liste. Trockenwiesen und -weiden haben zwar im selben Zeitraum ebenfalls 95 % ihrer Fläche verloren; die Restfläche ist aber viel grösser als die der Moore, weshalb der Anteil bedrohter Lebensraumspezialisten tiefer ist.

Ein Eindruck über die Bedeutung von Schutzgebieten für gefährdete Arten ergibt sich auch aus der Analyse der Fundmeldungen von Arten, die in den nationalen Datenbanken gespeichert sind. Ein Drittel der gemeldeten Fundorte von gefährdeten Arten liegt in den Biotopen von nationaler Bedeutung, obwohl diese nur 2,2 % der Landesfläche ausmachen (Abb. 33).

Das bedeutet aber auch, dass ein grosser Teil der gefährdeten Arten ausserhalb der Biotope von nationaler Bedeutung lebt. Dabei gilt es zu beachten, dass viele Vorkommen in anderen Schutzgebietstypen oder biodiversitätsfreundlich bewirtschafteten Flächen liegen (z. B. Waldreservate; Biotope von regionaler Bedeutung; kantonale, kommunale und private Schutzgebiete; Biodiversitätsförderflächen von hoher ökologischer Qualität).

Abb. 33: Anteil der Biotope von nationaler Bedeutung an der Landesfläche (links) und Anteil bekannter Vorkommen gefährdeter Arten in den Biotopen (rechts)

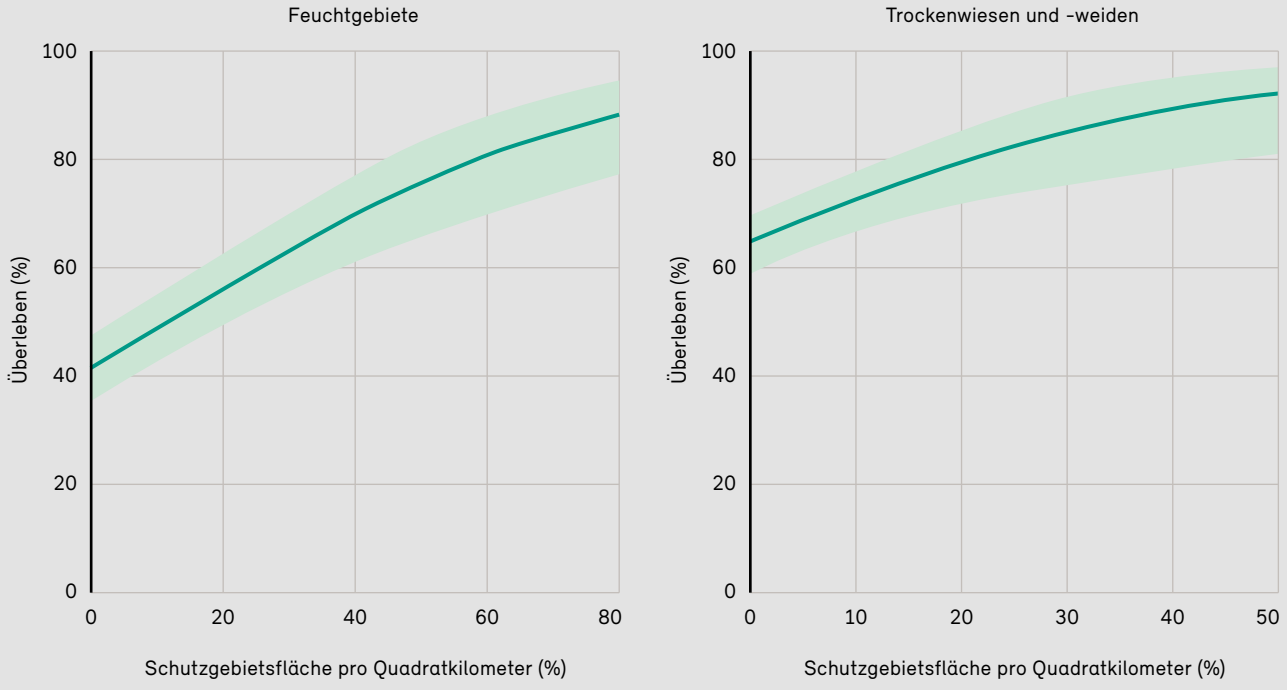
618 000 Fundmeldungen von 3280 gefährdeten Arten (Zeitraum 2000–2020).



Quelle: InfoSpecies

Box 16: Schutzgebiete erfüllen ihren Zweck.
Im Rahmen der Revision der Roten Liste der Gefässpflanzen der Schweiz wurden früher bekannte Vorkommen von meist seltenen Pflanzenarten in Quadratkilometerrastern wieder besucht, um zu untersuchen, ob die Arten noch vorhanden sind oder nicht. Forschende sind mithilfe dieses Datensatzes der Frage nachgegangen, ob die Wiederfundrate in Quadratkilometern mit einem hohen Anteil an geschützten Flächen grösser war als in Flächen mit geringerem Anteil an Schutzgebietsflächen. Sie berücksichtigten dabei nur Arten, die typisch für Feuchtgebiete und TWW sind. Insgesamt 88 Feuchtgebietsarten mit 956 Fundmeldungen und 177 TWW-Arten mit 1491 Fundmeldungen wurden in die Analyse einbezogen. Gesamthaft wurden nur 51 % der Vorkommen von Feuchtgebietsarten und 63 % der Vorkommen von TWW-Arten in den Quadratkilometern bestätigt, in denen sie früher vorkamen. Vergleicht man die Überlebensrate der Pflanzenarten mit der Fläche der geschützten Moore, Amphibienlaichgebiete und Auen von nationaler und regionaler Bedeutung bzw. den TWW von nationaler und regionaler Bedeutung, so zeigt sich ein starker positiver Effekt: Je höher der Anteil an Schutzgebieten ist, desto höher ist auch die Wiederfund-Wahrscheinlichkeit der Pflanzenarten (Dähler et al. 2020, Abb. 34).

Abb. 34: Zusammenhang zwischen dem Flächenanteil von Schutzgebieten und der Wiederfundrate von Gefässpflanzenarten der Feuchtgebiete (links) und der TWW (rechts) pro Quadratkilometer
Hellgrüner Bereich: 95 % statistisches Sicherheitsintervall



Quelle: Dähler et al. 2020

Box 17: Zierlich und anspruchsvoll – und abhängig von Schutzgebieten

Sie hat eine Gesamtlänge von nur 2,5 Zentimetern, ihre Flügel sind kurz, der Körper schlank und leuchtend grünblau gefärbt: Die Zwerglibelle (*Nehalennia speciosa*, Abb. 35) ist die kleinste und zierlichste Libelle Europas. Aufgrund ihrer geringen Ausbreitungsfähigkeit und der besonderen ökologischen Ansprüche kommt die Art nur in überfluteten Seggenrieden vor, in denen auch während des Sommers stellenweise Wasser steht. Die Vegetation muss dünnhalmig und lückig sein, und unter Wasser sollten Wasserschlauch-Arten wachsen. Solche Lebensräume sind seit der Trockenlegung der Moore und Feuchtgebiete im 19. und 20. Jahrhundert nur noch selten zu finden – fast ausschliesslich in Schutzgebieten.

Zwischen 1991 und 2006 galt die Zwerglibelle in der ganzen Schweiz als ausgestorben oder verschollen. Im Rahmen von Felderhebungen des Schweizer Zentrums für die Kartografie der Fauna (info fauna – CSCF) und dank einem gut funktionierenden Netzwerk von ehrenamtlichen Libellenfachleuten konnte die Art jedoch in zwei Schutzgebieten am Neuenburgersee (2007) und am Pfäffikersee (2008) neu beziehungsweise wiederentdeckt werden (Monnerat 2008). Dies zeigt, dass Populationen während Jahrzehnten unbemerkt existieren können, weshalb bei der Bezeichnung des Status «Ausgestorben» die von der IUCN empfohlene Vorsicht gerechtfertigt ist: Invertebraten-Arten werden erst dann als ausgestorben bezeichnet, wenn sie mindestens 100 Jahre nicht mehr nachgewiesen worden sind.

Abb. 35: Die Zwerglibelle (*Nehalennia speciosa*) ist eine vom Aussterben bedrohte Art.

Foto: Stefan Kohl

10 Datengrundlage

Daten zur Artenvielfalt in der Schweiz sind die Basis für jede Rote Liste. Informationen zu Arten werden in der Schweiz in Datenzentren und Koordinationsstellen für Artenförderung gesammelt, verwaltet, bewertet und veröffentlicht. Diese sind jeweils auf bestimmte Artengruppen spezialisiert und seit 2016 unter dem Dach von InfoSpecies vereint (vgl. Box 18). Bei den meisten Organismengruppen steigen die Datenbankeinträge exponentiell (Abb. 36).

Die Fundmeldungen stammen zu ungefähr zwei Dritteln von privaten Artenkennenden, die ihre Beobachtungen den Datenzentren melden. Der Rest kommt zu etwa gleichen Teilen aus nationalen und kantonalen Monitoringprogrammen (u. a. Rote-Listen-Erhebungen) sowie aus Sammlungen und aus der Literatur. Ehrenamtliche Mitarbeitende der Datenzentren und Koordinationsstellen leisten somit einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Artenvielfalt und zum Naturschutz in der Schweiz.

Die Anzahl Fundmeldungen ist je nach Art und Organismengruppe sehr unterschiedlich, was auf verschiedene Gründe zurückzuführen ist. Sehr viele Fundmeldungen gibt es für attraktive, häufige und/oder im Feld leicht zu bestimmende Arten (z. B. für den Schwalbenschwanz in

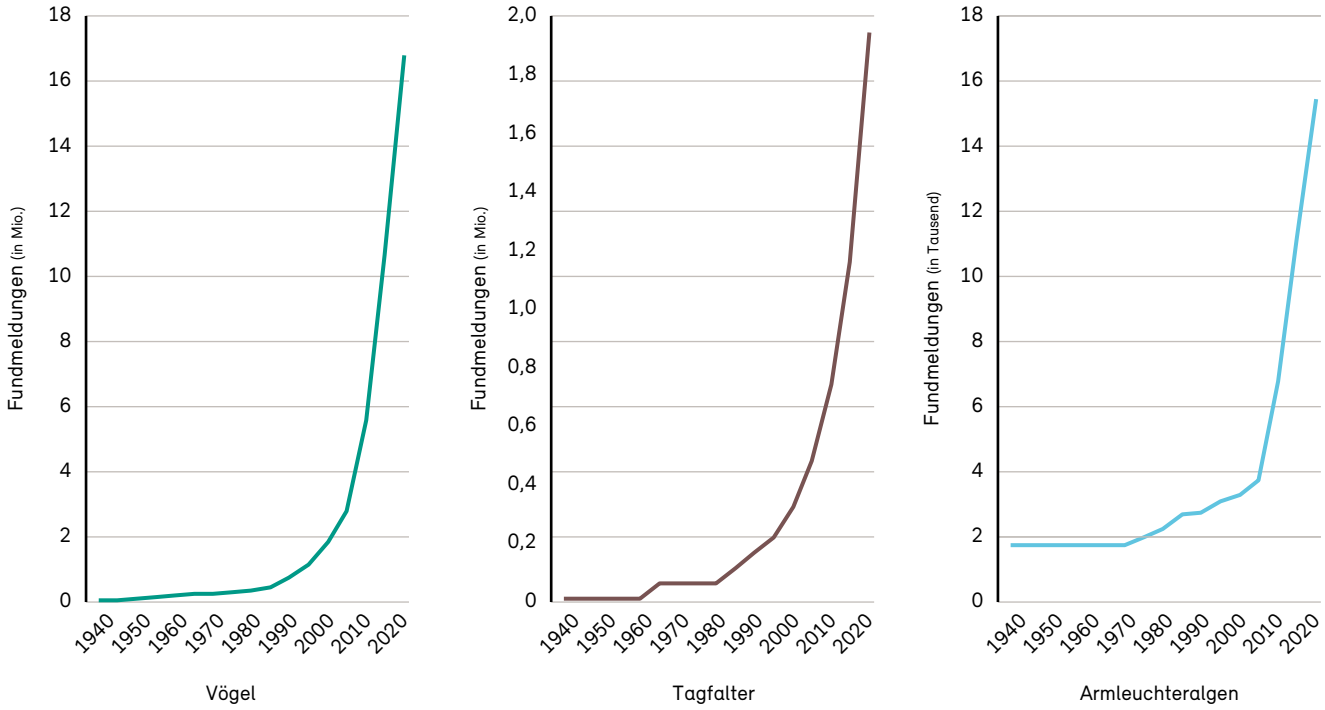
Abb. 36: Anzahl Datenbankeinträge zu drei Organismengruppen

Datenbankeinträge erfolgen mit den Fundmeldungen.

Vögel: 1990 wurden klare Meldevorgaben eingeführt. 1995: Durchführung der Felderhebung für den Brutvogelatlas 1993–1996. 2010: Einführung der Meldeplattform ornitho.ch. 2015: Durchführung der Felderhebung für den Brutvogelatlas 2013–2016.

Tagfalter: Offizielle Anerkennung des Datenzentrums info fauna – CSCF 1990, was vermehrt Beobachtungsdaten eingebracht hat. Ab 2010: Entwicklung von Webfauna & App (Erfassungs- und Übermittlungstools für Tierbeobachtungen).

Armleuchteralgen: Nach 2005 lieferte die landesweite Kartierung von Wasserpflanzen und Wassertieren in Kleinseen und Weihern der Schweiz sowie die Erarbeitung der Roten Liste Armleuchteralgen (2005–2012) einen starken Anstieg der Fundmeldungen.



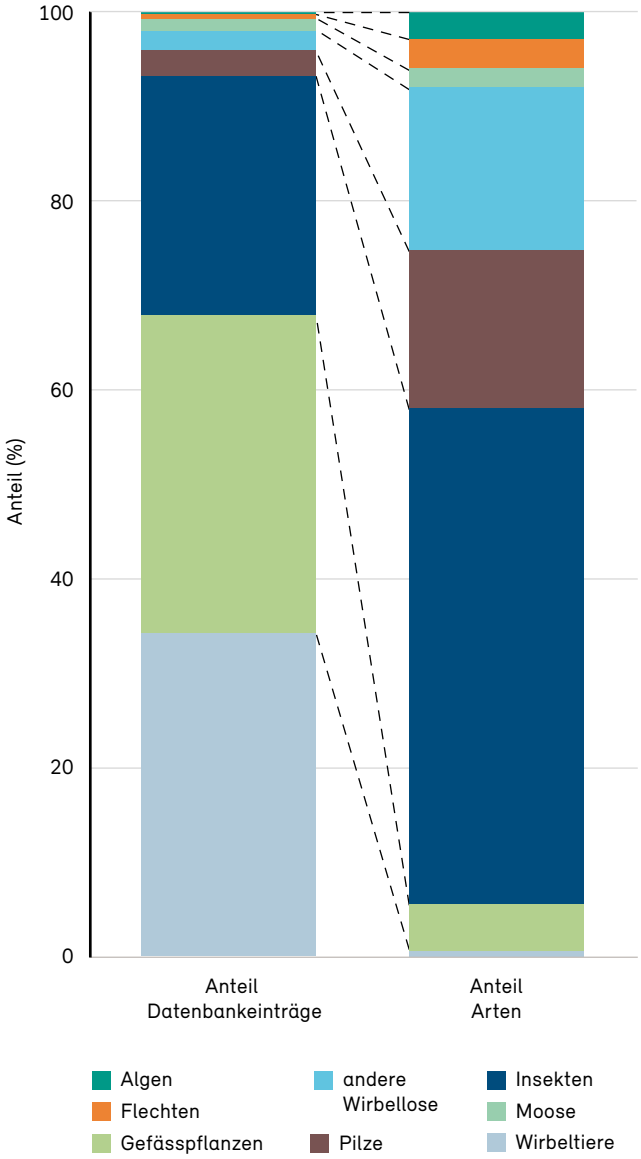
Quelle: Info Flora, info fauna – CSCF und Vogelwarte

der Gruppe der Tagfalter) sowie für Gruppen, die für den Naturschutz schon lange Zeit relevant sind und ein grosses Netzwerk von meist freiwilligen Datenmeldenden haben. So liegen für Wirbeltiere und Gefässpflanzen im Verhältnis zur Artenzahl überproportional viele Datenbankeinträge vor (Abb. 37). Hingegen bestehen für sehr artenreiche Gruppen der Wirbellosen und für Pilze grosse Datenlücken.

Für die meisten und artenreichsten Gruppen (z. B. Flechten, Pilze, wirbellose Tiere) gibt es zurzeit nur wenige herausragende Expertinnen und Experten (Abb. 38). Dies führt dazu, dass nur ein kleiner Teil der gesamten Artenvielfalt der Schweiz im Rahmen von Rote-Liste-Projekten erfasst werden können.

Seit 2011 ist die Anzahl bekannter mehrzelliger Arten in der Schweiz von 45 890 auf 56 009 gestiegen. Das sind über 10 000 Arten mehr. Diese massive Zunahme stammt vor allem von zwei Gruppen: den Insekten (+7091) und den Pilzen (+2842). Die Ursachen liegen zum Teil in der Anwendung neuer molekularer Bestimmungsmethoden und der Intensivierung der Forschung mit bestehenden Sammlungen, vor allem aber in der starken Zunahme der Beobachtungsmeldungen, beispielsweise bei SwissFungi. Dieses Datenzentrum ist noch jung und die Datenlage für die Pilze deshalb lückenhaft. Seit diese Datenbank existiert, nehmen die Meldungen von Erstnachweisen für die Schweiz rasant zu. Hinzu kommt, dass sich einige Pilz-Fachleute vermehrt auf einzelne, noch wenig bekannte Artengruppen spezialisieren und laufend neue Arten für die Schweiz melden.

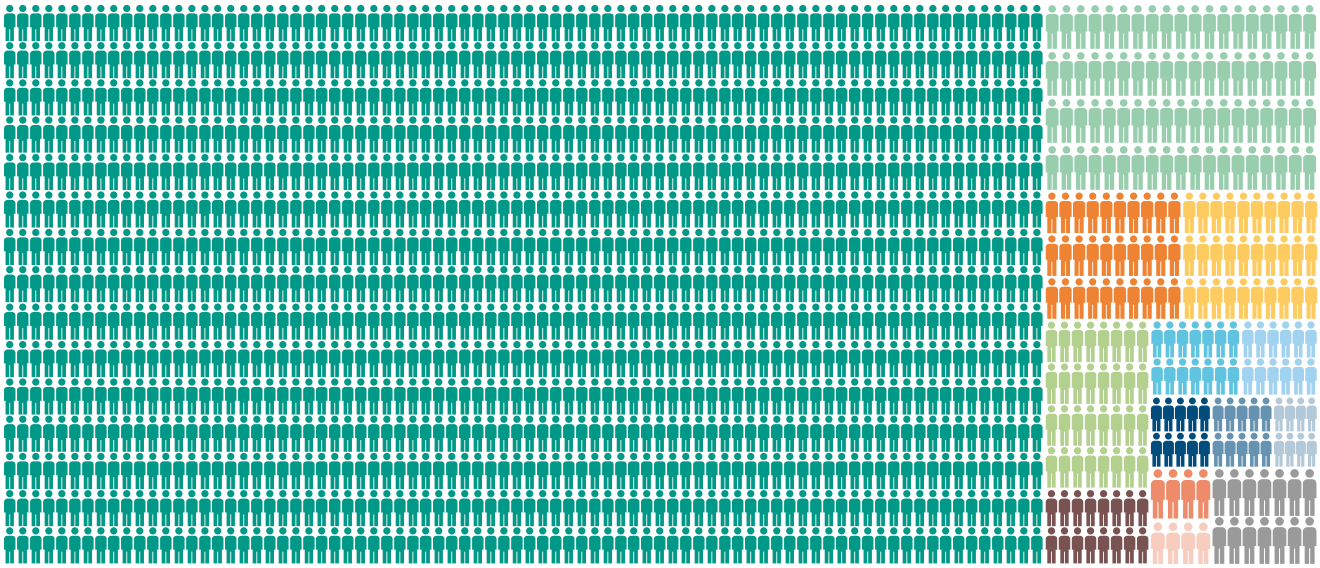
Abb. 37: Anteil Datenbankeinträge für verschiedene Organismengruppen (links) im Vergleich zur Artenvielfalt (rechts)
Datenbankeinträge entsprechen Fundmeldungen über nachgewiesene Arten und Unterarten in der Schweiz inkl. Neobiota, aber ohne wandernde Arten und seltene Beobachtungen. Stand 2021.



Quelle: InfoSpecies sowie Widmer et al. 2021 für die Insektenartenzahlen

Abb. 38: Anzahl herausragender Artenexpertinnen und -experten pro Organismengruppe in der Schweiz

Herausragende Artenexpertinnen und -experten sind hochspezialisierte Personen, die in der jeweiligen Gemeinschaft der Artenkennerinnen und -kenner alle oder den Grossteil der Arten einer Organismengruppe sicher bestimmen oder zumindest ansprechen können und auch für Nachbestimmungen und Validierungen im Rahmen von Monitoringprogrammen und Studien herangezogen werden.



- Vögel (2000)
- Farne, Blütenpflanzen (175)
- Reptilien (60)
- Fledermäuse (60)
- Grosspilze (60)
- Tagfalter (27)
- Amphibien (20)
- Libellen (24)
- Säuger (ohne Fledermäuse) (15)
- Moose (15)
- Heuschrecken (11)
- Holzbewohnende Käfer (Pracht-, Bock-, Hirsch-) (11)
- Flechten (9)
- Weitere: Mollusken (6) / Fische und Rundmäuler (6) / Laufkäfer, Sandlaufkäfer (5) / Spinnen (5) / Hautflügler Stechimmen (Bienen, Ameisen u. a.) (4) / Makroalgen (Armleuchteralgen, andere) (4) / Steinfliegen (2) / Köcherfliegen (2) / Netzflügler (1) / Eintagsfliegen (1)

Quelle: InfoSpecies

Box 18: InfoSpecies – Schweizerisches Informationszentrum für Arten

Die nationalen Datenzentren und Koordinationsstellen für Artenförderung sind jeweils auf bestimmte Artengruppen spezialisiert und erarbeiten im Auftrag des BAFU die Roten Listen. Seit 2016 sind sie unter dem Dach von InfoSpecies vereint. Der Verein fördert die Zusammenarbeit zwischen den Zentren und unterstützt Bund, Kantone und weitere Akteure beim Zugang zu Artdaten, bei der Interpretation von Artnachweisen sowie bei der Entwicklung von Instrumenten zur Artenförderung. Die Tätigkeiten von InfoSpecies umfassen drei Aufgabenfelder:

- **Verwaltung und Bereitstellung von Art-Nachweisen:** InfoSpecies sammelt, validiert und publiziert Nachweise und Informationen zu allen wild lebenden Arten der Schweiz und ist zuständig für deren Qualitätssicherung. Der Verein ist bemüht, eine möglichst harmonisierte, vollständige und genaue Datengrundlage von hoher Qualität zu gewährleisten. Dazu ist jedoch ein gut funktionierender Datenfluss eine zentrale Voraussetzung. Nur wenn Beobachtungen beispielsweise aus Monitoring- und Forschungsprojekten bei den Datenzentren gemeldet werden, können sie überprüft und archiviert werden, sodass sich ein möglichst genaues Bild über die Verbreitung der Arten ergibt.
- **Beratung und Bereitstellung von Referenzlisten und Wissensgrundlagen für die Artenförderung:** Aufgrund der verfügbaren Daten- und Wissensgrundlagen führen die Datenzentren taxonomische und nomenklatorische Checklisten für die in der Schweiz vorkommenden Arten. InfoSpecies erstellt basierend darauf weitere Referenzlisten, beispielsweise für die Vollzugshilfe des BAFU über National Prioritäre Arten (vgl. Kapitel 12), Endemiten (vgl. Kapitel 4) oder Neobiota. Sie dienen dem BAFU für die Festlegung der Umsetzungsprioritäten für die Artenförderung im Rahmen der Programmvereinbarungen mit den Kantonen. Zudem unterstützt InfoSpecies das BAFU und die Kantone bei der Etablierung neuer regionaler Koordinationsstellen für Artenförderung und bei der Umsetzung des Konzepts Artenförderung (BAFU 2012, in Revision) mit dem Ziel, Probleme zu identifizieren und Lösungsansätze für organismenübergreifende Artenförderung zu finden.
- **Artenkenntnis fördern:** Die Arbeit von InfoSpecies beruht auf dem enormen Wissensschatz der Art-Expertinnen und -Experten, die zu einem grossen Teil ehrenamtlich mit den Datenzentren und den Koordinationsstellen für Artenförderung zusammenarbeiten und ihre Daten und Expertise zur Verfügung stellen. Sie besitzen nicht nur hervorragende Artenkenntnisse, sondern verfügen meist auch über ein umfassendes naturschutzbiologisches Wissen, welches in Artensteckbriefen zusammengefasst über die Datenzentren online zur Verfügung gestellt wird. Allerdings gibt es für viele Artengruppen viel zu wenig oder keine Art-Expertinnen und -Experten, weshalb grosse Daten- und Wissenslücken existieren (vgl. Kapitel 10 und 11). InfoSpecies fördert und koordiniert deshalb das Aus- und Weiterbildungsangebot im Bereich Artenkenntnis.

Weitere Informationen

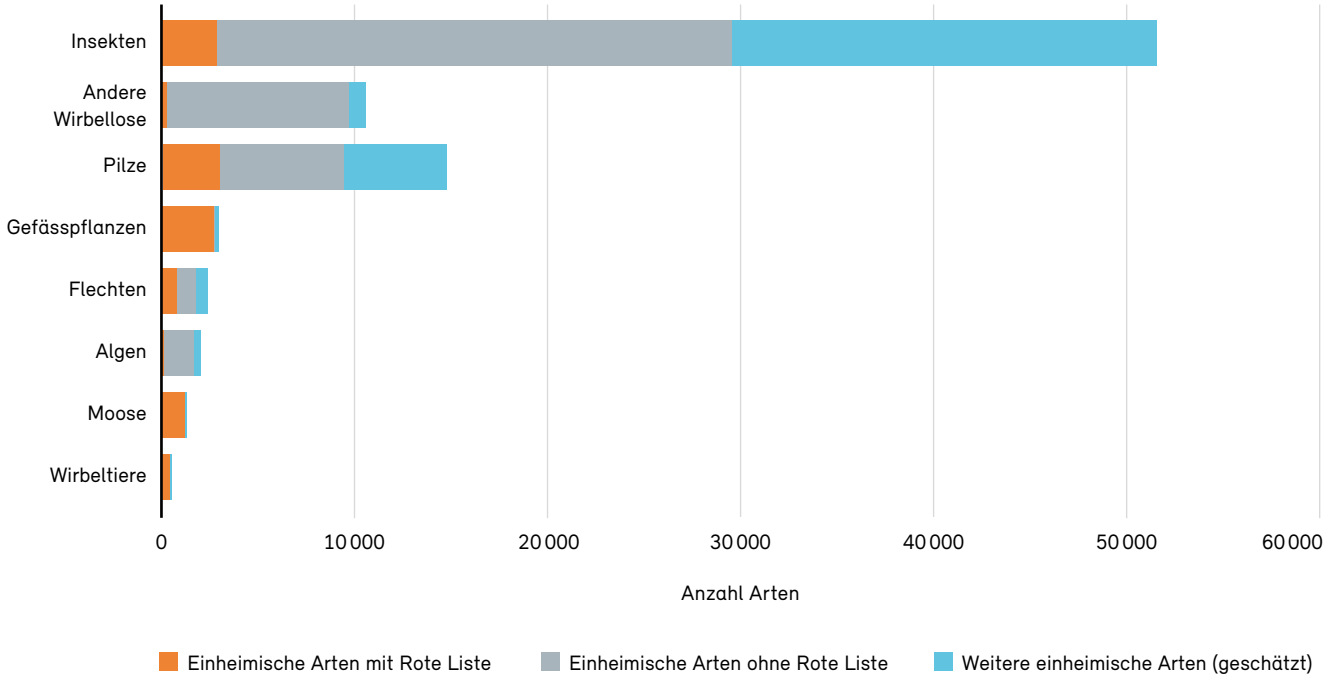
- *www.infospecies.ch* (Dachorganisation)
- *www.swissbryophytes.ch* (Moose)
- *www.swissfungi.ch* (Pilze)
- *www.swisslichens.ch* (Flechten)
- *www.infofauna.ch* (Fauna ohne Vögel und Fledermäuse)
- *www.vogelwarte.ch* (Vögel)
- *www.chauves-souris.ch* und *www.fledermausschutz.ch* (Fledermäuse)
- *www.infoflora.ch* (Gefässpflanzen)
- *www.wsl.ch* (Datenzentrum Natur und Landschaft DNL)
- *www.gbif.ch* (Global Biodiversity Information Facility Switzerland)

11 Forschungsbedarf

Die Kategorie «Ungenügende Datengrundlage» (DD) in den Roten Listen (immerhin 17 % aller beurteilten Arten), die vielen Organismengruppen ohne Rote Liste und die vielen in der Schweiz vermuteten aber noch nicht nachgewiesenen Arten sind ein deutlicher Hinweis darauf, dass über die Verbreitung und Bestandsentwicklung eines grossen Teils der Arten noch wenig oder nichts bekannt ist. Besonders gross ist der Wissensbedarf bei den Insekten und anderen wirbellosen Arten, aber auch bei den Pilzen (Abb. 39).

Grosse Wissenslücken bestehen auch bei der Bestimmung vieler Arten. Kleinarten oder Art-Komplexe lassen sich morphologisch nicht unterscheiden und müssen genetisch charakterisiert werden. Daher sind zusätzliche Analysen erforderlich, um ihren Gefährdungsstatus zu bewerten.

Abb. 39: Anzahl bekannte (mit und ohne Rote Liste) und geschätzte Arten pro Organismengruppe



Quelle: BAFU, InfoSpecies und Widmer et al. 2021 für die Insekten

12 Prioritäten setzen für die Artenförderung

Um die Gelder, die für den Artenschutz und die Artenförderung zur Verfügung stehen, möglichst zielgerichtet zu investieren, müssen Prioritäten gesetzt werden. Der Bund hat deshalb in Zusammenarbeit mit InfoSpecies im Jahr 2011 erstmals die Liste der «National Prioritären Arten» publiziert und 2019 (BAFU 2019).

Die Priorisierung wird durch Artexpertinnen und -experten von InfoSpecies aufgrund der aktuellen Datengrundlagen gemacht. Sie basiert auf zwei Faktoren:

- Gefährdungsgrad: Dieser entspricht dem Status der aktuellen Roten Listen.
- Internationale Verantwortung: Die Schweiz trägt für diejenigen Arten, deren Verbreitungsgebiet vorwiegend in der Schweiz liegt, eine hohe Verantwortung. Höchste Verantwortung trägt die Schweiz für Arten, deren Aussterben in der Schweiz ein weltweites Aussterben bedeuten würde (Endemiten).

Für jede so eingestufte Art wird in der Liste der «National Prioritären Arten» zudem angegeben, ob sie einen klaren Handlungsbedarf aufweist und auf spezifische Artenförderprogramme angewiesen ist, oder ob die Lebensraumförderung oder die Überwachung der Populationen genügen. Dieser Ansatz wird auch bei der kommenden Aktualisierung der Liste im Grundsatz beibehalten. Sie wird zudem mit neuen, für die Artenförderung relevanten Informationen in einigen Punkten angepasst und ergänzt.

Analog wurde auch eine Priorisierung im Bereich Lebensraumschutz vorgenommen (BAFU 2019). Darin werden auch die «National Prioritären Lebensräume» aufgelistet, die vor allem ausserhalb von Schutzgebieten vorkommen und für die ein dringender Handlungsbedarf besteht.

Box 19: Baumstämme für einen Pilz – eine Erfolgsgeschichte

Der Orangerote Dachpilz (*Pluteus aurantiorugosus*, Abb. 40) lebt in strukturreichen Auenwäldern auf dicken, feuchten, liegenden und bereits morschen Laubholz-Stämmen und -Ästen. Weil diese Zerfallsphase des Holzes nur wenige Jahre dauert, braucht es in einem Gebiet sehr viel Totholz, damit sich eine Population längerfristig halten kann.

Als Folge von Seestandregulierungen und Flussbegradigungen sind intakte Auenwälder mit genügend Totholz in der Schweiz sehr selten geworden. Damit ist das Verbreitungsgebiet des Orangeroten Dachpilzes eingeschränkt, weshalb er als «Stark gefährdet» gilt. Seine Populationsdichte ist allerdings auch in ganz Europa sehr dünn, weshalb jedes Vorkommen geschützt werden muss. Die Schweiz trägt deshalb für die Erhaltung dieser Art eine internationale Verantwortung (Senn-Irlet 2012).

Die Gefährdung und Verantwortung sind ausschlaggebend dafür, dass der Orangerote Dachpilz auf der Liste der «National Prioritären Arten» erscheint und in den Prioritäten des Bundes für die Artenförderung im Kanton Genf aufgeführt wird. Der Kanton hat für die Erhaltung von Baumpilzen bereits 2014 ein Projekt lanciert und 74 Weichholz-Baumstämme, teilweise mit einem Durchmesser von mehr als einem Meter, an geeigneten Standorten entlang von Waldwegen positioniert. In enger Zusammenarbeit mit der Mykologischen Gesellschaft werden die Baumstämme seither überwacht – das Ergebnis ist beeindruckend: Bereits nach drei Jahren konnten 86 Pilzarten verzeichnet werden, darunter der Orangerote Dachpilz und mehrere weitere gefährdete Arten. Von der Massnahme profitieren auch zahlreiche andere Arten, insbesondere viele Wirbellose.

Abb. 40: Der Orangerote Dachpilz (*Pluteus aurantiorugosus*) ist ein auffälliger Pilz der Auenwälder.

Foto: Julia Jenzer

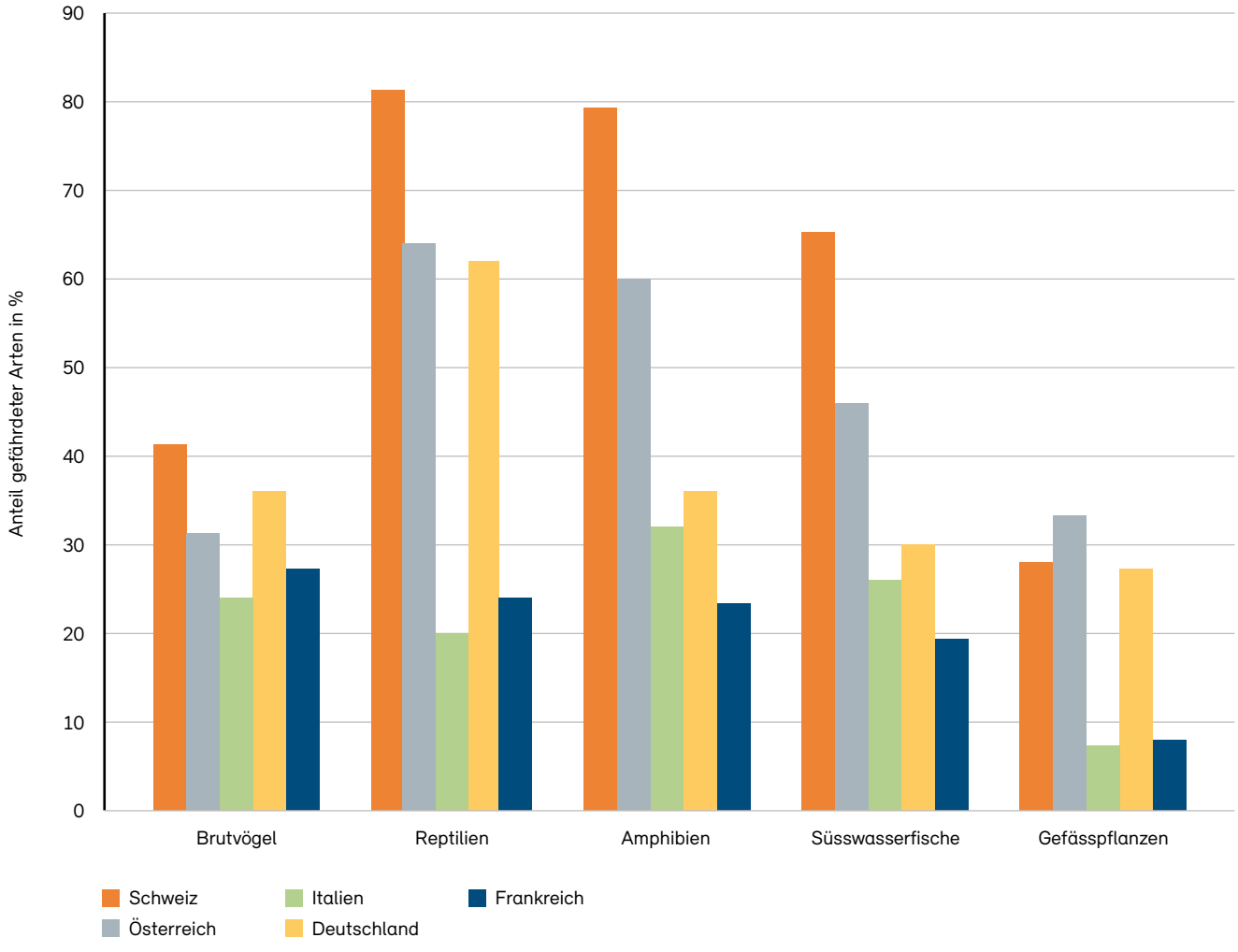
13 Vergleich mit anderen Ländern

Die Gefährdungssituation bei den Organismengruppen unterscheidet sich zum Teil erheblich zwischen der Schweiz und den benachbarten Staaten. Die Schweiz weist fast immer den höchsten Wert auf (Abb. 41). Besonders deutlich ist der Unterschied bei den Amphibien und den Fischen, wo die Schweiz einen besonders grossen Handlungsbedarf aufweist.

Die Ursachen für diese Situation sind vielfältig. Hauptgrund ist die vielerorts schlechte ökologische Qualität und die Fragmentierung von geeigneten Lebensräumen im Mittelland und in den Tallagen der Schweiz. Eine Rolle spielt auch die deutlich bessere Datengrundlage in der Schweiz sowie geografische Einflüsse wie die Lage des Landes in der Mitte Europas und damit am Rande der Verbreitungsgebiete einiger Arten.

Eine frühere Analyse aller Rote-Liste-Arten nach Gefährdungskriterien hat gezeigt, dass etwa die Hälfte der gefährdeten Arten in der Schweiz deshalb bedroht ist, weil deren Bestände in der untersuchten Zeitspanne deutlich abgenommen haben oder ihr Verbreitungsareal stark geschrumpft ist (IUCN-Kriterien A und B, ohne B2a) (Cordillot & Klaus 2011). Viele der

Abb. 41: Anteil gefährdeter Arten in der Schweiz und in angrenzenden Ländern



Quelle: BAFU und Rote Listen der angrenzenden Länder

anderen Arten haben ein kleines Verbreitungsgebiet und gelten als selten (IUCN-Kriterien B2a, D, D1, D2).

Arten können aus mehreren Gründen selten sein:

- Die Fläche an geeignetem Lebensraum ist in der Vergangenheit extrem geschrumpft (z. B. durch direkte Zerstörung wie Trockenlegung oder Überbauung).
- Die Schweiz liegt am Rande des Verbreitungsgebiets einer Art. Bei uns finden beispielsweise verschiedene Arten aus dem Mittelmeerraum nur in den warmen Gegenden des Wallis und der Alpensüdseite günstige Bedingungen vor.
- Das Verbreitungsgebiet ist seit jeher ein kleines Areal. Dies trifft beispielsweise auf Arten zu, die nur in einem speziellen Lebensraumtyp vorkommen können und den ihnen zusagenden Lebensraum nur an wenigen Stellen finden können (sog. Spezialisten). Ein weiterer Grund kann die Fortpflanzungsbiologie sein. Bei manchen Arten (z. B. bei den Moosen) ist die Ursache der Seltenheit bis heute nicht bekannt. Ein gemeinsames Merkmal dieser Arten ist jedoch, dass ihre Bestände durch Lebensraumveränderungen (z. B. infolge des Klimawandels) rasch verloren gehen können.

Literatur

BAFU (2019): Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 99 S.

Baggenstos M. (2010): Verbreitung und Biologie der Nidwaldner Haarschnecke (*Trochulus biconicus*). Kanton Bern, Naturschutzinspektorat, Amt für Landwirtschaft und Natur.

Bar-On Y.M., Phillips R., Milo R. (2018): The biomass distribution on Earth. PNAS 115 (25), 6506–6511.

Bisang I., Lienhard L., Bergamini A. (2019): Entwicklung von Ackermoospopulationen und ihren Lebensräumen im Schweizer Mittelland während 28 Jahren von 1991 bis 2018. Schlussbericht zu Händen des BAFU.

BLW (2020): Agrarbericht 2019. Bundesamt für Landwirtschaft.

Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. (2016): Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.

Bornand C., Eggenberg S., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Marazzi B., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H. 2019: Regionale Rote Liste der Gefässpflanzen der Schweiz. Info Flora, Genf, Bern, Lugano. 386 S.

Bosshard A. (2015): Rückgang der Fromentalwiesen und die Auswirkungen auf die Biodiversität. Agrarforschung Schweiz 6 (1).

Cordillot F., Klaus G. (2011): Gefährdete Arten in der Schweiz. Synthese Rote Listen, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1120: 111 S.

Dähler N.B., Holderegger R., Braig P., Info Flora, Bergamini A. (2020): Erhalten Schutzgebiete die Artenvielfalt? N + L Inside. Konferenz der Beauftragten für Natur- und Landschaftsschutz (KBNL).

Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G., Sager L., Stucki P. (2016): Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern. 33 S.

Dönni W., Spalinger L., Knutti A. (2016): Die Rückkehr des Lachses in der Schweiz – Potential und Perspektiven. Auslegeordnung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU. 55 S.

Ewald K., Klaus G. (2010): Die ausgewechselte Landschaft. Vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource. Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.

GBIF.org (4/5.10.2021): GBIF Occurrence Downloads: DOI: *10.15468/dl.9x27vw* (*Erebia christi*); DOI: *10.15468/dl.hfvhtd* (*Erebia aethiops*); DOI: *10.15468/dl.5gspvm* (*Erebia pharte*).

Guntern J., Pauli D., Klaus G. (2020): Biodiversitätsfördernde Strukturen im Landwirtschaftsgebiet. Bedeutung, Entwicklung und Stossrichtungen für die Förderung. Bericht zuhanden des BLW. SCNAT.

Holderegger R., Bergamini A., Büttner M., Braig P., Landergott U., Info Flora (2019): Seltene Pflanzen im Kanton Schaffhausen. Herkunft, Lebensräume, Gefährdung, Schutz. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen Nr. 71.

InfoSpecies (2021): Die Roten Listen der IUCN – Erläuterungen zu den Roten Listen der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. *www.bafu.admin.ch/rotelisten*

Knaus P., Antoniazza S., Keller V., Sattler T., Schmid H., Strebel, N. (2021): Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2020. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Umwelt-Vollzug Nr. 2124: 53 S.

Knaus P., Antoniazza S., Wechsler S., Guélat J., Kéry M., Strebel N., Sattler T. (2018): Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016. Verbreitung und Bestandsentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Meier E. et al. (2021): Zustand der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft. Zustandsbericht ALL-EMA 2015–2019. Agroscope Science Nr. 111. 88 S.

Monnerat C. (2008): Neufund einer Population von *Nehalennia speciosa* in der Westschweiz (Odonata: Coenagrionidae). Libellula 27 (1/2), 39–51.

Monnerat C., Barbalat S., Lachat T., Gonseth Y. (2016): Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Bern, und info fauna – CSCF, Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Umwelt- Vollzug Nr. 1622: 118 S.

Müller M., Weggler M. (2018): Bestandsentwicklung der Feldlerche *Alauda arvensis* 2008–2017 im Kanton Zürich. Ornithol. Beob. 115, 49–58.

Parejo M., Dietemann V., Praz C. (2020a): Der Status freilebender Völker der Dunklen Honigbiene (*Apis mellifera mellifera*) in der Schweiz – Literatursynthese und Expertenempfehlungen. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

Parejo M., Wragg D., Henriques D., Charrière J.-D., Estonba A. (2020b): Digging into the genomic past of Swiss honey bees by whole-genome sequencing museum specimens. Genome Biol. Evol. evaa118.

Schmid H., Kestenholz M., Knaus P., Rey L., Sattler T. (2018): Zustand der Vogelwelt in der Schweiz: Sonderausgabe zum Brutvogelatlas 2013–2016. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Schmidt B.R. et al. (2021): Ist der Folienweiher passé? N + L Inside 3/21, S. 44.

Senn-Irlet B. (2012): Merkblatt Pilze: Orangeroter Dachpilz. *Pluteus aurantiorugosus* (Trog) Sacc. [published online October 2012]. Available from Internet *www.wsl.ch/merkblaetter_pilze* Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 2 S.

Selz O.M., Seehausen O., Dönz C.J., Vonlanthen P. (2020): A taxonomic revision of the whitefish of Lakes Brienz and Thun, Switzerland, with description of three new species. ZooKeys 989, 79–162.

Stiftung KORA (2021): 50 Jahre Luchs in der Schweiz. KORA-Bericht Nr. 99. 80 S.

Tschudin P., Eggenberg S., Fivaz S., Jutzi M., Sanchez A., Schnyder N., Senn-Irlet B., Gonseth Y. (2017): Endemiten der Schweiz – Methode und Liste 2017. Schlussbericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU), Bern. 37 S.

Widmer I., Mühlethaler R. et al. (2021): Insektenvielfalt in der Schweiz: Bedeutung, Trends, Handlungsoptionen. Swiss Academies Reports 16 (9).

Gültige Rote-Listen-Publikationen

Die Rote Listen der gefährdeten Arten der Schweiz online unter:
www.bafu.admin.ch > Thema Biodiversität > Publikationen und Studien > Rote Listen: Gefährdete Arten der Schweiz

Gefässpflanzen
Bornand C., Gygax A., Juillerat P., Jutzi M., Möhl A., Rometsch S., Sager L., Santiago H., Eggenberg S. (2016): Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.

Armleuchteralgen
Auderset Joye D., Schwarzer A. (2012): Rote Liste Armleuchteralgen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern und Laboratoire d'écologie et de biologie aquatique (LEBA) der Universität Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1213: 72 S.

Moose
Kiebacher T., Meier M., Steffen J., Bergamini A., Schnyder N., Hofmann H. (2023): Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern; Swissbryophytes, Daten- und Informationszentrum Moose Schweiz, Zürich. Umwelt-Vollzug 2309: *in Erarbeitung*

Pilze
Senn-Irlet B., Bieri G., Egli S. (2007): Rote Liste der gefährdeten Grosspilze der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Bern, und WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 0718: 92 S.

Flechten
Scheidegger C., Clerc P. (2002): Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Baum- und erdbewohnende Flechten. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, und Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève CJBG. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt: 124 S.

Säugetiere
Capt S. (2022): Rote Liste der Säugetiere (ohne Fledermäuse). Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2020. Bundesamt für Umwelt, Bern, und info fauna – CSCF, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 2202: 42 S.

Fledermäuse
Bohnenstengel T., Krättli H., Obrist M.K., Bontadina F., Jaberg C., Ruedi M., Moeschler P. (2014): Rote Liste Fledermäuse. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2011. Bundesamt für Umwelt, Bern; Centre de Coordination Ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, Genève; Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz, Zürich; Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 1412: 95 S.

Vögel
Knaus P., Antoniazza S., Keller V., Sattler T., Schmid H., Strebel N. (2021): Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2020. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Umwelt-Vollzug Nr. 2124: 53 S.

Reptilien
Ursenbacher S., Meyer A. (2023): Rote Liste Reptilien. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2020. Bundesamt für Umwelt, Bern, und info fauna – karch, Neuchâtel. *In Erarbeitung*

Amphibien
Schmidt B.R., Mermod M., Zumbach S. (2023): Rote Liste der Amphibien. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2020. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und info fauna – karch, Neuenburg. *In Erarbeitung*

Fische und Krebse
BAFU / info fauna (2022): Rote Liste der Fische und Rundmäuler. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und info fauna (CSCF). Aktualisierte Ausgabe 2022. Umwelt-Vollzug Nr. 2217: 37 S.

Schnecken und Muscheln
Rüetschi J., Stucki P., Müller P., Vicentini H., Claude F. (2012): Rote Liste Weichtiere (Schnecken und Muscheln). Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1216: 148 S.

Ameisen, Bienen, Wasserkäfer, Netzflügler, Schnaken, Lauf- und Sandlaufkäfer
Duelli P. (Red.) (1994): Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern. Vollzug Umwelt 9008: 45–47.

Tagfalter und Widderchen
Wermeille E., Chittaro Y., Gonseth Y. (2014): Rote Liste Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1403: 97 S.

Käfer
Monnerat C., Barbalat S., Lachat T., Gonseth Y. (2016): Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Bern, und info fauna – CSCF, Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 1622: 118 S.

Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen
Lubini V., Knispel S., Sartori M., Vicentini H., Wagner A. (2012): Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212: 111 S.

Heuschrecken
Monnerat C., Thorens P., Walter T., Gonseth Y. (2007): Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug 0719: 62 S.

Singzikaden
Hertach T. (2021): Rote Liste der Singzikaden. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und info fauna – CSCF, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 2111: 63 S.

Libellen
Monnerat C., Wildermuth H., Gonseth Y. (2021): Rote Liste der Libellen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2020. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und info fauna – CSCF, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 2120: 72 S.

Zehnfusskrebse
Rote Liste der Zehnfusskrebse (2007): Anhang 1 (*Astacidae Decapoda*, Crustacea) der Verordnung vom 24. November 1993 zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF; SR 923.01).

Lebensräume
Delarze R., Eggenberg S., Steiger P., Bergamini A., Fivaz F., Gonseth Y., Guntern J., Hofer G., Sager L., Stucki P. (2016): Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. Aktualisierte Kurzfassung zum technischen Bericht 2013 im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern. 33 S.

Anhang A: Bekannte und geschätzte Arten in der Schweiz

Zahl der in der Schweiz geschätzten und bekannten einheimischen Arten

Stand 2022

Systematische Gruppen (Stamm, Klasse, Ordnung)	Geschätzt	Bekannt
Wirbeltiere	446	399
Säuger	87	86
Vögel	216	205
Reptilien	16	16
Amphibien	21	21
Fische	106	71
Gliederfüssler	55 335	32 685
Sackkiefler (z. B. Springschwänze)	280	275
Insekten	51 325	29 421
Tausendfüssler	230	199
Spinnentiere	3000	2375
Krebstiere	500	415
Weichtiere	299	270
Muscheln	33	29
Schnecken	266	241
«Würmer» et al.	6120	6063
Bärtierchen	60	60
Ringelwürmer	255	225
Rundwürmer	3200	3175
Schnurwürmer	5	3
Plattwürmer	2600	2600
Moostierchen	15	11
Nesseltiere	6	5
Hydrozoa	6	5
Schwämme	6	5
Tiere (Total)	**62 227**	**39 438**

Systematische Gruppen (Stamm, Klasse, Ordnung)	Geschätzt	Bekannt
Gefässpflanzen	2866	2712
Blütenpflanzen	2778	2624
Farne, Bärlappe und Schachtelhalme	88	88
Moose	1170	1148
Lebermoose	277	269
Laubmoose	890	876
Hornmoose	3	3
Algen	1890	1590
Makroalgen (z. B. Armleuchteralgen)	90	90
Mikroalgen (z. B. Kieselalgen)	1800	1500
Pflanzen (Total)	**5926**	**5450**
Flechten	2310	1777
Pilze	14 717	9344
Flechten und Pilze (Total)	**17 027**	**11 121**
Total	**85 180**	**56 009**

Anhang B: Anzahl und Anteil gefährdeter Arten in den Roten Listen der Schweiz

Anzahl und Anteil Arten mit Gefährdungseinstufung in der Schweiz

Als gefährdet werden alle Arten der Kategorien «Vom Austerben bedroht» bis «Verletzlich» bezeichnet. Die Kategorie «Potenziell gefährdet» gilt als Vorwarnliste, weil diese Arten eine mögliche oder wahrscheinliche Gefährdung aufweisen. Zusammen mit den ausgestorbenen und nicht gefährdeten Arten ergibt sich die Anzahl bewerteter Arten. Werden die Arten mit ungenügender Datengrundlage hinzugerechnet, ergibt sich die Anzahl beurteilter einheimischer Arten. Stand 2023.

Organismengruppen	In der Schweiz ausgestorben		Vom Austerben bedroht		Stark gefährdet		Verletzlich		Potenziell gefährdet		Nicht gefährdet		Anzahl bewertete Arten	Arten mit ungenügender Datengrundlage	Anzahl beurteilte Arten
	RE		CR		EN		VU		NT		LC			DD	
Wirbeltiere	**18**	**5 %**	**31**	**8 %**	**61**	**16 %**	**79**	**20 %**	**61**	**16 %**	**137**	**35 %**	**387**	**12**	**399**
Säugetiere	1	1 %	5	6 %	13	16 %	16	20 %	10	12 %	36	44 %	81	5	86
Säugetiere ohne Fledermäuse	1	2 %	2	4 %	8	15 %	9	16 %	3	5 %	32	58 %	55	1	56
Fledermäuse	0	0 %	3	12 %	5	19 %	7	27 %	7	27 %	4	15 %	26	4	30
Brutvögel	7	3 %	9	4 %	25	12 %	42	20 %	41	20 %	81	40 %	205	0	205
Reptilien	0	0 %	2	13 %	9	56 %	2	13 %	1	6 %	2	13 %	16	0	16
Amphibien	1	5 %	0	0 %	6	32 %	8	42 %	0	0 %	4	21 %	19	2	21
Fische und Rundmäuler	9	14 %	15	23 %	8	12 %	11	17 %	9	14 %	14	21 %	66	5	71
Weichtiere	**3**	**1 %**	**19**	**8 %**	**41**	**16 %**	**38**	**15 %**	**40**	**16 %**	**108**	**43 %**	**249**	**21**	**270**
Muscheln	1	4 %	1	4 %	5	20 %	4	16 %	4	16 %	10	40 %	25	4	29
Schnecken	2	1 %	18	8 %	36	16 %	34	15 %	36	16 %	98	44 %	224	17	241
Zehnfusskrebse	**0**	**0 %**	**1**	**25 %**	**2**	**50 %**	**1**	**25 %**	**0**	**0 %**	**0**	**0 %**	**4**	**0**	**4**
Insekten	**142**	**5 %**	**210**	**8 %**	**315**	**11 %**	**448**	**16 %**	**356**	**13 %**	**1316**	**47 %**	**2787**	**57**	**2844**
Hautflügler	70	10 %	30	4 %	59	8 %	146	21 %	54	8 %	348	49 %	707	0	707
Bienen	67	12 %	25	4 %	42	7 %	125	22 %	37	6 %	279	49 %	575	0	575
Ameisen	3	2 %	5	4 %	17	13 %	21	16 %	17	13 %	69	52 %	132	0	132
Tagfalter und Widderchen	3	1 %	10	4 %	27	12 %	38	17 %	44	19 %	104	46 %	226	0	226
Köcherfliegen	17	6 %	29	10 %	47	16 %	54	19 %	43	15 %	101	35 %	291	11	302
Schnaken	2	1 %	18	12 %	11	7 %	15	10 %	21	14 %	84	56 %	151	0	151

Organismengruppen	In der Schweiz ausgestorben		Vom Aussterben bedroht		Stark gefährdet		Verletzlich		Potenziell gefährdet		Nicht gefährdet		Anzahl bewertete Arten	Arten mit ungenügender Datengrundlage	Anzahl beurteilte Arten
	RE		CR		EN		VU		NT		LC			DD	
Käfer	34	4 %	84	9 %	123	13 %	122	13 %	131	14 %	422	46 %	916	37	953
Pracht-, Bock-, Rosenkäfer, Schröter	2	1 %	31	12 %	44	17 %	41	16 %	47	18 %	91	36 %	256	37	293
Laufkäfer, Sandlaufkäfer	32	6 %	45	9 %	37	7 %	34	7 %	72	14 %	285	56 %	505	0	505
Wasserkäfer	0	0 %	8	5 %	42	27 %	47	30 %	12	8 %	46	30 %	155	0	155
Netzflügler	0	0 %	2	2 %	5	4 %	14	12 %	10	9 %	85	73 %	116	0	116
Singzikaden	0	0 %	1	10 %	5	50 %	2	20 %	0	0 %	2	20 %	10	1	11
Heuschrecken	3	3 %	10	10 %	8	8 %	19	19 %	19	19 %	43	42 %	102	3	105
Steinfliegen	7	6 %	10	9 %	14	13 %	13	12 %	19	17 %	46	42 %	109	2	111
Libellen	3	4 %	4	5 %	9	12 %	11	15 %	6	8 %	42	56 %	75	1	76
Eintagsfliegen	3	4 %	12	14 %	7	8 %	14	17 %	9	11 %	39	46 %	84	2	86
Gefässpflanzen	**36**	**1 %**	**130**	**5 %**	**197**	**8 %**	**362**	**14 %**	**415**	**16 %**	**1473**	**56 %**	**2613**	**99**	**2712**
Blütenpflanzen	35	1 %	121	5 %	191	8 %	348	14 %	411	16 %	1424	56 %	2530	94	2624
Farnartige Pflanzen	1	1 %	9	11 %	6	7 %	14	17 %	4	5 %	49	59 %	83	5	88
Moose	**3**	**0 %**	**121**	**11 %**	**102**	**9 %**	**164**	**15 %**	**159**	**14 %**	**563**	**51 %**	**1112**	**36**	**1148**
Lebermoose	1	0 %	35	13 %	35	13 %	41	16 %	42	16 %	108	41 %	262	7	269
Laubmoose	2	0 %	85	10 %	66	8 %	122	14 %	117	14 %	455	54 %	847	29	876
Hornmoose	0	0 %	1	33 %	1	33 %	1	33 %	0	0 %	0	0 %	3	0	3
Armleuchteralgen	**4**	**17 %**	**4**	**17 %**	**6**	**26 %**	**6**	**26 %**	**1**	**4 %**	**2**	**9 %**	**23**	**2**	**25**
Flechten	**38**	**5 %**	**45**	**6 %**	**96**	**13 %**	**116**	**16 %**	**107**	**15 %**	**311**	**44 %**	**713**	**73**	**786**
Baumflechten	22	4 %	35	7 %	87	17 %	86	17 %	84	16 %	200	39 %	514	7	521
Bodenflechten	16	8 %	10	5 %	9	5 %	30	15 %	23	12 %	111	56 %	199	66	265
Grosspilze	**1**	**0 %**	**81**	**3 %**	**360**	**12 %**	**495**	**17 %**	**143**	**5 %**	**1876**	**63 %**	**2956**	**2004**	**4960**
Total	**245**	**2 %**	**642**	**6 %**	**1180**	**11 %**	**1709**	**16 %**	**1282**	**12 %**	**5786**	**53 %**	**10 844**	**2304**	**13 148**
Tiere insgesamt	163	5 %	261	8 %	419	12 %	566	17 %	457	13 %	1561	46 %	3427	90	3517
Wirbeltiere	18	5 %	31	8 %	61	16 %	79	20 %	61	16 %	137	35 %	387	12	399
Wirbellose	145	5 %	230	8 %	358	12 %	487	16 %	396	13 %	1424	47 %	3040	78	3118
Pflanzen insgesamt	43	1 %	255	7 %	305	8 %	532	14 %	575	15 %	2038	54 %	3748	137	3885
Flechten und Pilze insgesamt	39	1 %	126	3 %	456	12 %	611	17 %	250	7 %	2187	60 %	3669	2077	5746

Datengrundlage: BAFU

Biodiversität in der Schweiz

Zustand und Entwicklung

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Biodiversität in der Schweiz

Zustand und Entwicklung

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU
Bern, 2023

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren
Nicolas Gattlen, Gregor Klaus

Konzeption und Begleitung BAFU
Glenn Litsios, Jérôme Frei

Beitrag
BAFU
Claudio De Sassi, Hansueli Gujer, Lea Amacher, Gilles Rudaz, Gabriella Silvestri, Gian-Reto Walther, Stephan Lussi, Bruno Stadler, Peter Staubli Beck, Béatrice Werffeli, Claudia Moll, Séverine Evéquoz, Adrien Zeender, Sabine Herzog, Danielle Hofmann, Elena Havlicek, Yael Schindler Wildhaber, Christoph Dürr, Salome Sidler, Markus Thommen, Frank Hayer, Bettina Hitzfeld, Michael Schärer, Gudrun Schwilch, Richard Ballaman, Jennifer Vonlanthen, Lucie Lundsgaard-Hansen, Saskia Bourgeois Stöckli, Mirjam Macchi Howell, Jérémie Millot, Norbert Bärlocher, Olivier Schneider, Reto Meier, Laura Walther, Andreas Hauser, Gian Reto Bezzola, Stéphane Losey, Christoph Moor, Alexandre Gurba, Gregor Thomas, Laurence von Fellenberg, Niklaus Wagner, Basil Oberholzer, Franziska Humair, Lara Volery

Extern
Nolwenn Bühler (UniNe), Peter Knaus (Vogelwarte), Heike Hofmann (SwissBryophytes), Silvia Zumbach, Benedikt Schmidt, Andreas Meyer (info fauna), Silvia Stofer (SwissLichen), Andrin Gross (SwissFungi), Gaby Volkart, Martin Urech, Petra Ramseier

Korrektorat
Fredy Joss, Beatenberg

Grafiken
Atelier Scheidegger, Bern

Layout
Funke Lettershop AG

Titelbild
Waldboden mit Moos, Flechten und Blättern in der Siedlung Gletsch in Obergoms
© Susanne Venditti / BAFU

Bezug der gedruckten Fassung und PDF-Download
BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern
www.bundespublikationen.admin.ch
Art.-Nr.: 810.400.148D
www.bafu.admin.ch/uz-2306-d

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache verfügbar.
Die Originalsprache ist Deutsch.

© BAFU 2023

Inhaltsverzeichnis

Abstracts		6
Vorwort		7
Kurzfassung		9
1	Einführung	14
2	Lebensräume im Hochgebirge	22
3	Moore	30
4	Gewässer	38
5	Wald	48
6	Agrarland	56
7	Siedlungsraum	70
8	Internationales und Ausblick	78
Literatur		85
Bildnachweis		95

Abstracts

Biodiversity refers to the diversity of habitats, species and genes and the interactions between them. Biodiversity is not only our natural heritage, but also our life support system and the basis of our well-being. This report analyses the state of biodiversity in Switzerland. It is based on scientific studies and selected core variables (indicators) resulting from surveys of various federal biodiversity monitoring programmes. The data, which is collected regularly over long periods of time, makes it possible not only to record the state of biodiversity, but also to identify trends.

Keywords:
biodiversity, habitats, species, genes, monitoring, indicators

Biodiversität bezeichnet die Vielfalt der Lebensräume, der Arten und der Gene sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen drei Ebenen. Sie ist nicht nur unser natürliches Erbe, sondern auch unser Sicherheitsnetz und die Basis unserer Wohlfahrt. Der vorliegende Bericht analysiert den Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Er basiert auf ausgewählten Kerngrössen (Indikatoren), die aus Erhebungen der verschiedenen Biodiversitätsmonitoring-Programme des Bundes resultieren, sowie auf wissenschaftlichen Studien. Die regelmässig und über längere Zeiträume erhobenen Daten ermöglichen es, nicht nur den Zustand zu erfassen, sondern auch Trends zu erkennen.

Stichwörter:
Biodiversität, Lebensräume, Arten, Gene, Monitoring, Indikatoren

La biodiversité désigne la diversité des milieux naturels, la diversité des espèces, la diversité génétique, ainsi que les interactions entre ces trois niveaux. Elle n'est pas seulement notre patrimoine naturel : elle est aussi notre filet de sécurité et la base de notre prospérité. Le présent rapport analyse l'état de la biodiversité en Suisse. Il se base sur une sélection d'indicateurs alimentés par les différents programmes de monitoring de la biodiversité de la Confédération et sur des études scientifiques. Ces données collectées à intervalle régulier et sur de longues périodes permettent non seulement de décrire l'état actuel de la biodiversité, mais également de dégager des tendances.

Mots-clés :
biodiversité, milieux naturels, espèces, gènes, monitoring, indicateurs

Con «biodiversità» si fa riferimento alla varietà di habitat, specie e patrimonio genetico nonché alle interazioni tra questi tre elementi. Non è solo il nostro patrimonio naturale, ma anche la nostra rete di sicurezza e la base del nostro benessere. Il presente rapporto analizza lo stato della biodiversità in Svizzera. Si basa su parametri selezionati (indicatori) risultanti dai rilevamenti condotti nell'ambito dei diversi programmi di monitoraggio della biodiversità della Confederazione nonché su studi scientifici. I dati, raccolti con sistematicità e su un lungo arco di tempo, permettono non solo di rilevare lo stato attuale, ma anche di identificare alcune tendenze.

Parole chiave:
biodiversità, habitat, specie, patrimonio genetico, monitoraggio, indicatori

Vorwort

Eine reichhaltige biologische Vielfalt ist kein Luxus, den man sich leisten mag oder nicht; sie ist die Grundlage unserer Ernährung, hilft, das Klima zu regulieren, reinigt Luft und Wasser, dient unserer Gesundheit und ermöglicht eine prosperierende Wirtschaft, kurz: Sie bildet eine wichtige Grundlage unserer Wohlfahrt. Und diese Basis ist am Bröckeln. Denn die Qualität, Quantität und Vernetzung vieler Lebensräume reichen nicht mehr aus, um die Biodiversität unseres Landes langfristig zu erhalten. Dies zeigt sich besonders deutlich in den Roten Listen der gefährdeten Lebensräume: Fast die Hälfte der 167 bewerteten Lebensraumtypen sind bedroht.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Massnahmen ergriffen, um die Biodiversität zu fördern, nicht nur in den Schutzgebieten, sondern auch ausserhalb davon. Ohne diese Anstrengungen wäre der Zustand der Biodiversität in der Schweiz deutlich schlechter. Wissenschaftliche Analysen zeigen, dass die Pflege der Schutzgebiete, die Vernetzung von Lebensräumen und artspezifische Fördermassnahmen wirksam sind: Die Biodiversitätsverluste konnten dadurch abgebremst werden. Solche Massnahmen reichen aber nicht aus, um den Trend umzukehren. Dazu braucht es einen umfassenden Ansatz, der alle Bereiche der Gesellschaft einbezieht – beispielsweise die nachhaltige Produktion von Gütern und Dienstleistungen, insbesondere von Nahrungsmitteln. Erfreulich ist, dass die Förderung der Biodiversität einen Mehrfachnutzen hat: Sie trägt massgeblich zum Klimaschutz bei, stärkt die Gesundheit und bildet die Grundlage für wirtschaftliche Aktivitäten.

Dieser Bericht zeigt den Zustand der Biodiversität in der Schweiz und die wichtigsten Trends auf. Auch stellt er erfolgreiche Beispiele und politische Massnahmen vor, die dem Abwärtstrend entgegenwirken. Für unseren zukünftigen Wohlstand ist es entscheidend, dass wir diesen Abwärtstrend brechen.

Katrin Schneeberger, Direktorin
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Kurzfassung

Der Mensch ist vollständig abhängig von den Ressourcen und Leistungen, die die Biosphäre bereithält. Dabei gilt: Je höher die für einen Standort typische Biodiversität ist, desto höher sind die Qualität und Stabilität der Ökosystemleistungen. Biodiversität trägt somit wesentlich zum menschlichen Wohlbefinden bei; sie hat aber auch einen Wert jenseits aller menschlichen Bedürfnisse und Ansprüche.

Bund und Kantone haben in den letzten Jahren ihre Anstrengungen zur Erhaltung der Biodiversität in der Schweiz verstärkt. Die ergriffenen Massnahmen brachten lokale Erfolge, sie sind aber nicht ausreichend. Insgesamt ist die Biodiversität in der Schweiz in einem schlechten Zustand: Sie vermag die Bereitstellung der Ökosystemleistungen nicht mehr langfristig zu gewährleisten.

Die Fläche, Qualität und Vernetzung vieler ökologisch wertvoller Lebensräume haben seit 1900 stark abgenommen – Hauptursache dafür ist die nicht nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. In vielen Fällen sind nur noch Restflächen übrig. Die kostbarsten Restgebiete stehen mittlerweile unter Schutz und tragen massgeblich zur Erhaltung der Biodiversität bei. Allerdings sind die geschützten Biotope vielfach isoliert. Die Biodiversität braucht ökologisch wertvolle Flächen und Lebensräume, die miteinander vernetzt sind. Nötig ist zudem eine schonende Nutzung der natürlichen Ressourcen auf der ganzen Landesfläche.

Zustand Lebensräume

Die **Alpen** bergen eine grosse Vielfalt an Lebensräumen und Arten; Alpweiden und Wildheuwiesen etwa zählen zu den artenreichsten Flächen der Schweiz. Allerdings gefährden sowohl die Nutzungsaufgabe als auch die Nutzungsintensivierung die Biodiversität. Auch der Klimawandel, touristische Aktivitäten und Infrastrukturen, der Ausbau der Wasserkraft und Nährstoffeinträge über die Luft beeinträchtigen alpine Lebensräume.

Die verbliebenen **Moore** sind ebenfalls Nährstoffeinträgen aus der Luft ausgesetzt und verlieren dadurch an ökologischer Qualität. Vielerorts stören zudem ehemalige und noch intakte Entwässerungsanlagen den Wasserhaushalt. Eine positive Entwicklung ist in den Hochmooren des Mittellands festzustellen: Die Gehölzbedeckung nahm dort dank systematischen Entbuschungsaktionen und Wiedervernässungen ab.

Besonders stark beeinträchtigt sind die **Gewässerlebensräume:** Verbauungen, die intensive Wassernutzung, Drainagen und Stoffeinträge aus der Landwirtschaft sowie dem Siedlungsraum halten den Druck auf die Gewässer- und die Uferlebensräume hoch. In rund 30 % der Schweizer Fliessgewässer muss aufgrund der niedrigen Artenvielfalt die Gewässerqualität als mangelhaft beurteilt werden; im Mittelland ist die Qualität gar in rund 40 % aller Fliessgewässer mangelhaft. Demgegenüber weisen viele alpine Gewässer eine gute Qualität auf.

Der Schweizer **Wald** ist auf einem Grossteil der Fläche ein relativ naturnahes Ökosystem, doch mangelt es ihm stellenweise an tot- und altholzreichen Entwicklungsphasen sowie an lichten und feuchten Beständen. Erfreulich ist, dass die Länge der Waldränder mit ausreichendem Strauchgürtel in den letzten 20 Jahren zugenommen hat und dass das Totholz-Volumen im Schweizer Wald in den letzten 30 Jahren gestiegen ist. Totholz hat neben seiner grossen Bedeutung für die Biodiversität noch weitere Funktionen: Es verbessert die Nährstoffbilanz, die Wasserspeicherung und das Bodenklima und kommt damit auch dem Wald zugute.

In der **Agrarlandschaft** wirkt sich die derzeitige landwirtschaftliche Praxis mit ihren hohen Stickstoff- und Pflanzenschutzmitteleinträgen negativ auf die Artenvielfalt aus. Das Grünland wird immer monotoner, insbesondere im Mittelland. Die Anzahl der Biodiversitätsförderflächen (BFF) hat seit 2011 deutlich zugenommen: 2020 betrug ihr Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (ohne Sömmerungsgebiete) fast ein Fünftel; knapp die Hälfte davon weisen die Qualitätsstufe II auf, vier Fünftel sind in ein Vernetzungsprojekt integriert. BFF haben einen positiven Effekt auf die Vielfalt an Pflanzen- und Tierarten des Agrarlands. Allerdings vermögen die bisher umgesetzten Fördermassnahmen die Biodiversitätsverluste

im Agrarland nicht zu kompensieren. Der Zustand der Biodiversität bleibt gerade im Talgebiet kritisch, vor allem im Ackerland.

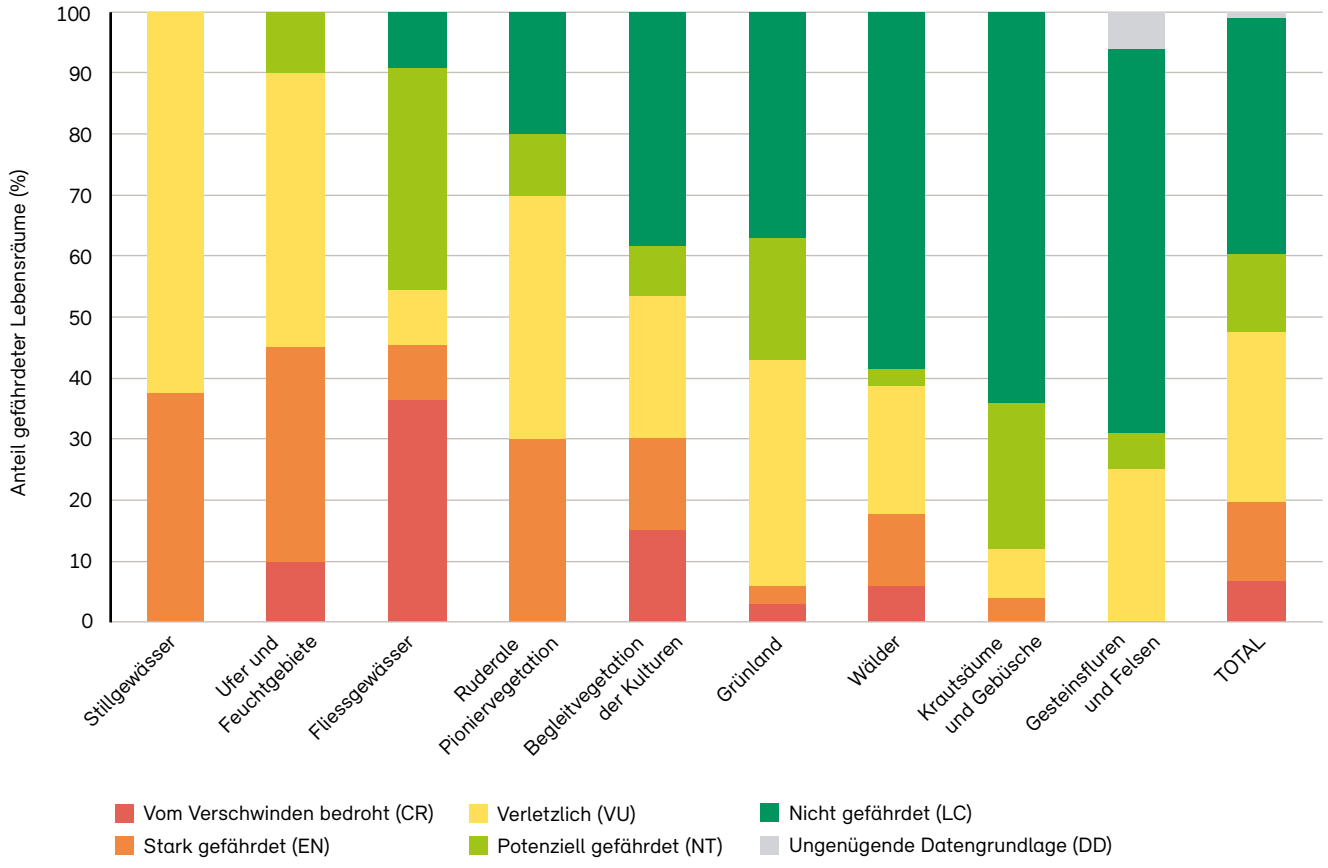
Im **Siedlungsraum** schränken Bodenversiegelung, Stoffeinträge, Lichtemissionen, Biozide und Pflanzenschutzmittel sowie eine intensive Pflege und monotone Gestaltung von Privatgärten und öffentlichen Freiräumen die Biodiversität ein. In den letzten 20 Jahren wurden mit Unterstützung der Behörden zahlreiche Grünareale in Schweizer Städten aufgewertet oder neu angelegt, gleichzeitig aber wurden viele Grünflächen versiegelt. Als Folge der dichteren Bebauung, aber auch des Trends zu vermeintlich pflegeleichten Plätzen nahm der Versiegelungsgrad im Siedlungsgebiet weiter zu.

Die Rote Liste der Lebensräume zeigt den Zustand von 167 der über 230 bekannten Lebensraumtypen der Schweiz: 48 % der bewerteten Lebensräume gelten als gefährdet (Abb. 1). Weitere 13 % sind potenziell gefährdet. Stillgewässer, Ufer und Feuchtgebiete sowie die Begleitvegetation der landwirtschaftlichen Kulturen weisen einen besonders hohen Anteil gefährdeter Lebensräume auf.

Die aktuelle Quantität, Qualität und Vernetzung vieler Lebensräume reichen nicht aus, um ihre Biodiversität und Ökosystemleistungen langfristig zu erhalten. Der tatsächliche Bedarf an ökologisch wertvollen Flächen ist deutlich höher als die verbliebenen Flächen (→ Guntern et al. 2013). Um überleben zu können, brauchen viele Arten grössere Lebensräume.

Abb. 1: Anteil der Rote-Liste-Kategorien über alle Lebensräume (Total) und für die einzelnen Lebensraumbereiche

Lebensräume, die in die Kategorien CR, EN und VU eingestuft wurden, gelten als gefährdet.



Quelle: Delarze et al. 2016

Zustand Arten

Die Flächen- und Qualitätsverluste bei den Lebensräumen spiegeln sich in den Roten Listen der gefährdeten Arten wider. Für diese Listen wurden bisher ein Fünftel (10 844) aller bekannten, in der Schweiz vorkommenden Arten (ca. 56 000) bewertet: 35 % dieser Arten sind als ausgestorben oder gefährdet eingestuft (Abb. 2) (→ BAFU 2023). 12 % der Arten gelten als potenziell gefährdet und bedürfen besonderer Aufmerksamkeit, da bei ihnen die Gefahr besteht, dass sie künftig in eine Gefährdungskategorie gelangen. In der Summe ergibt sich damit eine bedrohliche Situation für fast die Hälfte aller in der Schweiz bewerteten einheimischen Arten.

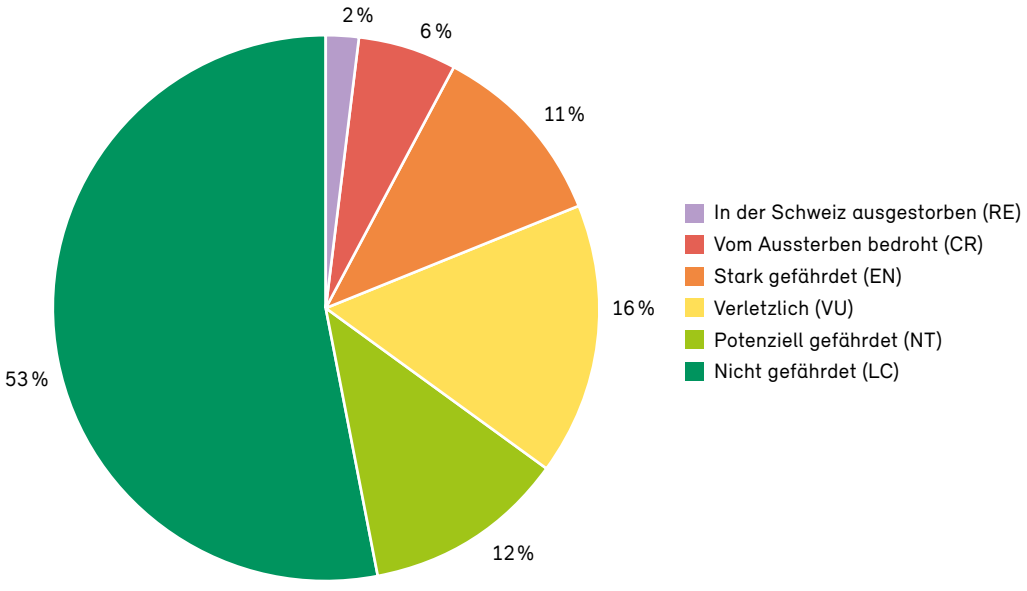
Bei manchen Organismengruppen (z. B. Vögel, Fische und Gefässpflanzen) hat sich die Gefährdungssituation in den letzten 10 bis 20 Jahren verschärft. Dass nur wenige Arten ausgestorben sind und die Situation nicht noch schlechter ist, ist den umgesetzten Massnahmen beim Lebensraumschutz, bei der Artenförderung und der nachhaltigen Landnutzung zu verdanken. So konnte beispielsweise mit gezielten Artenfördermassnahmen erreicht werden, dass sich die Bestände des Kiebitzes, der Flussseeschwalbe und des Steinkauzes in den letzten zehn Jahren erholten.

Leicht verbessert hat sich die Gefährdungssituation bei den Libellen und Amphibien. Dies darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass auch in diesen Artengruppen noch immer ein hoher Anteil an Arten Bestandsverluste erleidet.

Anders verläuft die Entwicklung der häufig vorkommenden Arten. Diese haben zumeist keine besonderen ökologischen Ansprüche und breiten sich immer weiter aus, oft auf Kosten der Lebensraumspezialisten. Zu beobachten ist dieser Trend etwa bei den Tagfaltern, Mollusken und Gefässpflanzen. Zugelegt haben auch die wärmeliebenden Arten. Sie profitieren vom Klimawandel, breiten sich im Mittelland aus und erschliessen sich auch höhere Lagen. So hat die Pflanzenvielfalt in den Alpen durch eine Aufwärtsbewegung von Arten zugenommen (→ Roth et al. 2014). Dies führt zu Veränderungen der lokalen Artengemeinschaften. Auch bei den Tagfaltern konnte eine Zunahme von wärmezeigenden Arten nachgewiesen werden, während die kältezeigenden Arten zurückgingen. Der Klimawandel begünstigt zudem die Ausbreitung von eingeführten Arten und führt dazu, dass sich immer mehr dieser Arten invasiv verhalten (→ Hutter & Bühler 2018).

Abb. 2: Anteil der Arten pro Rote-Liste-Kategorie in der Schweiz

Arten, die in die Kategorien CR, EN und VU eingestuft wurden, gelten als gefährdet.



Quelle: BAFU

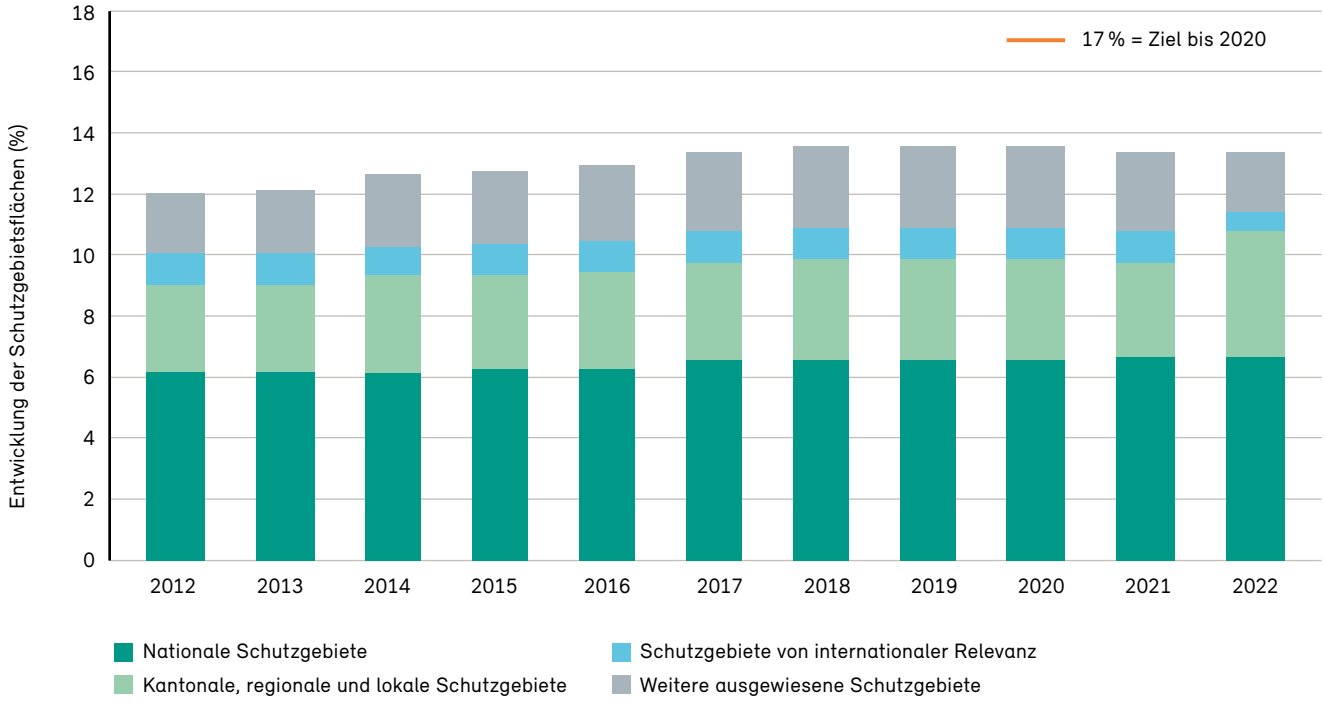
Biodiversität erhalten und fördern

Die Schweiz hat verschiedene Massnahmen zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität ergriffen, wie die einzelnen Kapitel in diesem Bericht zeigen. Um die Lebensräume gefährdeter Tiere und Pflanzen wirksamer schützen zu können, wurde beispielsweise 1987 die gesetzliche Grundlage für die nationalen Biotopinventare geschaffen (Art. 18*a* des Natur- und Heimatschutzgesetzes, NHG). Für fünf Lebensräume sind Inventare in Kraft: Hoch- und Übergangsmoore, Flachmoore, Auengebiete, Amphibienlaichgebiete sowie Trockenwiesen und -weiden. In den letzten 20 Jahren wurde die Fläche der Schutzgebiete von nationaler Bedeutung kontinuierlich erweitert (Abb. 3). Das 2011 revidierte Gewässerschutzgesetz sieht zudem vor, die natürlichen Funktionen der Bäche und Flüsse wiederherzustellen. Zwischen 2011 und 2019 wurden über 156 Kilometer Fliessgewässer revitalisiert (→ BAFU 2021). Ohne diese und weitere Anstrengungen wäre der Zustand der Biodiversität in der Schweiz deutlich schlechter.

Derzeit bedecken die Schutzgebiete von nationaler, regionaler und lokaler Bedeutung 10,7 % der Landesfläche. Weitere 2,7 % der Landesfläche sind in anderer Form für die Biodiversität besonders wertvoll (z. B. Biodiversitätsförderflächen der Qualitätsstufe II). Gesamthaft sind damit 13,4 % der Landesfläche der Schweiz als Gebiete für die Erhaltung der Biodiversität ausgewiesen (Abb. 3). Damit verbleit eine Lücke zum Ziel, bis 2020 17 % der Landesfläche zugunsten der Biodiversität zu sichern, welches im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (CBD) vereinbart wurde und welches auch der Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) zugrunde liegt.

Abb. 3: Entwicklung der Schutzgebietsflächen

Die Gesamtfläche ist in den letzten Jahren gestiegen, das Ziel des Übereinkommens über die biologische Vielfalt, 17 % der Landesfläche bis 2020 unter Schutz zu stellen, konnte aber nicht erreicht werden.



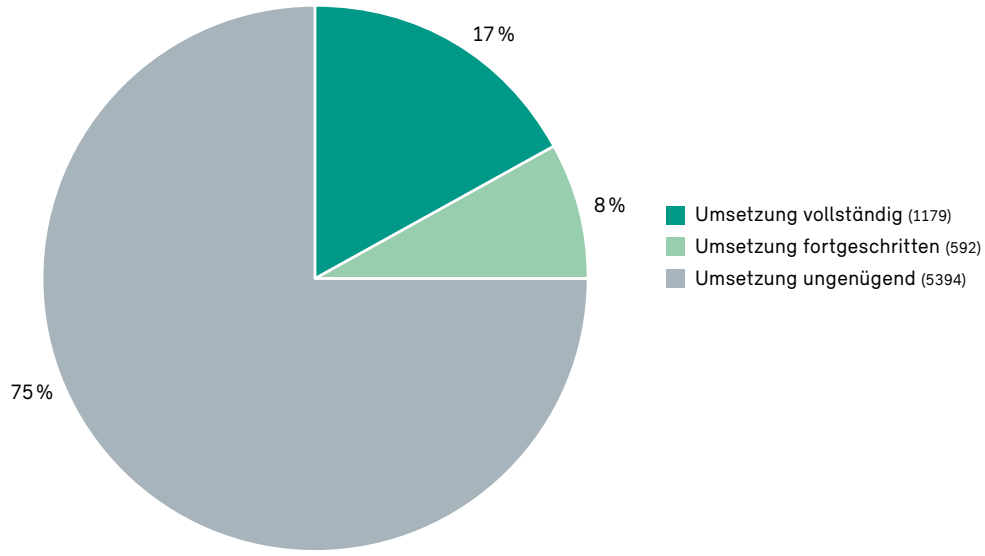
Quelle: BAFU

Handlungsbedarf gibt es auch bei der Umsetzung und dem Vollzug. Gemäss den Umsetzungsfristen sollten bis Ende 2020 83 % aller Objekte vollständig umgesetzt sein (→ BAFU 2022e). Doch 2021 waren sie erst bei 17 % der Objekte vollständig etabliert (Abb. 4). Die Umsetzung ist für keinen Biotoptyp und in keinem Kanton abgeschlossen.

Die Trendwende bei der Biodiversität gelingt nur, wenn zum einen die Basisinfrastruktur («ökologische Infrastruktur») erhalten und weiterentwickelt wird und zum andern die Nutzung auch ausserhalb davon mit Respekt für die Biodiversität erfolgt. Deshalb hat der Bundesrat im April 2022 ein Massnahmenpaket für eine nachhaltigere Landwirtschaft verabschiedet. Zudem hat er in seinem indirekten Gegenvorschlag zur Biodiversitätsinitiative die Förderung der Natur in den Siedlungen zu einem Kernthema gemacht. In den Leistungsvereinbarungen des Bundes mit den Bahnbetreibern wurden Ziele für die Biodiversität vereinbart; die Biodiversität ist heute in den Strategien zum Tourismus und zur Gesundheit enthalten, und nicht zuletzt setzt das Landschaftskonzept Schweiz, welches der Bundesrat im Mai 2020 verabschiedet hat, für alle raumrelevanten Politikbereiche Sachziele mit Bezug zur Biodiversität. Bei konsequenter Umsetzung werden diese Entscheidungen helfen, den Verlust an Biodiversität zu stoppen und schliesslich die Trendwende anzugehen.

Abb. 4: Stand der Umsetzung der nationalen Biotope

2021 waren der Schutz und Unterhalt erst bei 17 % der Objekte vollständig umgesetzt.



Quelle: BAFU 2022e

1 Einführung

Biologische Vielfalt ist das herausragende Merkmal unseres Planeten. Schätzungsweise acht Millionen mehrzellige Arten und vermutlich ein Mehrfaches an Mikroorganismen bilden zahlreiche Lebensgemeinschaften an Land, im Wasser und im Boden. Weil jede Art aus vielen lokal angepassten Unterarten besteht, gibt es eine gewaltige Anzahl an genetischen Bauplänen auf der Erde. Diese Biodiversität ist nicht nur an sich erhaltenswert, sondern auch unser Sicherheitsnetz, die Basis unserer Ernährung, die Regulatorin des Klimas und die Voraussetzung für saubere Luft und sauberes Wasser. Dennoch ist der Mensch dabei, die Grundlage seiner eigenen Existenz zu degradieren – meist ohne sich der Tragweite seiner Handlungen bewusst zu sein.

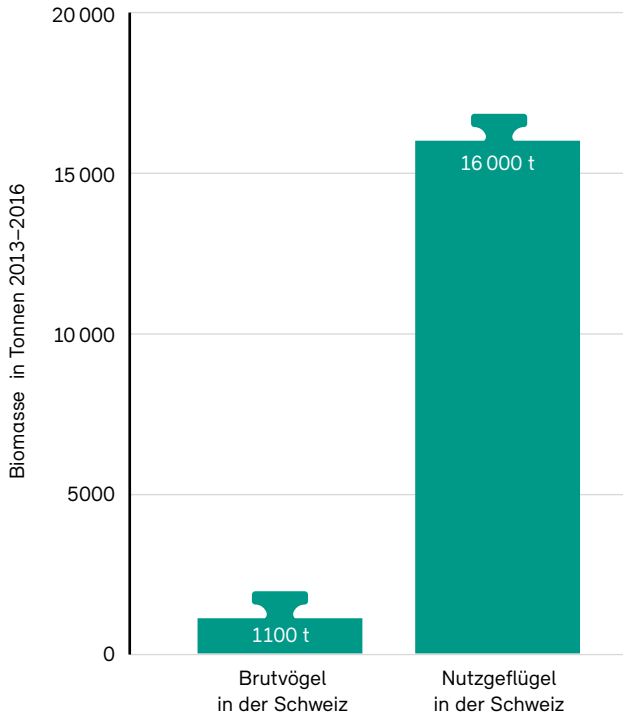
Der Bundesrat hat deshalb in seiner Strategie Biodiversität Schweiz (→Bundesrat 2012) dem Bund, den Kantonen und den Gemeinden den Auftrag erteilt, mit Kommunikationsaktivitäten allen Akteuren aus Gesellschaft, Politik und Wirtschaft bewusst zu machen, dass sie von Ökosystemleistungen profitieren, was die Folgen ihres Handelns und ihres Konsums auf die Biodiversität und die Ökosystemleistungen sind und wie sie zur Erhaltung beider beitragen können (strategisches Ziel 7 «Wissen generieren und verteilen»). Der vorliegende Biodiversitätsbericht leistet einen Beitrag zur Umsetzung dieses Ziels und erfüllt zugleich den Auftrag gemäss Artikel 25a NHG an Bund und Kantone, Behörden und die Öffentlichkeit, über die Bedeutung und den Zustand von Natur und Landschaft zu informieren und geeignete Schutz- und Unterhaltsmassnahmen zu empfehlen.

1.1 Eine globale Umweltkrise

Die Eingriffe des Menschen in die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse sind derart stark und tiefgreifend, dass nach Ansicht vieler Forschenden eine neue Epoche der Erdgeschichte begonnen hat: das Anthropozän (→ Meera 2019). Auf drei Vierteln der eisfreien Landoberfläche hat der Mensch die Ökosysteme umgestaltet (→ Watson et al. 2016). Er trägt Berge ab und leitet Flüsse um; seine Abfälle gelangen in riesigen Mengen in die Sedimente und bilden eine markante geologische Schicht. Das Gewicht der vom Menschen produzierten Dinge wie Plastik, Gebäude, Strassen und Maschinen übersteigt inzwischen dasjenige der gesamten lebenden Biomasse. Der Mensch und seine Nutztiere (ohne Geflügel) stellen mittlerweile 96 % der Säugetierbiomasse auf der Erde (→ Bar-On et al. 2018). In der Schweiz ist das Gewicht des gesamten Nutzgeflügels fast 15-mal höher als das der Brutvögel (Abb. 5) (→ Knaus & Strebel 2022).

Der fast flächendeckende Einfluss des Menschen setzt den Zustand der Biodiversität unter Druck. Von den rund acht Millionen mehrzelligen Arten, die auf der Erde existieren, könnten in den nächsten Jahrzehnten eine Million Arten aussterben (→ IPBES 2019). Der «Living Planet Index», ein Indikator für den Zustand der globalen Biodiversität, zeigt, dass die Populationsgrössen von Fischen, Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien allein in den letzten 50 Jahren um durchschnittlich 60 % zurückgegangen sind (→ WWF 2018). Die massiven Populationsrückgänge bei den Wildtieren werden in eine Kaskade von negativen Auswirkungen auf Funktionen und Leistungen von Ökosystemen münden, die für die menschliche Zivilisation lebenswichtig sind (→ Ceballos et al. 2017). Die Landdegradierung beeinträchtigt bereits das Wohlergehen von rund 3,2 Milliarden Menschen (→ IPBES 2018).

Abb. 5: In der Schweiz ist das Gewicht des gesamten Nutzgeflügels rund 15-mal höher als das der Wildbrutvögel.



Quelle: Knaus & Strebel 2022

Die Risiken für die globale Wirtschaft und unseren Wohlstand, die mit dem Verlust von Biodiversität verbunden sind, werden durch das World Economic Forum als sehr hoch eingestuft (→ WEF 2022). Die drei grössten globalen Risiken (gemessen an der Wahrscheinlichkeit des Eintretens) sind allesamt Umweltrisiken. Auch ein aktueller Bericht des Beratungsunternehmens PwC zählt Biodiversitätsverluste zu den grössten Risiken für die Weltwirtschaft (→ PwC Schweiz / WWF Schweiz 2020).

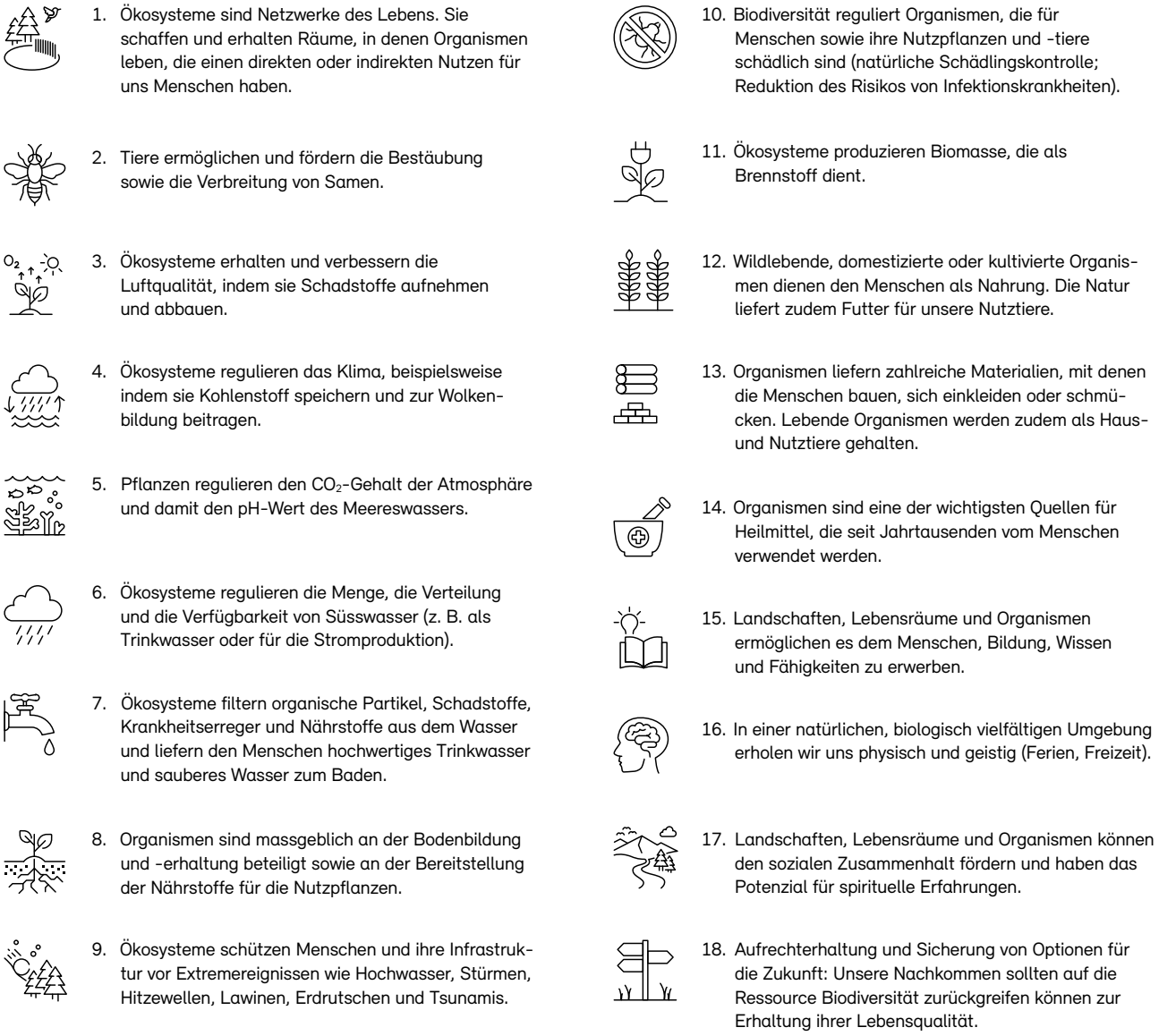
Die zwei grossen globalen Risiken – der Rückgang der Biodiversität und der Klimawandel – sind eng miteinander verknüpft und verstärken sich gegenseitig. Auch folgen sie derselben Dynamik: Die Hauptursache für den Rückgang der Biodiversität – die nicht nachhaltige Nutzung von natürlichen Ressourcen – ist auch für den Klimawandel verantwortlich, was ein entschlossenes Gegensteuern umso dringlicher macht (→ Ismail et al. 2021, Schweizerische Eidgenossenschaft 2020, Bundesrat 2021). Die verschiedenen Gleichgewichte, die der Biosphäre zugrunde liegen, sind derart gestört, dass es fast unmöglich geworden ist, das Auftreten und die Auswirkungen von ökologischen Krisen vorherzusagen. Dies wurde durch die Covid-19-Pandemie deutlich, die zu einer der grössten Wirtschaftskrisen der Geschichte geführt hat (siehe Box S. 17).

Der Schutz und die nachhaltige Nutzung der Biodiversität sind unsere beste Versicherung gegen heutige und zukünftige Bedrohungen. Eine reichhaltige biologische Vielfalt ist auch die notwendige Grundlage für die Erreichung der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals SDG) (siehe Kap. 8).

1.2 Der Wert der Biodiversität

Es gibt viele verschiedene Argumente für den Erhalt und die Förderung der Biodiversität. Seit den 1990er-Jahren dominiert der Begriff der Ökosystemleistungen die Wertvorstellung von Biodiversität in der westlichen Welt. Unzählige Studien haben den ökonomischen Wert des «Naturkapitals» sichtbar gemacht. Weil dieser Ansatz den Blick allein auf das ökonomische Wohl der Menschen verengt, hat der Weltbiodiversitätsrat IPBES jüngst einen weiterentwickelten Ansatz präsentiert, der ein besseres, umfassenderes Verständnis vom Wert der Biodiversität vermittelt (→ Pascual et al. 2017). Man spricht nun von 18 «Beiträgen der Natur für den Menschen» (Nature's Contributions to People, NCP) (→ Díaz et al. 2015). Biodiversität wird darin nicht nur als Quelle von Geldströmen, Dienstleistungen, Nahrungsmitteln und Rohstoffen angesehen, sondern auch als Trägerin vieler kultureller, sozialer, gesundheitlicher, spiritueller und religiöser Bedeutungen (Abb. 6) (Forum Biodiversität 2020). Denn viele Kulturen betrachten sich als Teil der Natur.

Abb. 6: Der Beitrag der Natur für die Menschen



1. Ökosysteme sind Netzwerke des Lebens. Sie schaffen und erhalten Räume, in denen Organismen leben, die einen direkten oder indirekten Nutzen für uns Menschen haben.
2. Tiere ermöglichen und fördern die Bestäubung sowie die Verbreitung von Samen.
3. Ökosysteme erhalten und verbessern die Luftqualität, indem sie Schadstoffe aufnehmen und abbauen.
4. Ökosysteme regulieren das Klima, beispielsweise indem sie Kohlenstoff speichern und zur Wolkenbildung beitragen.
5. Pflanzen regulieren den CO_2-Gehalt der Atmosphäre und damit den pH-Wert des Meereswassers.
6. Ökosysteme regulieren die Menge, die Verteilung und die Verfügbarkeit von Süsswasser (z. B. als Trinkwasser oder für die Stromproduktion).
7. Ökosysteme filtern organische Partikel, Schadstoffe, Krankheitserreger und Nährstoffe aus dem Wasser und liefern den Menschen hochwertiges Trinkwasser und sauberes Wasser zum Baden.
8. Organismen sind massgeblich an der Bodenbildung und -erhaltung beteiligt sowie an der Bereitstellung der Nährstoffe für die Nutzpflanzen.
9. Ökosysteme schützen Menschen und ihre Infrastruktur vor Extremereignissen wie Hochwasser, Stürmen, Hitzewellen, Lawinen, Erdrutschen und Tsunamis.
10. Biodiversität reguliert Organismen, die für Menschen sowie ihre Nutzpflanzen und -tiere schädlich sind (natürliche Schädlingskontrolle; Reduktion des Risikos von Infektionskrankheiten).
11. Ökosysteme produzieren Biomasse, die als Brennstoff dient.
12. Wildlebende, domestizierte oder kultivierte Organismen dienen den Menschen als Nahrung. Die Natur liefert zudem Futter für unsere Nutztiere.
13. Organismen liefern zahlreiche Materialien, mit denen die Menschen bauen, sich einkleiden oder schmücken. Lebende Organismen werden zudem als Haus- und Nutztiere gehalten.
14. Organismen sind eine der wichtigsten Quellen für Heilmittel, die seit Jahrtausenden vom Menschen verwendet werden.
15. Landschaften, Lebensräume und Organismen ermöglichen es dem Menschen, Bildung, Wissen und Fähigkeiten zu erwerben.
16. In einer natürlichen, biologisch vielfältigen Umgebung erholen wir uns physisch und geistig (Ferien, Freizeit).
17. Landschaften, Lebensräume und Organismen können den sozialen Zusammenhalt fördern und haben das Potenzial für spirituelle Erfahrungen.
18. Aufrechterhaltung und Sicherung von Optionen für die Zukunft: Unsere Nachkommen sollten auf die Ressource Biodiversität zurückgreifen können zur Erhaltung ihrer Lebensqualität.

Quelle: IPBES & Forum Biodiversität Schweiz

Biodiversität und Gesundheit

Biodiversität ist in vielerlei Hinsicht von grosser Bedeutung für die menschliche Gesundheit (→ BAFU/BAG 2019, SCNAT 2019a). Sie ist eine der wichtigsten Quellen für Wirkstoffe, aus denen Medikamente hergestellt werden. Ausserdem hat der regelmässige Aufenthalt in der Natur zahlreiche positive Effekte auf unser Wohlbefinden und unsere psychische Gesundheit: Qualitativ hochwertige Grünräume und Gewässer laden uns ein, körperlich aktiv zu sein und uns zu entspannen. Dies wirkt unter anderem nachweislich gegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Stress, Müdigkeit, Angstzustände, Depressionen und Fettleibigkeit. Eine vielfältige Natur mit ihren vielen verschiedenen Mikroorganismen fördert zudem die nötige Reifung des Immunsystems. Der mangelnde Kontakt von Kindern und Erwachsenen mit verschiedensten Mikroben könnte für die zunehmende Anfälligkeit für Entzündungen und Allergien verantwortlich sein. Forschende empfehlen deshalb, die Förderung der Biodiversität und der menschlichen Gesundheit in Zukunft vermehrt in gemeinsamen Strategien und Programmen anzugehen und jeder Person in der Schweiz den Kontakt und Zugang zu hochwertiger Natur zu ermöglichen.

Die Biodiversität kann auch Infektionskrankheiten beim Menschen in Schach halten, weil Häufigkeit und Vorkommen vieler Erreger eng mit ökologischen Prozessen verbunden sind. So existieren in intakten Lebensräumen viele ungeeignete (resistente) Wirte, was die Dichte der Krankheitserreger verdünnt und das Infektionsrisiko reduziert. Ist die Natur dagegen degradiert und gestört, schafft der Mensch die Voraussetzungen dafür, dass Viren von Tieren auf menschliche Populationen übergreifen können.

Das Vordringen der Menschen in bisher intakte Ökosysteme, die Zerstörung von Lebensräumen durch die industrielle Landwirtschaft, Massentierhaltungen und Wildtiermärkte erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung und damit das Infektionsrisiko stark. Die Covid-19-Pandemie zeigt, wie eng der Umgang des Menschen mit der Natur und die Verbreitung von Infektionskrankheiten verknüpft sind. Beim Coronavirus handelt es sich um eine sogenannte Zoonose, eine Krankheit, die zwischen Mensch und Tier übertragen wird. Die Übernutzung und Zerstörung von Ökosystemen hat es sehr viel wahrscheinlicher gemacht, dass Krankheitserreger wie das Coronavirus auf den Menschen überspringen (→ Johnson et al. 2020). Entsprechend haben die Ausbrüche von Infektionskrankheiten seit den 1980er-Jahren stark zugenommen (→ Smith 2014). Das Risiko zukünftiger Pandemien kann erheblich verringert werden, wenn die menschlichen Aktivitäten, die den Verlust der biologischen Vielfalt vorantreiben, reduziert werden. Benötigt werden nachhaltige Landwirtschaftssysteme, veränderte Konsumgewohnheiten, mehr Schutzgebiete und ein allgemein besserer Schutz der Biodiversität.

Die erfolgreiche Prävention und Bekämpfung von bereichsübergreifenden Gefahren für die öffentliche Gesundheit erfordern eine enge Zusammenarbeit zwischen Bund und Kantonen und einen interdisziplinären Ansatz. Zentral für die Schweiz ist der «One Health»-Ansatz. «One Health» hat die Gesundheit von Mensch und Tier sowie den Erhalt einer intakten Umwelt im Fokus. Getragen wird der Ansatz auf internationaler Ebene unter anderem durch die Quadripartite (WHO, FAO, OIE und UNEP). Auf der Basis des Epidemiengesetzes hat die Schweiz ein Unterorgan «One Health» ins Leben gerufen. Dieses koordiniert unter der Leitung des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen die Aktivitäten im Bereich «One Health» und entwickelt sie weiter (z. B. Ziele und Strategien zur Früherkennung, Überwachung und Bekämpfung von gesundheitlichen Risiken).

Weil die NCPs zumeist öffentliche Güter sind, werden sie nicht auf Märkten gehandelt, sondern ganz selbstverständlich gratis genutzt. Auf kurzfristige Kapitalflüsse ausgerichtete Modelle zur Berechnung ökonomischer Leitindikatoren wie das Bruttoinlandprodukt (BIP) führen dazu, dass Entwicklungen als positiv dargestellt werden, die bei ganzheitlicher Betrachtung eine ganz andere Richtung aufzeigen würden (→ UK Treasury 2020, UNEP 2018). Während die wichtigen Beiträge der Natur für den Menschen zurückgehen (→ IPBES 2019), stiften die ökonomischen Leitindikatoren zur Beschleunigung dieser Entwicklung an. Dies führt auch dazu, dass eine Vielzahl von Subventionen und finanziellen Fehlanreizen der öffentlichen Hand Aktivitäten fördern, die die Biodiversität manchmal stark schädigen (→ Gubler et al. 2020).

Aufgrund der Abnahme der Biodiversität und ihrer Ökosystemleistungen ergeben sich geschätzte Verluste von weltweit Hunderten Milliarden CHF pro Jahr. Und die jährlichen Kosten des Nicht-Handelns nehmen stetig zu, im Jahr 2050 werden sie in der Schweiz gemäss Schätzungen bereits 14 bis 16 Milliarden Franken bzw. 2 bis 2,5 % des Bruttoinlandprodukts betragen (→ Ecoplan 2010). Sie bleiben jedoch in den veröffentlichten Statistiken weitgehend unberücksichtigt. Nicht vergessen gehen dürfen auch die nichtmateriellen Leistungen der Biodiversität. Zudem hat die Biodiversität einen Wert jenseits aller menschlichen Bedürfnisse und Ansprüche und unabhängig von der menschlichen Existenz (Eigenwert).

1.3 Die Entwicklung der Biodiversität messen

In der Schweiz wurden bisher rund 56 000 Arten von Tieren, Pflanzen und Pilzen nachgewiesen. Schätzungen gehen davon aus, dass hierzulande weitere 30 000 Arten leben, die von der Wissenschaft bisher noch nicht für die Schweiz nachgewiesen wurden (→ BAFU 2023). 179 Arten oder Unterarten haben ihr Verbreitungsgebiet vollständig oder grösstenteils in der Schweiz (→ BAFU 2023). Die Schweiz weist über 230 verschiedene Lebensraumtypen auf (z. B. Flaumeichenwald, inneralpine Felsensteppe, Hochmoor, Fromentalwiese) (→ Delarze et al. 2015). Diesen Reichtum verdankt sie vor allem den ausgeprägten Höhengradienten, der klimatischen und geologischen Vielfalt und dem über lange Zeit traditionell bewirtschafteten Kulturland. Gross ist auch die genetische Vielfalt: In der Schweiz werden über 16 000 Sorten von Nutzpflanzen erhalten – ein riesiger Schatz an genetischem Material (→ Kleijer et al. 2012).

Um diese Biodiversität langfristig schützen zu können, sind Angaben zum Zustand und zur Entwicklung von Arten und Lebensräumen unabdingbar. Nur so können Probleme frühzeitig erkannt und die Wirkung von Schutz- und Fördermassnahmen überprüft werden. In der Schweiz bestehen mehrere nationale Programme zur Überwachung der biologischen Vielfalt, die sich optimal ergänzen (→ BAFU 2020d, Kipfer et al. 2020). Besonders wichtig sind die folgenden Programme:

Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM): Mit dem BDM wird die langfristige Entwicklung der Artenvielfalt ausgewählter Organismengruppen erfasst, wobei das Augenmerk auf die Erhebung häufiger und verbreiteter Arten gerichtet ist. Das BDM ermöglicht repräsentative Aussagen zur Artenvielfalt für die gesamte Schweiz. Die Entwicklung der Artenvielfalt wird in allen Lebensräumen gemessen, auch auf intensiv genutzten Flächen. Seltene Lebensräume und seltene Arten sind im BDM allerdings kaum vertreten.

Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS): Die WBS soll in erster Linie zeigen, ob sich die Biotope von nationaler Bedeutung (Hoch- und Flachmoore, Auen, Amphibienlaichgebiete, Trockenwiesen und -weiden) gemäss ihren Schutzzielen entwickeln und in ihrer Qualität erhalten bleiben. Negative Entwicklungen der Biotope auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene werden frühzeitig erfasst, um Gegenmassnahmen ergreifen zu können.

Monitoring Häufige Brutvögel (MHB): Das MHB bezweckt, langfristige Bestandstrends der häufigen und verbreiteten Brutvogelarten in der Schweiz aufzuzeigen. Daneben sollen kurzfristige Schwankungen und Veränderungen in Verbreitung, Artenzusammensetzung und Bestand dokumentiert werden.

Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et milieux agricoles (ALL-EMA): Dieses Programm erfasst den Zustand und die Veränderungen der Arten und Lebensräume in der Schweizer Agrarlandschaft und beurteilt die

Wirksamkeit von Biodiversitätsförderflächen. Der Fokus von ALL-EMA liegt auf der Erhebung von mittelhäufigen, für die Landwirtschaft relevanten Arten und Lebensräumen.

Rote Listen: Rote Listen sind anerkannte wissenschaftliche Gutachten, in denen der Gefährdungsgrad von einheimischen Arten und Lebensräumen dargestellt ist. Zurzeit verfügt die Schweiz über 20 Rote Listen (→ BAFU 2023).

Forschung und Wirkungskontrolle in Schweizer Naturwaldreservaten: Die Wirkung der Waldreservatspolitik des Bundes wird seit 2006 im Rahmen des Projekts «Forschung und Wirkungskontrolle in Schweizer Naturwaldreservaten» untersucht.

Schweizerisches Landesforstinventar (LFI): Das LFI erfasst den Zustand und die Veränderungen des Schweizer Waldes, darunter auch mehrere Indikatoren zur Biodiversität.

Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität (NAWA): Dieses Monitoringprogramm von Bund und Kantonen ermöglicht es, den Zustand und die Entwicklung der Schweizer Oberflächengewässer auf nationaler Ebene zu dokumentieren und zu beurteilen.

Monitoring Bodenbiologie: Das bodenbiologische Monitoring der Nationalen Bodenbeobachtung (NABObio) startete 2012 mit der jährlichen Beprobung von 30 Standorten (Acker, Grasland, Wald). Die bodenbiologischen Untersuchungen in kantonalen Bodenbeobachtungen (KABO) laufen seit rund 15 Jahren.

Monitoring der genetischen Vielfalt in der Schweiz: In einem dreijährigen Projekt (2020–2023) wird die Durchführbarkeit eines möglichen künftigen Monitorings der genetischen Vielfalt von Pflanzen-, Pilz- und Tierarten in der Schweiz getestet.

Aktivitäten der Datenzentren: Die Daten- und Informationszentren sowie die Koordinationsstellen von InfoSpecies erfassen Verbreitungsangaben von Arten und unterhalten Monitoringaktivitäten auf Populationsebene. Daten von nationalen Monitoringprogrammen, von zahlreichen Projekten verschiedener Akteure sowie unsystematische Fundmeldungen fliessen ebenfalls in den Datenbanken zusammen und stehen zur Auswertung bereit (z. B. für Rote Listen, Atlanten, Virtual Data Center VDC, GBIF).

Weitere Programme und Projekte: Untersuchungen von Universitäten und Forschungsinstituten vertiefen das Wissen

Gezielte Investitionen in die Biodiversität lohnen sich

In den Jahren 2016 bis 2019 haben Bund und Kantone im Rahmen ihrer Programmvereinbarungen im Umweltbereich gemeinsam rund 420 Millionen Franken für die Bereiche Naturschutz und Waldbiodiversität ausgegeben. Die gezielten Investitionen in die Biodiversität entfalten eine grosse Vielfalt an positiven Wirkungen – auf die Natur, die Ökosystemleistungen, die Wirtschaft und die Gesellschaft (→ BAFU 2019c, BAFU 2020f). Investitionen in die Biodiversität generieren Aufträge für das lokale Gewerbe und erhöhen die Standortattraktivität. Gerade kleine Gemeinden mit hohen Naturwerten können sich die Pflege und die Erhaltung ihrer geschützten Biotope oft nur dank der Mittel von Bund und Kanton leisten. Mit Blick auf Spardiskussionen auf Bundesebene verweisen die Kantone deshalb darauf, dass Kürzungen der Bundesmittel nicht nur auf die Biodiversität negative Effekte haben können, sondern auch auf die regionale Wirtschaft als Empfängerin dieser Mittel.

Die Mittel für die Biodiversität kommen auch der Gesellschaft zugute. Die aufgewerteten Lebensräume und die Förderung der Arten:

- machen Naturerlebnisse (direkt vor der Haustür) möglich;
- bedeuten höhere Wohn- und Lebensqualität für die lokale Bevölkerung;
- tragen zu Gesundheit und Wohlbefinden der Menschen bei;
- schaffen Identifikation mit landschaftlichen, traditionellen und kulturellen Werten;
- generieren dezentrale lokale Arbeitsplätze;
- starten Projekte zur Sensibilisierung und Information der Bevölkerung, zur Umweltbildung und der Zusammenarbeit mit der Forschung oder mit NGOs; und
- binden unterschiedlichste soziale Gruppen in die Umsetzung von Massnahmen ein.

um den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität. Hinzu kommen weitere Monitoringaktivitäten auf verschiedenen räumlichen Ebenen und für verschiedene Biodiversitätselemente, die Aussagen zum Zustand und zur Entwicklung der Biodiversität erlauben (z. B. Planktonmonitoring in Seen, Jagd- und Fischereistatistiken von Bund und Kantonen, wiederholte Erhebungen in bestimmten Gebieten auf lokaler Ebene, Monitoring der Grossraubtiere).

In der Schweiz ausgewiesene Gebiete für Biodiversität

Schutzgebiete von nationaler, regionaler und lokaler Bedeutung bedecken in der Schweiz 10,7 % der Landesfläche (Stand 2021). Weitere 2,7 % der Landesfläche sind in anderer Form der Biodiversität gewidmet. Gesamthaft sind damit 13,4 % der Landesfläche der Schweiz als Gebiete für den Schutz der Biodiversität ausgewiesen. Die Fläche der Schutzgebiete von nationaler Bedeutung ist in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen. Allerdings reichte der Zuwachs nicht aus, um den von der Biodiversitätskonvention CBD vorgegebenen Zielwert von 17 % bis im Jahr 2020 zu erreichen. Es sind also weitere Anstrengungen notwendig, um die Ziellücke zu schliessen.

Mit seinem Gegenvorschlag zur Biodiversitätsinitiative will der Bundesrat dafür sorgen, dass schweizweit genügend Schutzfläche geschaffen und vernetzt wird. Erreichen lässt sich dieses Ziel beispielsweise mit der Ergänzung und Erweiterung regionaler und lokaler Biotope oder mit dem bereits laufenden Ausbau der Waldreservate. Zudem sollen die bestehenden nationalen Schutzgebiete wo nötig saniert werden.

Expertinnen und Experten haben berechnet, dass auf rund einem Drittel der Gesamtfläche der Schweiz der Biodiversität Vorrang gegeben werden muss, damit die Biodiversität unseres Landes erhalten werden kann (→ Guntern et al. 2013). Im Rahmen der Arbeiten zur ökologischen Infrastruktur wird derzeit untersucht, welche Gebiete zu diesem 30%-Ziel beitragen könnten. Dabei handelt es sich zu einem grossen Teil nicht um Schutzgebiete im klassischen Sinn, sondern um multifunktional genutzte Flächen. Nutzungen sind oft sogar erwünscht, wenn sie sich mit den entsprechenden Zielen vereinbaren lassen.

2 Lebensräume im Hochgebirge

In den oberen Bereichen der Schweizer Alpen gibt es sie noch: Wilde und ursprüngliche Natur. Mit der Alpwirtschaft nutzt der Mensch Teile des Hochgebirges. Die Alpweiden und die Wildheuwiesen gehören zu den buntesten und artenreichsten Flächen der Schweiz. Die enge Verzahnung von Natur und Kultur hat zu einer äusserst reizvollen Landschaft geführt. Vor allem die traditionell anmutende Alpwirtschaft hat eine wichtige identitätsstiftende Funktion für die Schweizer Bevölkerung – dies, obwohl sich die wirtschaftlichen Aktivitäten der Schweiz auf das Mittelland konzentrieren, wo auch der Grossteil der Bevölkerung lebt. Dennoch ist das Hochgebirge schon lange keine heile Welt mehr: Die Nutzungsintensivierung in Gunstlagen und die Nutzungsaufgabe von schwer zu bewirtschaftenden Alpflächen, der Klimawandel, der Tourismus abseits von Wegen und Pisten sowie der Ausbau der Wasserkraft tragen zur Gefährdung der Biodiversität in den alpinen Lebensräumen bei.

Bedeutung der alpinen Lebensräume für den Menschen

Natur und Landschaft der Alpen sind die bedeutendsten Trümpfe des Schweizer Tourismus. Für die Schweizer Bevölkerung sind sie ein Anker für Tradition und Identität sowie ein wichtiger Erholungsraum. Artenreiche Weiden und regelmässig geschnittene Wiesen verhindern zudem Bodenerosion und Schneerutschungen.

2.1 Unsere Verantwortung

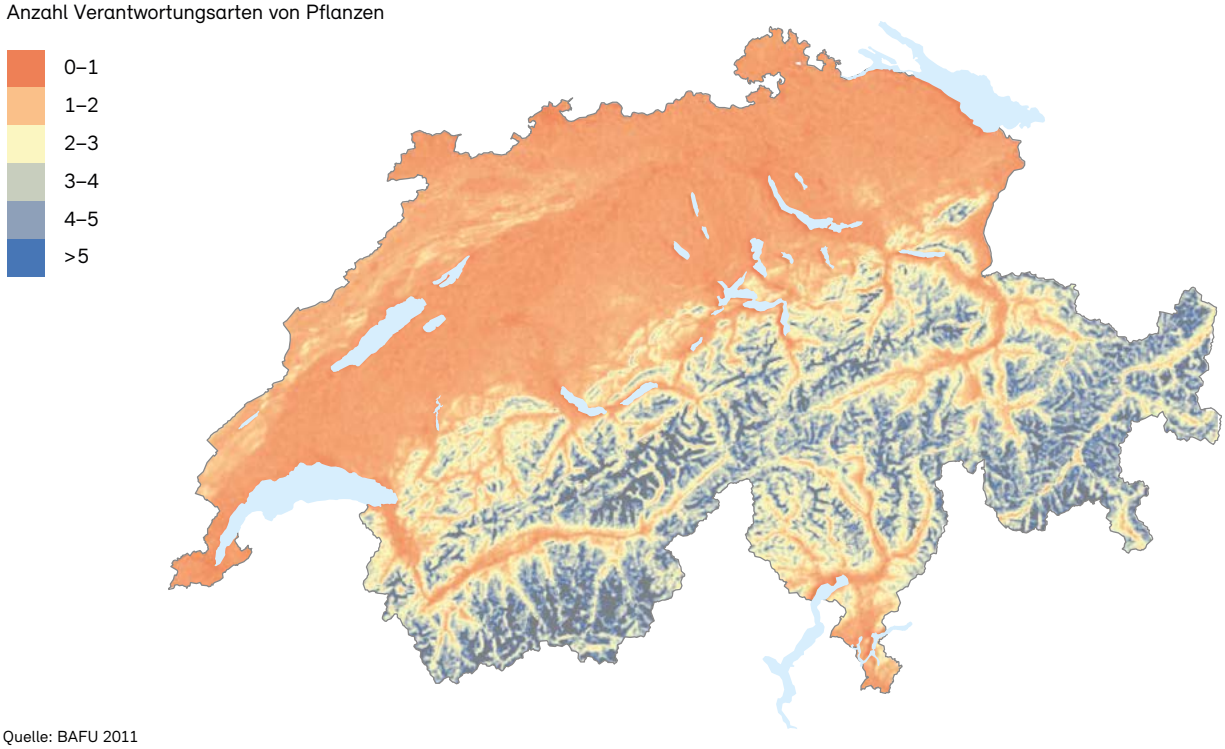
In den europäischen Alpen leben zahlreiche Pflanzenarten, die nur dort vorkommen. Viele davon wachsen auch in der Schweiz. Jedes Land hat eine besondere Verantwortung für jene Tier- und Pflanzenarten, deren Verbreitungsgebiet sich ganz oder zu einem grossen Teil auf dessen Landesfläche beschränkt. Um diese Verantwortung wahrzunehmen, hat die Schweiz eine «Liste der National Prioritären Arten» erarbeitet (→ BAFU 2019b). Die nationale Priorität wird aus einer Kombination von zwei Kriterien definiert: dem nationalen Gefährdungsgrad (entsprechend den Roten Listen) und der internationalen Verantwortung der Schweiz für die betreffende Art. Bei den Pflanzen liegen die Flächen mit mindestens fünf Verantwortungsarten vornehmlich in den Alpen (Abb. 7) (→ BAFU 2011).

2.2 Wildnis und Kulturlandschaft

In den Alpen finden sich nicht nur die meisten Verantwortungsarten der Schweiz, sondern auch die meisten Wildnisgebiete von hoher bis sehr hoher Qualität (Abb. 8). In diesen Räumen überwiegen natürliche Prozesse, und es gibt weder Siedlungen noch Infrastrukturen. Diese Situation führt dazu, dass in weiten Teilen des Alpenraums eine relativ intakte

Abb. 7: Anzahl an Verantwortungsarten von Pflanzen für die Schweiz, hochgerechnet aufgrund der Daten aus den Aufnahmeflächen des Biodiversitätsmonitorings Schweiz

Flächen mit mehr als fünf Verantwortungsarten weisen durchschnittlich eine Höhe von rund 2000 m ü. M. auf.



Quelle: BAFU 2011

ökologische Infrastruktur existiert. Die Schutzgebiete sind in der Regel gut vernetzt und wenig isoliert. Dies soll auch so bleiben: 2020 hat der Bundesrat das Landschaftskonzept Schweiz verabschiedet und darin ein Qualitätsziel für hochalpine Landschaften festgelegt (→ BAFU 2020c): Diese sollen ihren natürlichen Charakter behalten und das Erleben von Natur und Landschaft ermöglichen.

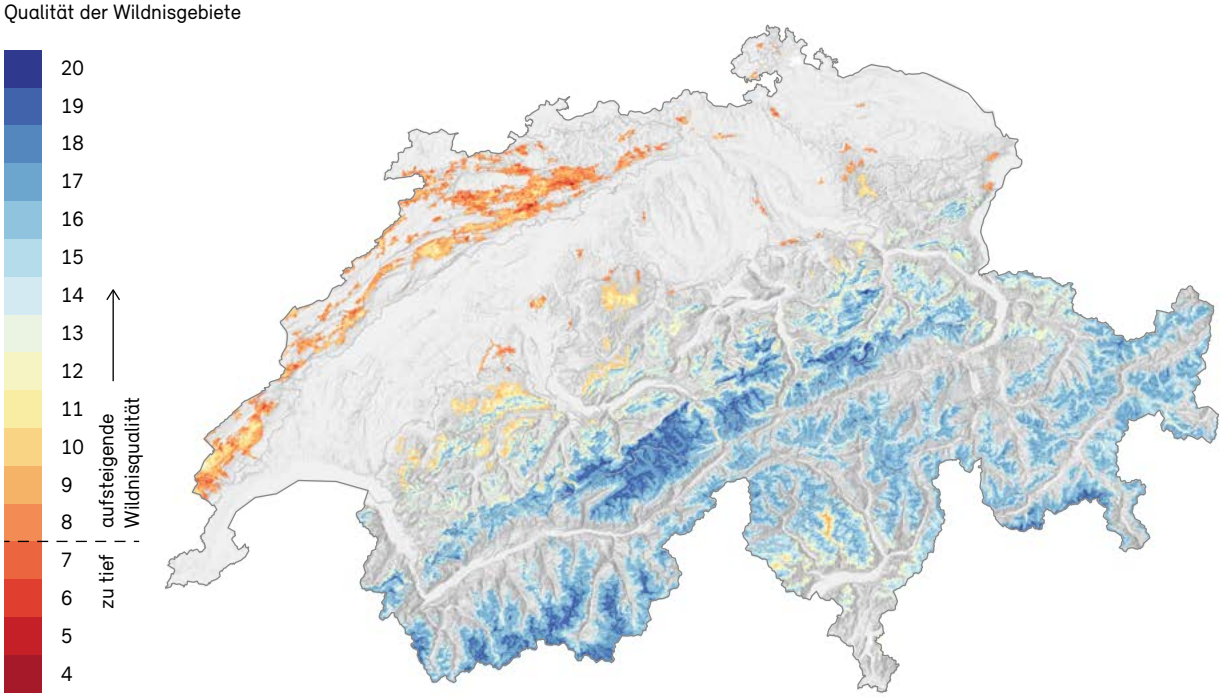
Wildnisgebiete sind Rückzugsräume für Arten, die in der Kulturlandschaft keinen oder nur sehr wenig Platz finden. Wildnisgebiete sind zudem ungestörte Evolutionsräume und Forschungsstandorte. Sie bilden ein Gegengewicht zu unserer zivilisierten Welt und bieten Naturerfahrungen und faszinierende Erlebnisse (→ Moos et al. 2019).

Der Mensch hat die biologische Vielfalt in der alpinen und subalpinen Zone an vielen Stellen verändert. Obwohl die Alpen ein Hochgebirge sind, begann die landwirtschaftliche Nutzung durch die Menschen bereits vor rund 5000 Jahren. Es wird davon ausgegangen, dass die Alpen von oben nach unten in Besitz genommen wurden. Die alpinen Naturwiesen oberhalb der Baumgrenze eigneten sich für eine beschränkte Beweidung während der Sommermonate. Später wurden die Alpweiden durch Rodung vergrössert: Die Hälfte des sogenannten Sömmerungsgebietes in der Schweiz war ursprünglich bewaldet. Durch die Rodungen konnten sich nicht nur Tier- und Pflanzenarten der Wiesen und Weiden in den Talgebieten etablieren, sondern auch Arten der anderen Lebensräume (alpine Naturrasen, Gesteinsschutt und lichte Wälder) (→ Hofer et al. 2013).

Das Sömmerungsgebiet umfasst heute rund ein Zehntel der Schweizer Landesfläche. Die Alpwirtschaft hat sich dort über Jahrhunderte entwickelt und den jeweiligen lokalen Gegebenheiten angepasst. Dadurch entstand eine grosse kulturelle und biologische Vielfalt. Die meisten Alpweiden werden auch heute noch traditionell und extensiv genutzt, ohne Zufuhr von alpfremdem Dünger. Sie weisen mit durchschnittlich 40 Pflanzenarten auf 10 Quadratmetern im Vergleich zu den anderen im BDM untersuchten Lebensräumen die höchste mittlere Artenzahl auf (→ BDM 2006). Insgesamt ist das Grünland der subalpinen und alpinen Lagen um rund ein Viertel artenreicher an Pflanzen als das meist intensiv genutzte Grünland in den Talgebieten (→ BDM 2009).

Abb. 8: Wo die Schweiz noch wild ist (→ Moos et al. 2019)

Flächen mit hoher Wildnisqualität (blau) liegen praktisch alle in den Alpen.



Quelle: WSL

2.3 Nutzungsänderungen verändern Alpweiden

Die Nutzung der Alpweiden hat sich in den letzten Jahrzehnten stetig verändert, indem die gesömmerten Tiere immer mehr auf die guten Flächen konzentriert werden. Dies führt lokal zu einer intensiveren Nutzung, während auf anderen Weideflächen die Nutzung abnimmt oder gar ausbleibt (→ Lauber et al. 2013).

Überall dort, wo die landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben wird, breitet sich der Wald aus. Dabei geht Kulturland verloren, das vor Jahrhunderten dem Wald mühsam abgerungen wurde. Meist handelt es sich dabei um ertragsarme Standorte in höheren Lagen. Dementsprechend entfallen 91 % der Waldflächenzunahme seit der Aufnahmeperiode 2004/2006 des Landesforstinventars auf Gebiete oberhalb von 1000 m ü. M. (→ Brändli et al. 2020). Über drei Viertel der neuen Wälder entstanden wie auch schon in der Periode davor (1993/95) gar in Höhenlagen über 1400 m ü. M. Die Zunahme in Lagen oberhalb von 1800 m ü. M. macht 46 % der gesamten Waldflächenzunahme aus. Diese ist eine Folge der nachlassenden Alpwirtschaft und zu einem Teil auch des Klimawandels.

Sowohl die Intensivierung als auch die Verbuschung und die Wiederbewaldung wirken sich negativ auf die reichhaltige Biodiversität des Sömmerungsgebiets aus (→ Strebel & Bühler 2015). Die ursprüngliche Kulturlandschaft in den Gebirgsregionen kann durch die Wiederbewaldung zudem monotoner werden, was in bestimmten Gebieten die Attraktivität für den Tourismus schmälert (→ Stöcklin et al. 2007). Andere Regionen können aber auch von den vielfältigen Leistungen des neu entstandenen Waldes profitieren (Lebensraum für Waldarten; Schutz vor Naturgefahren wie Steinschlag, Lawinen, Erosion; Holzproduktion, Reinigung und Speicherung von Wasser).

Das nationale Monitoringprogramm ALL-EMA zeigt, dass 42 % der heute noch existierenden Weiden im Sömmerungsgebiet eine hohe ökologische Qualität aufweisen. Um die Artenvielfalt gezielter zu fördern, hat die Agrarpolitik die Biodiversitätsbeiträge auch auf das Sömmerungsgebiet ausgedehnt.

2.4 Stickstoffeinträge in wertvolle Lebensräume

Bis zu zehn Kilogramm Stickstoff gelangen pro Hektare und Jahr über die Atmosphäre in die Böden der alpinen Zone und düngen die an geringe Nährstoffgehalte angepassten Lebensgemeinschaften. In einem Experiment konnte gezeigt werden, dass eine solche Stickstoffdüngung nach vier Jahren den Anteil an Kräutern im Pflanzenbestand zugunsten der Gräser deutlich reduziert (→ Bassin 2007). Der Pflanzenbestand wird dadurch dichter und weniger bunt.

Sensible Flechten

Oberhalb der Waldgrenze verleihen Gesteins- und Erdflechten dem Lebensraum eine farblich reichhaltige Patina. Flechten können selbst unter extremen klimatischen Bedingungen gedeihen. Diese Fähigkeit bedeutet aber nicht, dass Flechten unempfindlich gegenüber Umweltveränderungen durch den Menschen sind – im Gegenteil. Flechten sind Pilze, welche in enger Gemeinschaft mit Grünalgen oder Cyanobakterien (Blaualgen) leben. Diese Flechtensymbiose ist ein sensibles Gleichgewicht. Wird die Wechselbeziehung zwischen den beiden Partnern gestört oder einer der Partner geschädigt, kann die ganze Flechte absterben. Problematisch sind dabei vor allem Nährstoffeinträge und die Luftverschmutzung.

Hinzu kommt eine hohe Sensibilität der Flechten gegenüber Standortveränderungen sowie die oft lange Generationsdauer. Der Lebenszyklus (von der erfolgreichen Besiedlung des Substrates bis zur Produktion von Fruchtkörperchen mit Pilzsporen) dauert beispielsweise bei der Echten Lungenflechte *Lobaria pulmonaria* mindestens 30 Jahre. Das kann etwa im Wald problematisch sein: Werden alle Bäume bei Erreichen eines bestimmten Alters gefällt (wie dies in modernen Wirtschaftswäldern üblich ist), verschwindet der Lebensraum jener Flechtenarten, die Strukturen von alten Bäumen wie beispielsweise tiefe Borkenrisse benötigen. Dies wirkt sich negativ auf die Vielfalt der Flechten aus. Von den 786 untersuchten Flechtenarten (521 baumbewohnende und 265 erdbewohnende Arten) wurden 295 (37 %) auf die Rote Liste gesetzt (→ Scheidegger & Clerc 2002). Arten der Roten Liste finden sich in allen Lebensräumen.

Solange die Schweiz die Stickstoffemissionen, welche zu rund zwei Dritteln aus der Landwirtschaft und zu einem Drittel aus Verkehr, Industrie und Haushalten stammen, nicht in den Griff bekommt, werden die damit verbundenen Verschiebungen der Artenzusammensetzung und lokale Verluste an Arten im alpinen Grasland weitergehen. In Waldgebieten kann der Stickstoffeintrag je nach Standort auch eine substanzielle Schwächung der Bäume und dadurch eine reduzierte Resilienz gegen Trockenheit und Schadorganismen bewirken.

2.5 Eingriffe für den Tourismus

Der Alpentourismus begann um 1900 und ist in vielen Regionen in den Alpen von grosser wirtschaftlicher Bedeutung. Er bringt aber auch soziale und ökologische Probleme mit sich. Vor allem der Wintertourismus beansprucht und verändert grosse Flächen, nicht nur in den Talgebieten (in Form von Siedlungserweiterungen und für Infrastrukturen), sondern auch in der alpinen Zone (→ Klaus et al. 2009). Eingriffe in hochalpine Ökosysteme können weitreichende Konsequenzen für den Wasserhaushalt, den Boden, die Flora, die Fauna und das Landschaftsbild haben.

Der Klimawandel fördert die Ausbreitung von technischen Beschneiungsanlagen. Mittlerweile wird die Hälfte der Pistenfläche in der Schweiz künstlich beschneit – Tendenz steigend. Der Einsatz von Kunstschnee beeinflusst nachweislich die spezialisierte Alpenflora und benötigt grosse Wassermengen, welche vielerorts den Feuchtlebensräumen fehlen (→ Rixen & Rolando 2013, Wipf et al. 2005).

2.6 Alpen als Freizeitpark

Die verschiedenen Outdoor-Aktivitäten im Winter und zunehmend auch im Sommer haben Auswirkungen auf die Natur (→ Graf 2018). Vor allem der Wintersport abseits von Wegen, Routen und Pisten sowie schwer lenkbare Freizeitaktivitäten wie Gleitschirmfliegen können eine grosse Belastung für Wildtiere sein (→ Ingold 2005). Müssen Wildtiere flüchten, kostet dies Energie. Je öfter sie gestört werden, desto schwerwiegender sind die Folgen. Zu ihrem Schutz werden Wildruhezonen eingerichtet, in denen das Betreten und Befahren im Winter verboten ist. Sie tragen massgeblich dazu bei, die Aktivitätsräume von Mensch und Tier zeitlich und räumlich zu entflechten. Entsprechende Ruhezonen im Sommer fehlen weitgehend, da die Ausdehnung des Intensivtourismus in den Sommer hinein ein relativ neues Phänomen ist.

Das BAFU und der Schweizer Alpen-Club SAC haben 2009 die schweizweite Kampagne «Respektiere deine Grenzen» lanciert. Sie soll Wintersportlerinnen und -sportlern zeigen, wie sie Freizeitaktivitäten in freier Natur geniessen können, ohne die Wildtiere zu stören. Seit 2020 informiert die BAFU-Kampagne «Respect nature» darüber, wie man Naturgebiete geniessen kann, ohne wildlebende Arten zu stören.

2.7 Klimawandel heizt den Arten ein

Der Alpenraum hat sich in den letzten 120 Jahren doppelt so stark erwärmt wie der globale Durchschnitt. Dieser menschengemachte Klimawandel wirkt sich auch auf die Lebensgemeinschaften aus. So hat die Pflanzenvielfalt in den Alpen durch eine Aufwärtsbewegung von Arten zugenommen, wie Daten des Biodiversitätsmonitorings Schweiz zeigen: Zwischen 2001 und 2015 sind die Pflanzenarten der Gebirge um durchschnittlich 10 Meter in die Höhe gewandert. Dies führt zu Veränderungen der lokalen Artengemeinschaften (→ Roth et al. 2014).

Auch andere Studien zeigen, dass sich die Verbreitungsschwerpunkte von Pflanzenarten nach oben verschieben (→ Rumpf et al. 2018). Weil Pflanzen der tieferen Lagen allerdings schneller reagieren als die hochalpine Flora, befürchten Forschende, dass alpine Arten zunehmend dem Konkurrenzdruck durch hochsteigende subalpine und montane Arten ausgesetzt sind. Ob das Freiwerden von Flächen, die heute noch unter vermeintlich «ewigem» Eis und Schnee liegen (bis zum Jahr 2100 werden nur noch 20 bis 30 % des heutigen Gletschervolumens übrig bleiben) (→ BAFU 2012a), den Verlust an alpinem Lebensraum wettmachen kann, ist fraglich, weil für eine geschlossene alpine Vegetationsdecke Tausende von Jahren der Bodenbildung fehlen.

Bei Schmetterlingen, die wesentlich schneller als Pflanzen auf Klimaänderungen reagieren, konnte ein landesweiter Rückgang der Artenvielfalt bei kältezeigenden Arten und eine Zunahme von wärmezeigenden Arten nachgewiesen werden (Abb. 9). Daten der Tagfalter-Erhebung

des Biodiversitätsmonitorings Schweiz zeigen, dass die Bestände jener Arten, die auf Lebensräume der subalpinen und alpinen Stufe spezialisiert sind, stellenweise abgenommen haben (→ Roth et al. 2014).

Der Klimawandel hat auch Auswirkungen auf die Vogelwelt. So hat sich die Höhenverbreitung der Brutvögel zwischen den Erhebungsperioden 1993/1996 und 2013/2016 im Durchschnitt um 24 Meter nach oben verschoben (→ Knaus et al. 2018). Alpine Arten wie das Alpenschneehuhn leiden unter der Erwärmung und verzeichnen deutliche Rückgänge.

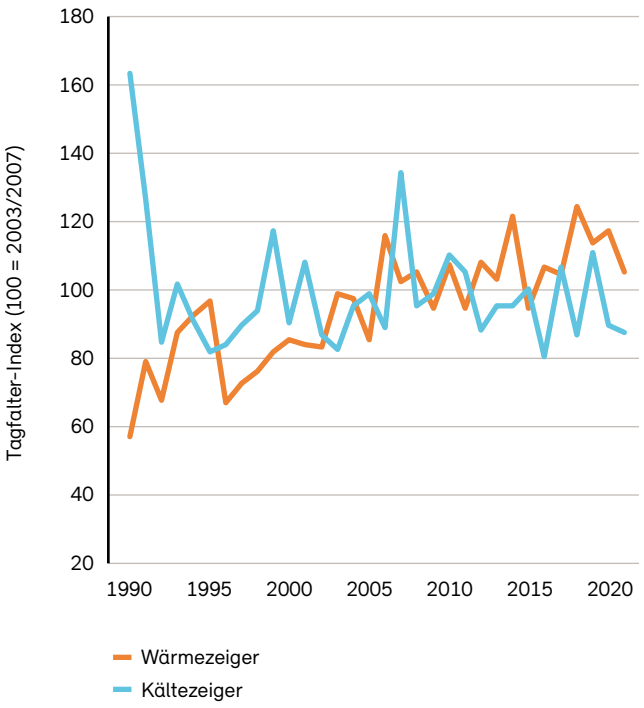
2.8 Ausbau der erneuerbaren Energien und Schutz der Natur

Vom Ausbau der Wasserkraft kann eine erhebliche Verbesserung beim Klimaschutz erwartet werden. Bei der Stromproduktion aus Wasserkraft wird praktisch kein CO_2 freigesetzt. Zudem ist die erneuerbare Energiequelle in den Berggebieten ein wichtiger Wirtschaftszweig. Allerdings können entsprechende Massnahmen alpine Lebensräume beeinträchtigen. Bereits heute sind viele alpine Landschaften durch Stauseen, Restwasserstrecken, Schwall-Sunk-Betriebe an Bächen und Flüssen sowie Stromleitungen von der Wasserkraftnutzung geprägt (siehe auch Kapitel 4). Neue Projekte werden teilweise in wenig berührten Landschaften, darunter Gletschervorfeldern und alpinen Schwemmebenen, geplant und gebaut. Hier sind die Zielkonflikte (Natur- und Landschaftsschutz / Stromgewinnung) besonders gross; über die Gewichtung der Interessen entscheidet die Politik. Der Bundesrat hat in seinem indirekten Gegenvorschlag zur Biodiversitätsinitiative festgehalten, dass die Ziele der Energiestrategie 2050 nicht tangiert werden.

Im Rahmen der Energiestrategie 2050 soll auch die Windenergie besser genutzt werden. Zu den grössten Kritikpunkten bezüglich der Nutzung von Windenergie gehören Beeinträchtigungen von Vögeln und Fledermäusen (Kollision, veränderte Lebensraumnutzung) sowie von Lebensräumen (z. B. nationale oder kantonale

Klimawandel bringt das Artengefüge durcheinander
Biodiversität und Klima beeinflussen sich gegenseitig. Die biologische Vielfalt spielt in vielen klimarelevanten Prozessen eine wichtige Rolle (z. B. Kohlenstoff- und Wasserkreislauf, Absorption der Sonneneinstrahlung) und reguliert so das Klima. Verändert sich die Biodiversität, hat dies Folgen für das Klima. Umgekehrt beeinflusst auch das Klima die Biodiversität (→ Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015). Positive Wechselwirkungen zwischen Arten können gestört werden, beispielsweise wenn ein warmer Frühling eine Pflanzenart zum Blühen bringt, bevor ihre Bestäuber auftauchen (→ Kehrberger & Holzschuh 2019). Von vielen Arten werden sich zudem die Verbreitungsgebiete verschieben. Nicht alle Arten werden sich neue Lebensräume suchen können, weil ihre jetzigen Lebensräume in einer stark fragmentierten und intensiv genutzten Landschaft liegen und nicht mit der Umgebung vernetzt sind. Während sich mit dem Klimawandel die Lebensbedingungen für viele einheimische Arten verändern, fühlen sich zahlreiche eingeführte und wärmeliebende Arten immer wohler und breiten sich (in Abwesenheit ihrer natürlichen Feinde) aus.

Abb. 9: Entwicklung der Tagfalterarten differenziert nach Wärmezeigern (orange, 46 Arten) und Kältezeigern (blau, 22 Arten)
Der Klimawandel kommt den thermophilen Arten zugute.

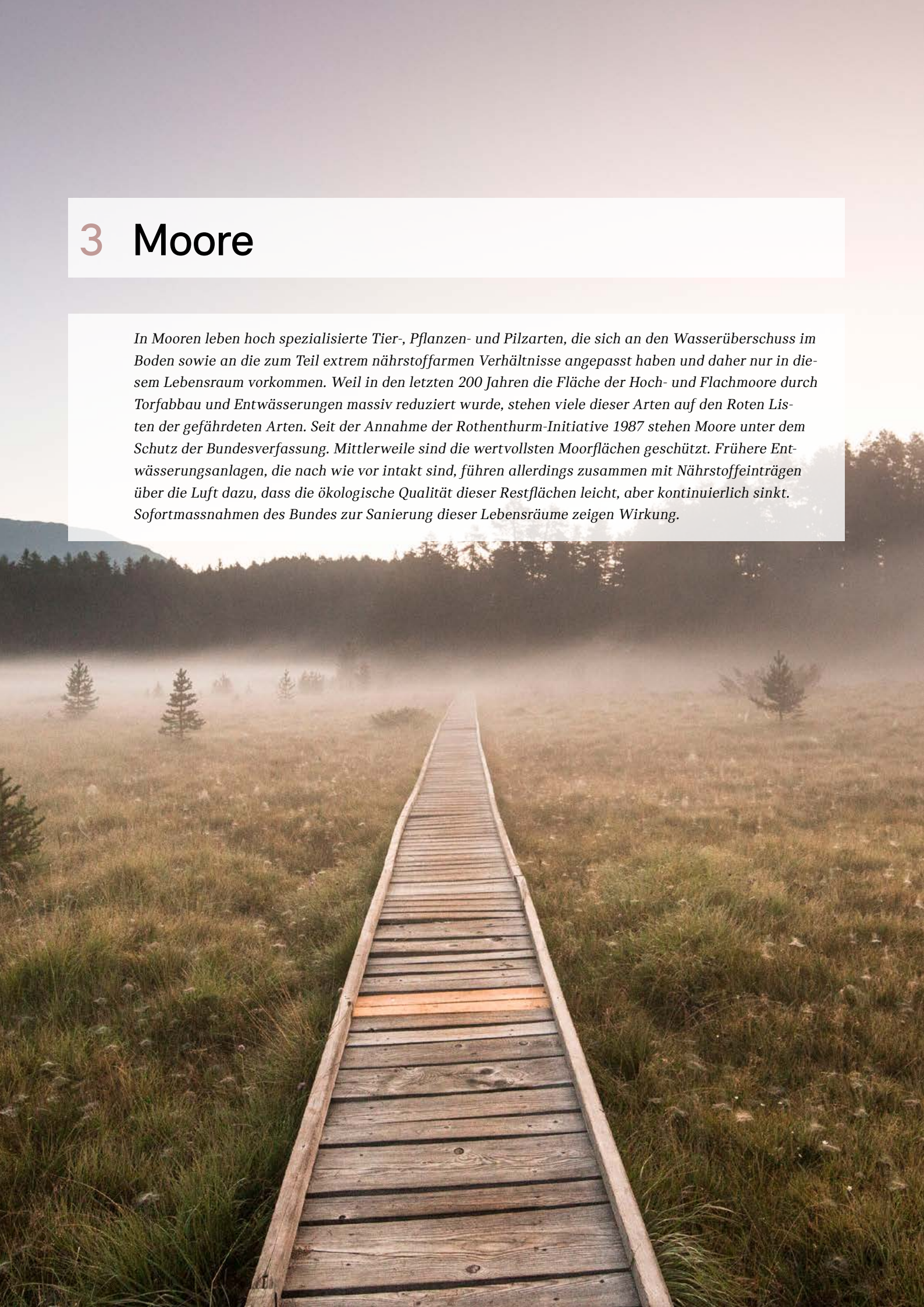


Quelle: BDM & Info fauna

Biotope) und ökologisch wertvollen Landschaften. Der Bund schreibt daher zum Beispiel vor, dass bei der Planung von Anlagen die Auswirkungen auf geschützte Arten (z. B. Vögel und Fledermäuse) und auf geschützte Lebensräume und Landschaften im Rahmen der Richtplanung und Nutzungsplanung (Umweltverträglichkeitsprüfung, UVP) detailliert untersucht werden müssen. Im Konzept Windenergie 2020 signalisiert der Bund dazu seine Interessen und Empfehlungen aus nationaler Sicht (→ ARE 2020).

3 Moore

In Mooren leben hoch spezialisierte Tier-, Pflanzen- und Pilzarten, die sich an den Wasserüberschuss im Boden sowie an die zum Teil extrem nährstoffarmen Verhältnisse angepasst haben und daher nur in diesem Lebensraum vorkommen. Weil in den letzten 200 Jahren die Fläche der Hoch- und Flachmoore durch Torfabbau und Entwässerungen massiv reduziert wurde, stehen viele dieser Arten auf den Roten Listen der gefährdeten Arten. Seit der Annahme der Rothenthurm-Initiative 1987 stehen Moore unter dem Schutz der Bundesverfassung. Mittlerweile sind die wertvollsten Moorflächen geschützt. Frühere Entwässerungsanlagen, die nach wie vor intakt sind, führen allerdings zusammen mit Nährstoffeinträgen über die Luft dazu, dass die ökologische Qualität dieser Restflächen leicht, aber kontinuierlich sinkt. Sofortmassnahmen des Bundes zur Sanierung dieser Lebensräume zeigen Wirkung.



Bedeutung der Moore für den Menschen

Vom Schutz und von der Wiederherstellung von Mooren profitieren nicht nur die darin lebenden hoch spezialisierten und bedrohten Tiere, Pflanzen und Pilze. Torfbildende Moore sind wichtige Kohlenstoffspeicher und tragen zur Regulierung des Klimas bei. Sie haben zudem die Fähigkeit, Regenwasser nach starken Niederschlägen wie ein Schwamm zu speichern und dosiert abzugeben. Dies kann Hochwasserspitzen dämpfen und sorgt für eine ausgeglichene Wasserversorgung der Umgebung. Flachmoore bieten Wasserreserven in Trockenzeiten und übernehmen darüber hinaus Funktionen bei der Reinigung des Grund-, Oberflächen- und Trinkwassers. Für die lokale Bevölkerung sind Moore bedeutende Naherholungsgebiete, Orte der Ruhe und Schönheit sowie Ausflugs- und Wanderziele. Sie sind für den Tourismus eine wertvolle Ressource und stärken insgesamt den ländlichen Raum als attraktiven Wohn-, Wirtschafts- und Freizeitraum (→Kantone Aargau, Bern und Zürich 2019).

3.1 Wasser prägt den Lebensraum

Moore können überall dort entstehen, wo Böden wassergesättigt sind. Im und auf dem nassen Boden ist der Abbau der Pflanzenreste durch Mikroorganismen gehemmt – und es bilden sich organische Ablagerungen bis hin zu Torf. Nur spezialisierten Arten ist es möglich, die luft- und meist sauerstoffarmen Böden zu besiedeln. Je nach Entstehungsgeschichte, Beziehung zum Grundwasser, Oberflächenform, Nährstoffgehalt des Wassers und Vegetationstyp wird zwischen Hoch- und Flachmoor unterschieden.

3.2 Hochmoore: Bedrohte Reste der Urlandschaft

Bei den Hochmooren wächst die vor allem aus Torfmoosen bestehende Vegetation immer weiter in die Höhe, bis sie irgendwann über dem Wasserspiegel liegt und von Regenwasser gespeist wird. Weil Regenwasser praktisch frei von Nährstoffen ist, gehören Hochmoore zu den nährstoffärmsten Lebensräumen Mitteleuropas. Bedingt durch die Nässe und die Nährstoffarmut sowie das saure Milieu wachsen im Zentrum natürlicher Hochmoore keine Bäume. Stattdessen leben hier hoch spezialisierte Tier- und Pflanzenarten (z. B. der fleischfressende Sonnentau). Diese Arten können in der Schweiz nur dann überleben, wenn die Hochmoore erhalten bleiben.

In praktisch jedem Hochmoor des Mittellandes und des Juras haben die Menschen zeitweise Torf gestochen. Viele Hochmoore wurden fast oder vollständig abgetorft und anschliessend land- oder waldwirtschaftlich genutzt. Von den ursprünglich rund 10 000 Hektaren Hochmoorfläche sind nur noch 1567 Hektaren übrig geblieben, die alle als Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung streng geschützt sind (ca. 0,04 % der Landesfläche) (→ Grünig et al. 1986). Von der verbliebenen Hochmoorfläche sind zwei Drittel in einem degradierten Zustand. Nur ein Drittel kann als naturnah bezeichnet werden (→ Grünig 1994).

Früher angelegte und noch aktive Entwässerungsgräben stören den Wasserhaushalt. Obwohl die Hochmoorflächen geschützt sind, verlieren sie dadurch laufend an ökologischer Qualität. So hat die WBS des Bundes festgestellt, dass Hochmoore von nationaler Bedeutung zwischen Mitte der 1990er-Jahre und 2017 trockener wurden (→ Bergamini et al. 2019b). Die Daten des laufenden WBS-Datenerhebungszyklus (2018–2023) weisen auf Trends in die gleiche Richtung hin (→ Bergamini et al. 2022). Das Schutzziel für die Hochmoore («die Objekte müssen ungeschmälert erhalten werden»), das in der entsprechenden Verordnung festgehalten ist, wird nicht erfüllt. Längerfristig dürfte neben den Entwässerungsanlagen auch der Klimawandel mit heissen und trockenen Sommern zu dieser Entwicklung beitragen.

Hochmoore wurden nicht nur trockener, sondern zwischen Mitte der 1990er-Jahre und 2017 auch nährstoffreicher (→ Bergamini et al. 2019a). Diese Entwicklung ist negativ zu bewerten, weil so die dort lebenden, an extreme Nährstoffarmut angepassten Pflanzen langfristig durch Arten mit höherem Nährstoffbedarf verdrängt werden. Die Nährstoffe stammen aus der Luft (siehe Kap. 6)

sowie dem trockengefallenen Torf, der unter Lufteinfluss abgebaut wird. Die Daten des laufenden Erhebungszyklus (2018–2023) deuten auf einen Trend zur Stabilisierung hin (→ Bergamini et al. 2022).

Aufgrund der abnehmenden Feuchtigkeit und der Nährstoffüberversorgung dringen Büsche und Bäume in die offenen Hochmoorflächen vor. Die Bedeckung durch Gehölze in den Hochmooren hat seit 1997 jedes Jahr um 0,2 % zugenommen (→ Bergamini et al. 2019a).

Regional gibt es allerdings Unterschiede bei der Verbuschung. Während die Gehölzbedeckung in Hochmooren des Juras und der westlichen und östlichen Zentralalpen zugenommen hat, sank sie im Mittelland. Abnahmen sind ein Hinweis auf Renaturierungsmassnahmen, Entbuschungen und Biotoppflege.

Verglichen mit Hochmooren in Nordeuropa sind die verbliebenen Schweizer Hochmoore mit einer Durchschnittsgrösse von drei Hektaren relativ klein. Im Verhältnis zur Fläche weisen sie eine grosse Kontaktzone auf, weshalb negative Einflüsse von aussen wie Nährstoffeinträge von angrenzenden Flächen häufig auftreten.

3.3 Sinkende Qualität auch in den Flachmooren

Als der Mensch sesshaft wurde und zunehmend Wald rodete, entwickelten sich auf entwaldeten und nicht vollständig entwässerten Flächen weitere Feuchtgebiete: die landwirtschaftlich genutzten Flachmoore. Flachmoore werden im Gegensatz zu den Hochmooren nicht allein durch das Regenwasser nass gehalten, sondern auch durch Grundwasser, Hangwasser oder zeitweise Überflutungen. Weil dieses Wasser mineralhaltig ist, sind Flachmoore nährstoffreicher als Hochmoore. Zu den Flachmooren werden auch feuchte Lebensräume gezählt, in denen keine deutliche Torfschicht vorhanden ist oder keine Torfakkumulation stattfindet.

Nur 10 % der Schweizer Flachmoore sind von Natur aus waldfrei (→ Haab 1991). Dazu gehören beispielsweise Schilfbestände entlang von Seen und Altarmen sowie Flachmoore oberhalb der Waldgrenze. Die restliche Fläche war ursprünglich mit Bäumen und Gebüschen bestockt auf feuchtem bis nassem Untergrund. Erst die Rodung und die anschliessende Mahd für Stalleinstreu und Heu haben zur Entstehung von gehölzfreien Flachmooren geführt (→ Klaus 2007).

Flachmoore waren deutlich weiter verbreitet als Hochmoore. Sie bedeckten im frühen Mittelalter ca. 6 % der Landesfläche (250 000 ha) (→ Grünig 2007). Äcker mit fast schwarzem Boden sowie Flurnamen mit «Moos» oder «Riet» weisen auf die ehemals weite Verbreitung der Moore hin (→ Müller & Gimmi 2018).

Ohne Torfmoose kein Moor

In der Schweiz kommen 1100 Moosarten vor. Das sind zwei Drittel aller europäischen Moosarten. Ein besonders wichtiger Lebensraum für viele Moose sind Hoch- und Flachmoore. Torfmoose (*Sphagnum*) sind sogar die Baumeister der Hochmoore. An ihrer Spitze wachsen sie stetig in die Höhe, während die unteren Teile aufgrund von Lichtmangel absterben. Im wassergesättigten Boden unter Luftabschluss werden diese nicht zersetzt, sondern zu Torf verfestigt.

Torfmoose sind massgeblich für wichtige Ökosystemfunktionen verantwortlich (z. B. Kohlenstoff- und Wasserspeicherung, Nährstofffilter). Von den 33 *Sphagnum*-Arten, die in der Schweiz leben, konnten in der WBS 27 nachgewiesen werden. Die meisten dieser Arten kommen ausschliesslich in Hochmooren vor.

Eigentlich sollten in nahezu allen Untersuchungsflächen, die in Hochmooren liegen, Torfmoose vorkommen. Doch die WBS zeigt nun, dass in fast einem Fünftel der Flächen kein einziges Torfmoos wächst (→ Bergamini et al. 2020). Hinzu kommt, dass die Deckung in den Hochmooren im Durchschnitt lediglich 43 % beträgt; ein Drittel der Untersuchungsflächen in Hochmooren weist sogar eine Deckung von weniger als 10 % auf. In wachsenden, natürlichen Hochmooren würde man mehr als 80 % Deckung mit Torfmoosen erwarten. Die Resultate sind ein weiterer Hinweis auf den schlechten ökologischen Zustand vieler Hochmoore.

Die Aussterbeschuld im Auge behalten

Wird der Grossteil eines Moores durch Entwässerungsgräben und Abtorfung zerstört, sterben viele Tier-, Pflanzen- und Pilzarten sofort aus (A in Abb. 10). Andere können sich zwar in dem veränderten Lebensraum halten, pflanzen sich aber immer seltener oder kaum noch fort. In den folgenden Jahren und Jahrzehnten sterben diese Arten aus. Dieser Prozess dauert so lange an, bis sich ein neues Gleichgewicht zwischen dem degenerierten Lebensraum und der Anzahl potenziell vorkommender Arten eingestellt hat (B in Abb. 10). Die zeitliche Verzögerung des Aussterbens wird als Aussterbeschuld bezeichnet und definiert jene Anzahl Arten, die nach einer Lebensraumveränderung mittel- bis langfristig verschwinden werden (→ Holderegger 2018).

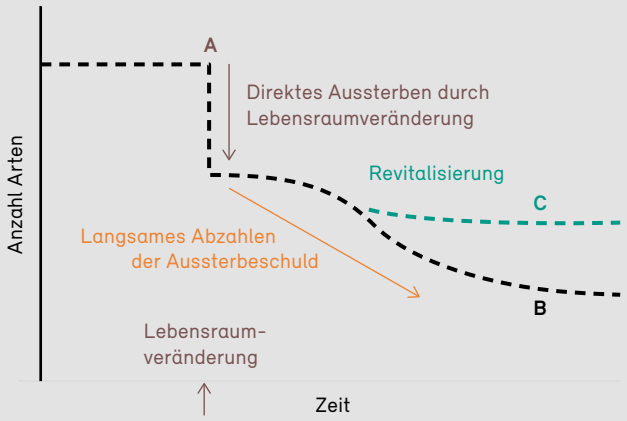
Lange Zeit war dieses Aussterben für Beobachter unerklärlich, weil sich Grösse und Qualität der Lebensraumreste kaum verschlechtert haben. Doch die Artenzahlen nach einer Lebensraumveränderung trügen: Arten werden auch in Zukunft so lange aussterben, bis sich ein neues Gleichgewicht eingestellt hat bzw. die Aussterbeschuld abbezahlt ist.

Viele Untersuchungen zeigen, dass das Phänomen der Aussterbeschuld weit verbreitet ist und in allen Lebensräumen auftritt. Das gilt auch für die Schweiz, in der fast alle Lebensräume in den vergangenen 150 Jahren grosse qualitative und quantitative Verluste erlitten haben und die verbliebenen Flächen deutlich schlechter untereinander vernetzt sind. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass ohne Gegenmassnahmen viele kleine Vorkommen von Arten in Zukunft lokal verschwinden werden. Um solche Verluste sichtbar zu machen, sind Monitoringprogramme wie die WBS unerlässlich (S. 18).

Auch für die Feuchtgebiete im Kanton Zürich haben Forschende eine solche Aussterbeschuld, also das verzögerte Aussterben von Populationen nach der Verschlechterung ihrer Lebensraumqualität, nachgewiesen (→ Jamin et al. 2019). Die Resultate zeigen, dass in den Zürcher Mooren Pflanzenarten leben, welche trotz ungünstigen Lebensraumbedingungen lokal noch nicht ausgestorben sind. Meist handelt es sich dabei um ausgewiesene Feuchtgebietsspezialisten. Viele davon werden in den nächsten Jahrzehnten verschwinden. Es gibt aber auch eine gute Nachricht: Der Aussterbeschuld kann entgegengewirkt werden. Mit gezielten Sofortmassnahmen lässt sich ein weiteres Aussterben der betroffenen Arten verhindern (C in Abb. 10). Es gilt, die ökologische Qualität der verbliebenen Feuchtgebiete deutlich zu erhöhen, neue Feuchtgebietsflächen zu schaffen und die Vernetzung zu verbessern.

Abb. 10: Veränderung eines Lebensraums

Nach der Veränderung eines Lebensraums sterben viele Arten sofort aus (A). Dazu gehören vor allem störungsanfällige Arten mit einem grossen Aktionsradius wie das Auerhuhn. Nach und nach verschwinden aber weitere Arten, für die der Lebensraum keine Existenzgrundlage mehr ist (B). In Hochmooren sind das bspw. hoch spezialisierte Pilzarten, die nur die wassergefüllten Schlenken besiedeln, welche nach Entwässerungsmassnahmen trockenfallen. Dieser Arten-Überhang wird als Aussterbeschuld bezeichnet. Das Abbezahlen der Aussterbeschuld kann verhindert werden, indem die Lebensraumqualität erhöht, die angrenzende Fläche renaturiert und die Vernetzung mit benachbarten Flächen des gleichen Lebensraums erhöht wird (C).



Quelle: Holderegger 2018

Der Rückgang der Flachmoore setzte im 19. Jahrhundert ein, als die grösseren Flüsse eingedämmt, begradigt oder umgeleitet wurden. Im Zuge dieser Arbeiten wurden auch die dazugehörigen Feuchtgebiete trockengelegt. Ziel war die Gewinnung von ertragreichen Wiesen, Weiden und Ackerflächen.

Rund 90 % der Flachmoore wurden so umgewandelt. Das Inventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung umfasst zwar 1171 Objekte, die aber weniger als 20 000 Hektaren bedecken (ca. 0,5 % der Landesfläche). Hinzu kommen Flachmoore von regionaler und lokaler Bedeutung sowie ungeschützte Restgebiete, die zum Teil nur wenige Aren Land bedecken.

Nicht nur der absolute Rückgang der Moorflächen ist ökologisch relevant, sondern auch die Grösse der verbliebenen Objekte und ihre Lage zueinander. Forschende sprechen von einem eigentlichen Zerfall des Feuchtgebietsnetzwerkes der Schweiz seit 1850 (→ Müller & Gimmi 2018). Die Isolation der Flächen führt zusammen mit den geringen Objektgrössen zu einer sinkenden Artenvielfalt (siehe Box S. 33).

Wie bei den Hochmooren hat sich die ökologische Qualität der Flachmoore zwischen 1997 und 2017 verschlechtert (→ Bergamini et al. 2019b). So sank die mittlere Feuchtigkeit zwischen 1997 und 2017 infolge des gestörten Wasserhaushalts leicht, aber signifikant. Im selben Zeitraum hat auch der Anteil der Arten, die auf diese Lebensräume spezialisiert sind, abgenommen. Unter Berücksichtigung der Daten aus dem laufenden Erhebungszyklus (2018–2023) scheint sich dieser Trend auch zu bestätigen (→ Bergamini et al. 2022).

Luftbildvergleiche zeigen eine leichte Zunahme der Gehölzbedeckung in allen Regionen. Im Mittelland sind diese gering, auf der Alpensüdflanke, im Jura und in den westlichen Zentralalpen dagegen deutlich stärker, was auf eine Nutzungsaufgabe oder eine unzureichende Biotoppflege in diesen Regionen hinweist.

3.4 Renaturierungen sind wirksam

In der Regel lässt sich die Entwässerung eines Moores durch Wiedervernässung umkehren. Die Wiederherstellung des mooreigenen Wasserhaushalts ist die Voraussetzung für das Wachstum der Torfmoose. Dazu werden Entwässerungsgräben und -rinnen zugeschüttet oder mit Dämmen aufgestaut (→ Grosvernier & Staubli 2009, BAFU 2012b). Begleitend sind Massnahmen zur Verhinderung des Nährstoffeintrages und zur Entbuschung zu ergreifen. Gleichzeitig muss der grossräumige Wasserhaushalt der verbliebenen Moore sichergestellt werden, beispielsweise mit hydrologischen Pufferzonen (siehe unten).

In der Schweiz laufen zurzeit viele Hochmoor-Regenerationsprojekte, die von den Kantonen durchgeführt und vom Bund mitfinanziert werden. Seit die 2017 vom Bundesrat beschlossenen Sofortmassnahmen des Aktionsplans der Strategie Biodiversität Schweiz in Kraft getreten sind, steigt die Zahl dieser Projekte (siehe Kap. 8). Erfolgskontrollen zeigen, dass dadurch moortypische Arten gefördert werden (→ BAFU 2019c, BAFU 2020f). Im Rahmen der WBS konnten zudem erste positive Entwicklungen festgestellt werden, die auf solche Renaturierungsmassnahmen zurückzuführen sind. So nahm in den Hochmooren des Mittellands die Gehölzbedeckung in den letzten Jahren ab (Abb. 11).

3.5 Einfluss der Umgebung auf die Moore

Um die Biodiversität in Mooren zu erhalten und zu fördern, reicht es nicht, nur den eigentlichen Moorperimeter zu betrachten. Denn die Einflüsse aus der Umgebung können erheblich sein. Das gilt sowohl für den Nährstoffeintrag aus angrenzenden, intensiv bewirtschafteten Flächen als auch für Störungen des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet und die direkte Störung der Fauna durch menschliche Einflüsse. Die Hoch- und Flachmoorverordnung verlangt daher für Moore von nationaler Bedeutung die Ausscheidung ökologisch ausreichender Pufferzonen (Art. 3 Abs. 1).

Nährstoffpufferzonen: Nährstoffe können nicht nur durch die Luft oder mit dem Grundwasser in Moore gelangen, sondern auch seitlich aus landwirtschaftlichen Kulturen. Die Breite der Nährstoffpufferzonen bei Mooren beträgt 20 bis 40 Meter und richtet sich vor allem nach der aktuellen Nutzung der angrenzenden Flächen, der Geländeneigung zum Moor und der Durchlässigkeit der Böden. Die Pufferzonen schützen die Moore nachweislich vor unerwünschten

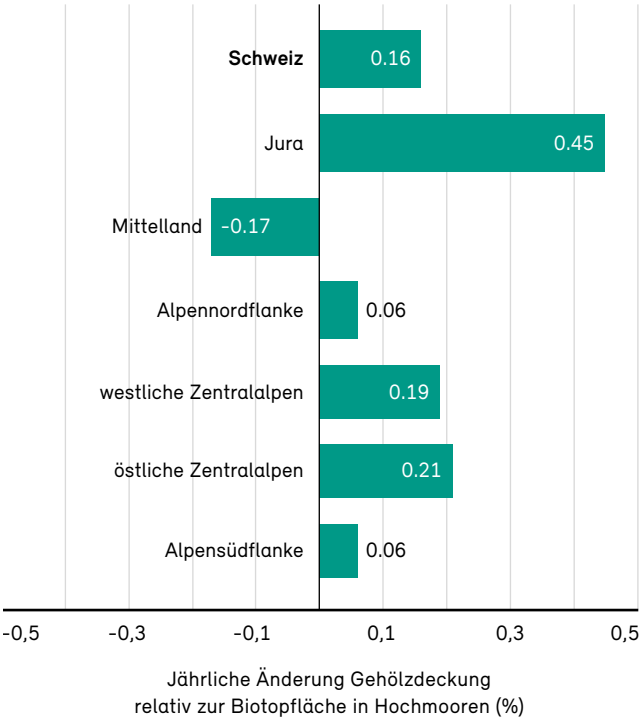
Nährstoffeinträgen (→ Bergamini 2018). Trotz gesetzlicher Vorgabe sind sie allerdings bei vielen Mooren noch nicht umgesetzt. Umfragen bei den Kantonen haben ergeben, dass rund ein Viertel der Hoch- und Flachmoore noch nicht über ausreichende Pufferzonen verfügt. Bei einem weiteren Viertel der Moore ist der Stand der Umsetzung bei den Pufferzonen nicht bekannt (→ BAFU 2022e).

Hydrologische Pufferzonen: Flachmoore und zum Teil auch degenerierte Hochmoore werden mit Oberflächen- und Grundwasser aus der Umgebung versorgt. Veränderungen in der Umgebung und dem ganzen Einzugsgebiet (z. B. neue oder sanierte Strassen und Gebäude, die Verlegung von unterirdischen Leitungen) können massive Auswirkungen auf den ökologischen Zustand der Moore haben. Daten der Wirkungskontrolle haben nachgewiesen, dass bestehende Strassen und Wege im hydrologischen Einzugsgebiet die Qualität und die Menge des Wassers in Mooren stark beeinflussen (→ Küchler 2018). Um Moore langfristig zu erhalten, muss daher nicht nur der Wasserhaushalt im Moor selbst wiederhergestellt werden, sondern auch die nötige Menge und Qualität aus der Umgebung der Moore sichergestellt sein. Das BAFU wird daher in den kommenden Jahren die hydrologischen Einzugsgebiete der Moore von nationaler Bedeutung nach der Methode «espace marais» bestimmen lassen und dieses wichtige Grundlagenwissen den Kantonen bereitstellen.

Störungspufferzonen: Weitere Randeffekte, welche die Qualität des Lebensraums beeinträchtigen, stammen von angrenzenden Wohn- und Gewerbezonen sowie von Wegen und Strassen. Hier ist die Einrichtung einer Störungspufferzone wichtig. Potenziell relevante Störungen entstehen u. a. durch Licht, Lärm, Katzen und Hunde.

Abb. 11: Jährliche Änderung Gehölzdeckung in Hochmooren nach Regionen

Während die Gehölzbedeckung in Hochmooren des Juras und der westlichen und östlichen Zentralalpen zugenommen hat, sank sie im Mittelland. Zunahmen deuten auf gestörte Feuchtigkeitsverhältnisse und Nährstoffeinträge in Hochmooren hin, Abnahmen hingegen auf Renaturierungsmassnahmen und Biotoppflege (→ Bergamini et al. 2019a).



Quelle: WBS

3.6 Moorschutz ist Klimaschutz

Durch die permanente Nässe enthalten torfbildende Moore organisches Material in grossen Mengen und unter Luftabschluss. Da der Atmosphäre laufend das klimarelevante Gas CO_2 entzogen wird, wirken sich Moore positiv auf die Bemühungen im Kampf gegen die Klimaveränderung aus. Global machen die Moore zwar nur 3 % der Landoberfläche aus, sie speichern aber 30 % des terrestrischen Kohlenstoffs – also mehr als alle Wälder. Dieser Faktor 10 gilt auch für die Schweiz, wo die kleine noch vorhandene Fläche an Moorböden im Torf so viel Kohlenstoff speichert wie alle Ackerböden zusammen (→ BAFU 2018a). Die heute zum Teil intensiv genutzten und entwässerten Moorböden lösen sich regelrecht in Luft auf und tragen zum Treibhauseffekt bei. Ohne Nutzungsänderung wird der noch vorhandene Kohlenstoffvorrat in genutzten organischen Böden in spätestens 200 Jahren vollständig oxidiert sein. Die für das nationale Treibhausgasinventar erhobenen Schätzungen gehen davon aus, dass die Emissionen aus entwässerten Moorböden etwa 14 % der jährlichen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Emissionen entsprechen. Eine Wiedervernässung bzw. Renaturierung von kultivierten Mooren und Feuchtstandorten bietet Potenzial zur Minderung von Treibhausgasemissionen.

Torfverbrauch in der Hobbygärtnerei sinkt

Der Abbau von Torf trägt zum Klimawandel bei und wirkt sich negativ auf die Biodiversität aus. In der Schweiz ist der Abbau von Torf verboten. Jährlich werden aber rund 500 000 m^3 Torf importiert. Um die Zerstörung von Mooren auch im Ausland zu verhindern, hat der Bundesrat 2012 das Torfausstiegskonzept verabschiedet. In einer ersten Phase sollen die Branchen mit freiwilligen Massnahmen aktiv werden.

Es zeigen sich erste Erfolge: In den Sackerden für Hobbygärtnerinnen und -gärtner wurde der Anteil von Torf zwischen 2016 und 2020 von 16 auf 4 % reduziert. Das zeigt: Die Absichtserklärung der Detailhändler und Erdenproduzenten zur Reduktion von Torf aus dem Jahr 2017 wirkt. Per Ende 2030 soll auch der Torfanteil in der Produktion von Zier- und Zimmerpflanzen, Stauden und Zierhölzern auf 5 % sinken.

4 Gewässer

In natürlichem Zustand bieten Fliess- und Stillgewässer vielfältige Lebensräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten und sind wichtige Vernetzungselemente. Doch viele dieser Lebensräume sind heute stark beeinträchtigt. In den letzten 150 Jahren wurde ein Grossteil unserer Bäche, Flüsse und Seen verbaut und 90 % der Feuchtgebiete und Kleingewässer trockengelegt. Auch die intensive Nutzung der Wasserkraft sowie Mikroverunreinigungen aus Siedlungen und Landwirtschaft beeinträchtigen die Gewässer. Auf vielen Strecken sind die Abflüsse geregelt und die Wanderungen der Fische und anderer Lebewesen durch künstliche Hindernisse beeinträchtigt. Das Gewässerschutzgesetz verlangt die Wiederherstellung von naturnahen Bächen, Flüssen und Seen. Grosser Handlungsbedarf besteht zudem bei der Revitalisierung von Quellen und der Erstellung eines funktionsfähigen Netzwerkes aus Kleingewässern.

Bedeutung der Gewässer für den Menschen

Naturnahe Flüsse, Bäche, Kleingewässer und Seen sind wichtige Elemente einer attraktiven Landschaft. Hier kann sich die Bevölkerung entspannen und erholen. Eine Umgestaltung kanalisierter Gewässer wird daher von der Bevölkerung stark unterstützt (→Arnold et al. 2009). Gewässer spielen auch im Tourismus eine entscheidende Rolle. Naturnahe Gewässer sind zudem von zentraler Bedeutung für den Abbau von Schadstoffen, für die Grundwasserreinigung, den Hochwasserschutz und die Regulation des Geschiebehaushalts.

4.1 Eng verzahnte Lebensräume

Natürliche Fliessgewässer bieten ein Mosaik aus schnell fliessenden Strecken, sandigen Buchten, Kiesbänken, Ufern und stehenden Altarmen. Natürlicherweise werden die meisten grösseren Gewässer in Talgebieten von Auenwäldern und Feuchtwiesen mit Tümpeln im Überschwemmungs- oder im Schwankungsbereich des Grundwassers flankiert. Viele Tierarten benötigen das enge Nebeneinander der verschiedenen Gewässerlebensräume; je nach Jahreszeit oder Lebensphase, manchmal sogar im Verlauf eines Tages, nutzen sie einen anderen Bereich.

Besonders artenreich sind die Auen: Im Übergangsbereich zwischen Land und Wasser ist das fliessende Wasser die landschaftsformende Kraft. Hochwasser und Perioden der Trockenheit, Erosion und Sedimentation erzeugen eine aussergewöhnliche Vielfalt an Lebensräumen, die von rund 40 % der heimischen Pflanzenarten und von 84 % unserer Tierarten genutzt werden (→ Rust-Dubié et al. 2006). Natürliche Ufer bieten nicht nur wertvolle Habitate, sie sind auch wichtige Verbindungselemente zwischen der Welt des Wassers und den Landlebensräumen im Einzugsgebiet der Gewässer. Viele Tierarten nutzen sowohl die Gewässer- als auch die Landlebensräume; sie bewegen sich ständig zwischen diesen Welten hin und her.

4.2 Das Ende der natürlichen Gewässerdynamik

Die Ausdehnung der Gewässer- und Uferlebensräume ist in den letzten 150 Jahren massiv zurückgegangen. Im 19. und frühen 20. Jahrhundert wurden schweizweit zahlreiche Gewässerkorrektionen durchgeführt. Ziel war der Hochwasserschutz und die Landgewinnung für eine stark wachsende Bevölkerung. Für die Menschen war die natürliche Dynamik der Gewässer nicht nur bedrohlich, sondern auch lästig. Bäche und Flüsse im Naturzustand verändern sich ständig. Sie nagen am Ufer und reissen Kulturland mit sich; sie brechen aus dem alten Bachbett aus und schaffen sich ein neues oder lagern die mitgeschleppten Gesteinsmassen auf dem Kulturland ab. Unbeliebt war auch die enge Verzahnung der Gewässer mit dem Umland in Form von Feuchtgebieten. Die Verbauung der Flüsse und Seen ermöglichte es, dieses Land mittels Gräben trockenzulegen und landwirtschaftlich zu nutzen.

Infolge der gesunkenen Grundwasserspiegel verschwanden unzählige, für die Biodiversität wertvolle Kleingewässer. Überall im Land wurden im Zuge von Meliorationen Feuchtgebiete drainiert, Tümpel und Weiher zugeschüttet und sporadisch mit Wasser gefüllte Mulden eingeebnet. Man betrachtete diese oft als «Landschäden», die es zu beheben galt. Damit wurden aber auch Lebensräume von Amphibien- und Libellenarten zerstört, die auf temporär austrocknende Tümpel angewiesen sind.

4.3 Intensive Nutzung der Gewässer

Ab Ende des 19. Jahrhunderts entstanden an den grossen Flüssen und in den Gebirgstälern die ersten Kraftwerke zur Produktion elektrischer Energie, die bald um Hunderte weiterer Anlagen ergänzt wurden. 2020 waren in der Schweiz 682 Wasserkraftwerke in Betrieb, die 50 bis 60 % des hierzulande produzierten Stroms liefern (→ BFE 2022). Energie aus Wasserkraft hat ökologische Vorteile, aber auch negative Auswirkungen auf die Gewässerökologie: Laufkraftwerke verwandeln Flüsse und Bäche in eine Abfolge von Seen. Wehre und Dämme stellen Hindernisse für Fische dar und halten Gesteinsmaterial zurück. Und auf den teils mehrere Kilometer langen Strecken zwischen der Wasserentnahme

und der Wasserrückgabe verbleibt oft nur ein Bruchteil des natürlichen Abflusses.

Unsere Gewässer nutzen wir auch zur Gewinnung von Trink- und Brauchwasser für die Landwirtschaft, das Gewerbe, die Industrie und den Tourismus. Neben Seen, Flüssen und dem Grundwasser zapft man seit Jahrhunderten auch Quellen an. Rund 40 % des hierzulande produzierten Trinkwassers und 50 % des Bewässerungswassers stammen aus Quellen (→ BAFU 2012a). Ihre Fassung geht allerdings mit ökologischen Verlusten einher.

4.4 Quellen

Kaum ein Lebensraum hat derart grosse Verluste erlitten wie die Quellen. Schon 1880 waren im Mittelland mehr als die Hälfte aller Quellen eingedolt (→ Zollhöfer 1997). Die Intensivierung der Landwirtschaft, die Ausdehnung der Siedlungsflächen und die intensive Nutzung der Quellen für Trink- und Brauchwasser haben in den letzten 140 Jahren zu weiteren Verlusten an natürlichen Offenland-Quellen und ihrer charakteristischen Pflanzen- und Tiergemeinschaft geführt (→ Quellen-Nachrichten 2013). Von den einst allgegenwärtigen Quellen befinden sich im Jura nur noch knapp 20 % und im Mittelland lediglich ca. 1,2 % in einem natürlichen oder naturnahen Zustand (→ Zollhöfer 1997).

Viele Quellbewohner sind eng an diesen Lebensraum gebunden und können nicht auf andere Lebensräume ausweichen. Der Verlust an intakten Quelllebensräumen kommt in den Roten Listen deutlich zum Ausdruck: Rund 70 % der Quellbewohner sind darin aufgeführt (→ Cordillot & Klaus 2011). Durch Trinkwassernutzung, Beschneiungsanlagen, Kraftwerke oder sonstige Bauvorhaben bleibt der Druck auf die letzten intakten Quellen hoch. Der Klimawandel dürfte die Situation zusätzlich verschärfen, insbesondere im Alpenraum. Einerseits wird in den trockenen Sommern der Nutzungsdruck steigen, andererseits drohen die kühlen Quellen der Alpen wärmer zu werden, was die Kältespezialisten unter Druck bringt (→ BAFU 2016). Sie können nicht in höher gelegene Gebiete ausweichen, weil die Zahl der Quellen mit zunehmender Höhe abnimmt. 87 % der untersuchten alpinen Quellen gelten als «stark verletzlich» (→ BAFU 2016).

Bedrohte Gewässerbewohner
Die starke Beeinträchtigung der Gewässer spiegelt sich in den Roten Listen wider. Besonders hohe Anteile an gefährdeten Arten weisen die Zehnfusskrebse (100 %), die Armleuchteralgen (87 %), die Amphibien (79 %) und die Fische/Rundmäuler (65 %) auf. Neun Fischarten gelten als ausgestorben, darunter alle Langdistanzwanderer (Lachs, Meerforelle, Maifisch, Cheppia, Europäischer Stör, Adriatischer Stör, Flussneunauge). Für viele der gefährdeten Fischarten hat sich die Situation seit der Publikation der Roten Liste (2007) verschärft (→ BAFU 2020b). So gilt etwa der Aal nicht mehr als «verletzlich», sondern als «vom Aussterben bedroht», und der Status der Äsche wurde von «verletzlich» zu «stark gefährdet» geändert. Nur gerade für drei Arten, darunter der Karpfen und der Wels, hat sich die Situation verbessert: Statt als «verletzlich» wie bisher gelten sie neu als «potenziell gefährdet».

Die Quelllebensräume der Schweiz sind erst in jüngerer Zeit in den Fokus der Naturschutzpolitik gerückt. Der Bund möchte gemeinsam mit den Kantonen das Wissen über die Lebensräume der Quellen verbessern. Im Rahmen eines 2019 gestarteten Pilotprojekts wird ein nationales Verzeichnis der Quelllebensräume angestrebt. Das BAFU hat dazu eine Anleitung zur systematischen Erhebung der Quelllebensräume erarbeitet, welche die bisherige gewässerökologische Bewertungsmethode durch die naturschutzfachlich ausgerichtete Einstufung in eine nationale, regionale und lokale Bedeutung des Lebensraums ergänzt (→ Küry et al. 2019).

4.5 Fliessgewässer

4.5.1 Verbaut und zerschnitten

Durch Kanalisierungen, harte Uferverbauungen, Schwellen, Stauwehre und Abflussregulierungen haben die Schweizer Fliessgewässer seit Mitte des 19. Jahrhunderts einen Grossteil ihrer natürlichen Lebensraumvielfalt eingebüsst. Rund ein Viertel der Fliessgewässerstrecken sind künstlich, stark beeinträchtigt oder eingedolt (→ BAFU 2006).

Neben Verbauungen beeinträchtigen starke Abflussschwankungen unterhalb von Speicherkraftwerken sowie regulierte Abflüsse unterhalb von Seen oder Flusskraftwerken die Gewässerlebensräume. Nach wie vor werden Bäche und Flüsse zeitweise trockengelegt, weil die Restwasserbestimmungen bei vielen Kraftwerken erst zum Tragen kommen, wenn diese ihre Konzessionen erneuern müssen. Die Vernetzung von unterschiedlichen Habitaten und Populationen ist auf diesen Strecken nicht überall gewährleistet. Zudem trennen rund 100 000 künstliche Hindernisse (Schwellen, Wehre, Dämme, Rampen usw.) die Gewässer in unzählige Teilstücke (Abb. 12) (→ BAFU 2006).

4.5.2 Belastungen durch Mikroverunreinigungen

Die Gewässerverschmutzung durch Gewerbe, Industrie sowie Siedlungen war in den 1960er-Jahren derart gravierend, dass viele Gewässer für tot erklärt wurden. Dank des Baus von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) hat sich die Wasserqualität seit den 1980er-Jahren erheblich verbessert. Heute gelangen wesentlich weniger Nitrat und Phosphor in die Gewässer (→ BAFU 2020e). Die Nährstoffbelastung in kleinen und mittelgrossen Fliessgewässern, in die grosse Mengen gereinigtes Abwasser eingeleitet werden oder zahlreiche Nährstoffe aus der Landwirtschaft gelangen, ist allerdings noch immer zu hoch.

Wasseramseln meiden beeinträchtigte Gewässer

Wasseramseln und Gebirgsstelzen sind eng an fliessende Gewässer gebunden. Dort ernähren sie sich vornehmlich von kleinen Spinnentieren, Wasserschnecken und Wasserinsekten. Auswertungen von Daten aus dem Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016 mit nationalen und kantonalen Monitoringprojekten zu Fliessgewässer-Invertebraten (vor allem BDM und NAWA) zeigen, dass die beiden Arten am häufigsten bei jenen Gewässern vorkommen, deren biologischer Zustand aufgrund der vorhandenen Artenvielfalt an Gewässerinsekten (Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen) als «sehr gut» gilt (→ Martinez et al. 2020). Die Wasseramsel erweist sich dabei als deutlich anspruchsvoller als die Gebirgsstelze: In Fliessgewässern mit unbefriedigender Qualität fehlt sie vollständig.

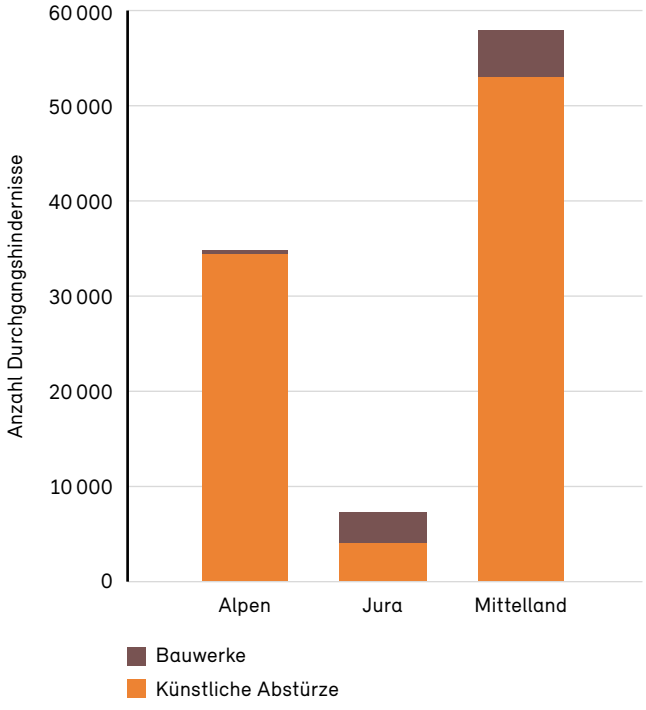
Insbesondere im stark genutzten Mittelland sind die Fliessgewässer durch Mikroverunreinigungen (z. B. von Medikamenten, Kosmetika, Bioziden, Pflanzenschutzmitteln) belastet. Diese Stoffe werden in vielen bestehenden ARA ungenügend eliminiert und gelangen über die ARA oder via diffuse Einträge (z. B. aus der Landwirtschaft oder über Regenwasserkanäle) in die Gewässer. Einige dieser Stoffe rufen bereits in tiefen Konzentrationen Schädigungen an Wasserorganismen hervor (→ Gesammelte Fachartikel 2015).

4.5.3 Zu viele Pestizide in kleinen und mittelgrossen Fliessgewässern

Vor allem die kleineren Flüsse und Bäche sind mit Pestiziden aus der Landwirtschaft stark belastet. An 21 von 24 NAWA-Messstellen wurden im Jahr 2020 bei kleinen und mittelgrossen Fliessgewässern Überschreitungen der ökotoxikologischen Grenzwerte von Pestiziden festgestellt. Bei 18 von 19 untersuchten Substanzen, die in

Abb. 12: Insbesondere im Mittelland teilen künstliche Hindernisse die Bäche und Flüsse in unzählige Teilstücke und behindern die Wanderung von Fischen.

** Gesamtschweizerische Hochrechnung auf Basis von kantonalen Erhebungen*



Quelle: BAFU

der Gewässerschutzverordnung mit ökotoxikologisch basierten Grenzwerten geregelt sind, wurden die Grenzwerte an mindestens einer Messstelle überschritten. Und von den rund 120 analysierten Pestiziden, für die kein ökotoxikologischer Grenzwert besteht, wurden 44 über dem generellen Grenzwert für Pestizide von 0,1 µg/l nachgewiesen – vorwiegend in kleinen und mittelgrossen Fliessgewässern. Für 20 dieser rund 120 Pestizide wurden Konzentrationen festgestellt, bei denen eine Beeinträchtigung von Wasserlebewesen nicht ausgeschlossen werden kann. Rund die Hälfte dieser 20 Pestizide ist ausschliesslich als Pflanzenschutzmittel zugelassen (→ BAFU 2022d).

Pestizide sind für Gewässerinsekten (Makrozoobenthos) eine besonders starke Gefährdung. In Gewässern, die einen hohen Anteil an Ackerland, Obstkulturen oder Reben im Einzugsgebiet haben, kommen Arten und Familien, die als besonders empfindlich gelten, nicht mehr vor (Abb. 13). Eine Auswertung von Makrozoobenthos-Daten aus kantonalen und nationalen Programmen an kleinen und mittelgrossen Bächen durch das Wasserforschungsinstitut der ETH (Eawag) bestätigt die starken Auswirkungen der Landwirtschaft. Diese hat den zweitgrössten Einfluss auf die Artenzusammensetzung der Gewässerinsekten in den Bächen (den grössten hat die Temperatur). In den grossen Flüssen hingegen sind hydrologische und morphologische Beeinträchtigungen die Hauptgründe für Defizite bei der Makrozoobenthos-Gesellschaft.

4.5.4 Mangelhafte ökologische Qualität

Untersuchungen zur Vielfalt von Gewässerinsekten im Rahmen des BDM und der NAWA dokumentieren den schlechten Zustand der Schweizer Fliessgewässer. In rund 30 % der Fliessgewässer muss aufgrund der niedrigen Artenvielfalt die Gewässerqualität als «mangelhaft» beurteilt werden; im Mittelland ist die Qualität gar in rund 40 % aller Fliessgewässer «mangelhaft» (→ BAFU 2022d). Demgegenüber weisen viele alpine Gewässer eine gute Qualität auf (Abb. 14). Allerdings deutet die Entwicklung der Gewässerinsekten seit 2010 auf eine zunehmende Verschlechterung in den Voralpen hin.

Die Lebensraumverluste und die mangelhafte ökologische Qualität vieler Flüsse und Bäche zeigen sich auch in den Roten Listen: Rund die Hälfte aller Fliessgewässer-Arten sind gefährdet. Selbst viele Fischbestände von einst weit verbreiteten Arten wie Forelle und Äsche mussten starke Rückgänge hinnehmen. Wurden im Jahr 2000 noch über 80 000 Äschen aus den Schweizer Fliessgewässern gezogen, waren es 2019 noch knapp 30 000 (→ BAFU 2019a).

4.5.5 Steigende Temperaturen verändern Artenzusammensetzung

Zu schaffen machen den wärmeempfindlichen Arten in den Fliessgewässern auch die steigenden Wassertemperaturen. Im Rhein bei Basel ist die durchschnittliche Temperatur vor allem aufgrund des Klimawandels seit den 1950er-Jahren um 3 °C angestiegen; eine ähnliche Veränderung wird auch in anderen Fliessgewässern im Mittelland festgestellt (→ BAFU/NADUF). Die Temperaturänderungen wirken sich auf die Entwicklung und Zusammensetzung der Wasserlebewesen aus. Wärmeliebende Arten profitieren, wärmeempfindliche Arten ziehen sich, wo dies möglich ist, zurück. So hat zum Beispiel die Bachforelle bereits mit einem Rückzug um 100 bis 200 Höhenmeter auf die Temperaturveränderung reagiert (→ BAFU 2012a).

Zahlreiche National Prioritäre Arten der Gewässerfauna (u. a. Eintags-, Stein- und Köcherfliegen, Fische, Muscheln, Stein- und Dohlenkrebs) gelten als wärmeempfindlich. Einer gut ausgebildeten Ufervegetation mit breitem Gehölzstreifen kommt deshalb eine wichtige Bedeutung zu: Sie bringt Schatten und Kühlung, ausserdem dient sie zur Abschirmung von intensiv genutzten Flächen und zur Strukturierung der Landschaft. Bei der Gestaltung der Ufervegetation ist aber auch den besonderen Standortansprüchen wichtiger Arten gehölzfreier Uferbereiche Rechnung zu tragen.

4.5.6 Massnahmen zur Aufwertung der Fliessgewässer

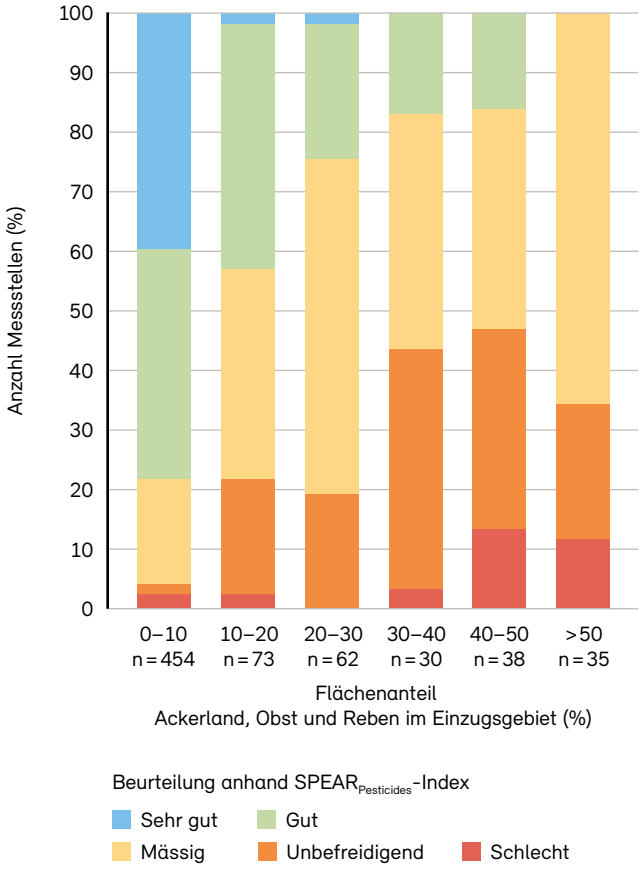
Das 2011 revidierte Gewässerschutzgesetz sieht vor, die natürlichen Funktionen der Bäche und Flüsse wiederherzustellen. In den nächsten 80 Jahren sollen Fliessgewässer auf einer Länge von 4000 Kilometern aus ihrem engen Korsett befreit und die für das Ökosystem typischen Prozesse wieder in Gang gebracht werden. Zwischen 2011 und 2019 wurden an Fliessgewässern 433 Projekte umgesetzt und insgesamt 156 Kilometer revitalisiert (→ BAFU 2021). Das revidierte Gesetz nimmt zudem die Wasserkraftwerke in die Pflicht: Bis 2030 muss deren ökologische Sanierung abgeschlossen sein. Mit baulichen Massnahmen soll nicht nur die Schwall-Sunk-Problematik

entschärft werden, sondern auch die Durchgängigkeit für Fische und andere Lebewesen sowie für das Geschiebe sichergestellt werden. Diese Massnahmen sind sehr wichtig, um den Biodiversitätsverlust abzubremsen, und sie werden angesichts der schnellen klimatischen Veränderungen immer dringlicher.

Um das Problem der Mikroverunreinigungen zu reduzieren, werden die grössten ARA und solche an belasteten Gewässern sowie im Einzugsgebiet von Seen mit einer vierten Reinigungsstufe ausgerüstet. Dadurch wird die Gesamtbelastung durch Mikroverunreinigungen aus ARA deutlich sinken. 2017 hat der Bundesrat zudem einen Aktionsplan zur Risikoreduktion und zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) verabschiedet. Dieser umfasst rund 50 Massnahmen und soll die mit PSM verbundenen Risiken halbieren. Aufgrund der parlamentarischen Initiative 19.475 «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» hat der Bundesrat im April 2022 ein Verordnungspaket für sauberes Trinkwasser und eine nachhaltigere Landwirtschaft verabschiedet. Ziel ist es, das Risiko beim Einsatz von Pestiziden bis 2027 um 50 % und die Nährstoffverluste in der Landwirtschaft bis 2030 um mindestens 20 % zu reduzieren.

Abb. 13: Je höher der Anteil Ackerland, Obst und Reben im Einzugsgebiet, desto schlechter die Bewertung anhand des $SPEAR_{Pesticides}$-Index

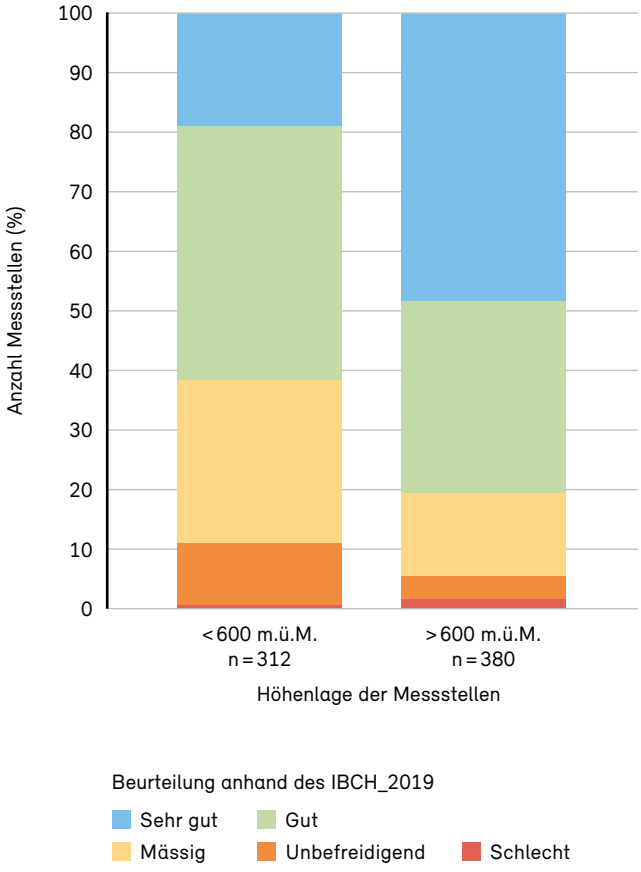
Dargestellt sind jeweils die neusten Daten pro Stelle aus den NAWA- und BDM-Kampagnen.



Quelle: BAFU 2022d

Abb. 14: Viele alpine Gewässer weisen eine gute ökologische Qualität auf.

In den tiefen Lagen (unterhalb von 600 m ü. M.) hingegen ist die Qualität in vielen Gewässern mangelhaft (umfasst die Kategorien «mässig», «unbefriedigend» und «schlecht»).



Quelle: BAFU 2022d

4.6 Auen

Auen waren einst weit verbreitet in der Schweiz, doch die systematische Verbauung der Gewässer sowie Abfluss- und Pegelregulierungen brachten einen Grossteil dieser artenreichen Lebensräume zum Verschwinden: Seit 1850 wurden rund 90 % der Auen zerstört (→ Müller-Wenk 2004). Die wertvollsten verbliebenen Auen der Schweiz stehen seit 1992 unter Schutz. Das Aueninventar umfasst 326 Objekte von nationaler Bedeutung.

Viele Auen des Inventars haben jedoch grossen Aufwertungsbedarf. Ein Bericht zu Stand und Handlungsbedarf des Aueninventars kam 2020 zum Schluss, dass 14 % der Objekte (46) sich in schlechtem ökologischem Zustand befinden. Weitere 48 % (155 Objekte) weisen einen mittleren Zustand auf (→ BAFU 2020a). Damit benötigt über die Hälfte der Auengebiete von nationaler Bedeutung eine Aufwertung. In vielen Fällen wird die Gewässerdynamik durch Dämme oder durch ein verändertes Abflussregime eingeschränkt und der Geschiebehaushalt ist beeinträchtigt. Auch lokale Eingriffe wie Aufschüttungen, Entwässerungen und der Kiesabbau tragen zur Wertverminderung von Auenlebensräumen bei. Gemäss der Auenverordnung sind die Kantone verpflichtet, die inventarisierten Auen zu schützen, ihre natürliche Dynamik, wo nötig, wiederherzustellen und die Nutzungen im Einklang mit den Schutzzielen zu regeln. Im Jahr 2021 waren diese Auflagen nur bei 21 % der Inventarobjekte vollständig umgesetzt (→ BAFU 2022e).

Seit 2011 werden der Zustand und die Entwicklung der Auen von nationaler Bedeutung im Rahmen der WBS erfasst. Der Vergleich mit historischen Aufnahmen zeigt, dass sich die alpinen Schwemmebenen und Gletschervorfelder bezüglich Gehölzdeckung und Wasserfläche kaum verändert haben (→ Bergamini et al. 2019b). Diese Auen auf alpiner Stufe sind grösstenteils in einem guten Zustand. Für Fluss-, Delta- und Seeauen lassen sich noch keine Trends aufzeigen, weil Vergleichsdaten fehlen. Eine Auswertung der floristischen Erhebungen gibt aber Hinweise auf den Zustand dieser Biotope. Sie offenbart beträchtliche regionale Unterschiede: Die Auen des Juras und der westlichen Zentralalpen sind am dynamischsten, während die Auen des Mittellandes, wo überdurchschnittlich viele Gewässer verbaut sind, die geringste Dynamik aufweisen.

4.7 Kleine Stillgewässer

Unsere Landschaften waren einst mit einer Vielzahl von Kleingewässern und Feuchtstellen ausgestattet, die vom Grund- und Regenwasser sowie aus Bächen, Flüssen und Seen gespeist wurden. In den letzten 150 Jahren wurde schweizweit ein Grossteil der Feuchtgebiete trockengelegt oder zugeschüttet, hauptsächlich im Agrarland, aber auch in den Wäldern der Tallagen. Eine Studie zeigt, dass im Kanton Zürich die Fläche der Feuchtgebiete zwischen 1850 und 2000 um über 90 % abnahm (→ Gimmi et al. 2011). Und die Verluste gehen weiter: Verbesserte Entwässerungssysteme und Siedlungserweiterungen halten den Druck auf die kleinen Stillgewässer hoch.

Obschon unscheinbar, sind Kleingewässer lebenswichtig für viele seltene und bedrohte Arten, insbesondere Amphibien, Libellen und Wasserpflanzen (→ BAFU 2023). Studien zeigen, dass Kleingewässer in ihrer Summe genauso viel zum regionalen Artenpool beitragen wie Flüsse, Bäche und Seen. Bezüglich der Feuchtgebietspflanzen und der Makroinvertebraten (Insekten, Flohkrebse, Milben, Muscheln, Schnecken etc.) fällt ihr Beitrag gar am höchsten aus (→ Davies et al. 2007). Ausserdem tragen sie zur Vernetzung zwischen anderen Gewässerhabitaten bei.

Um die Populationen in den Biotopen von nationaler Bedeutung langfristig erhalten zu können, bedarf es neben der Aufwertung der Biotope auch einer guten Vernetzung mit Populationen aus umliegenden Gewässern. Die Vernetzung ist für das Überleben der Arten, für deren Nahrungssuche, deren Fortpflanzung oder den Schutz vor Störungen zentral. Wie wichtig sie ist, zeigt beispielsweise eine Auswertung von Daten aus dem WBS-Programm (→ Cruickshank et al. 2020). In den 178 untersuchten Biotopen von nationaler Bedeutung stellten die Forschenden einen starken Zusammenhang zwischen der Präsenz der Arten sowie der Grösse der Populationen und ihrer Konnektivität mit Populationen in benachbarten Biotopen (im Radius von 5 km) fest. Für die Zukunft der Amphibien wird es also entscheidend sein, dass nicht nur die Knotenpunkte (Biotopen von nationaler Bedeutung), sondern die gesamte ökologische Infrastruktur gestärkt und ausgebaut wird.

Von besonderer Bedeutung sind Kleingewässer für die Amphibien: Je nach Typ, Standort und Beschaffenheit

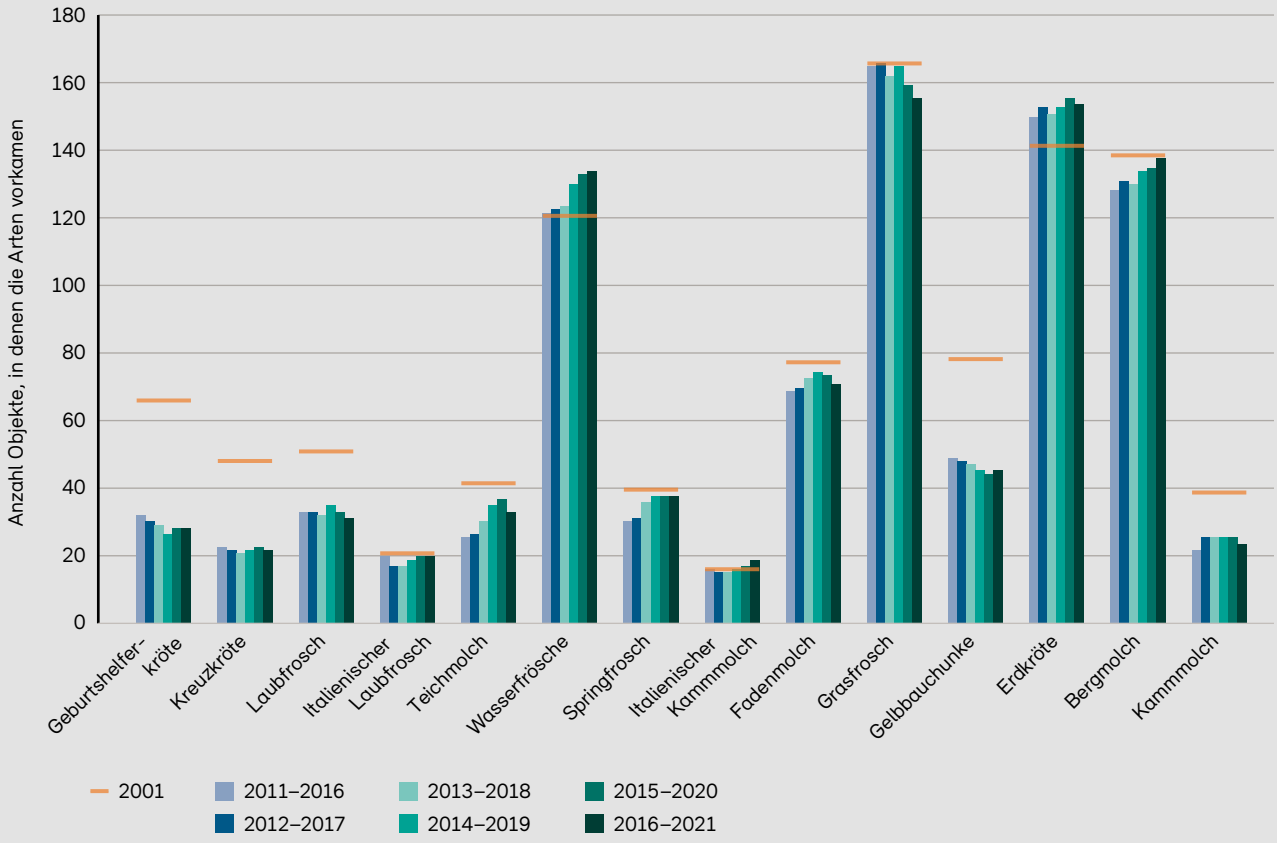
Amphibien sind weiterhin unter Druck

Die flächendeckende Entwässerung der Landschaft führte zu enormen Verlusten bei den Amphibien: Von den 19 in der Schweiz evaluierten Arten stehen 15 (79 %) auf der Roten Liste (→ BAFU 2023). Um die gefährdeten Amphibien zu schützen, hat der Bund 2001 das Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (IANB) und die dazugehörige Verordnung erlassen. Das Inventar bezeichnet die bedeutendsten 929 (der ca. 14 500 bekannten) Fortpflanzungsgebiete und beauftragt die Kantone, für deren Schutz und Unterhalt zu sorgen. Mit dem Inventar verfolgt der Bund das Ziel, die Amphibienbestände langfristig zu erhalten, zu fördern oder wiederherzustellen. Die Inventarobjekte sollen zudem als Ausbreitungszentren dienen.

Die WBS prüft, ob die Biotope die gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Ein Vergleich der aktuellen Vorkommen von Amphibien in 240 Objekten mit den Daten aus den frühen 1990er-Jahren zeigt, dass im Durchschnitt mindestens eine Art pro Amphibienlaichgebiet verschwand (→ Bergamini et al. 2019b). Eine hohe Zahl, wenn man bedenkt, wie wenige Amphibienarten im Durchschnitt pro Objekt zur Zeit der Inventarisierung vorkamen (weniger als sechs Arten). Am deutlichsten zurückgegangen sind die stark gefährdeten Arten, die auf saisonal austrocknende Gewässer angewiesen sind: etwa die Kreuzkröte oder die Gelbbauchunke. Vergleiche der letzten Erhebungen zeigen aber, dass sich der generelle Rückgang der Amphibien in den letzten zehn Jahren deutlich verlangsamt hat, teilweise haben die Arten sogar zugenommen (Abb. 15). Die Bestände der beiden stark gefährdeten Arten Geburtshelferkröte und Gelbbauchunke gehen aber weiterhin zurück, und viele gefährdete Arten konnten ihre grossen Verluste der letzten Jahrzehnte noch längst nicht kompensieren.

Abb. 15: Entwicklung der Anzahl untersuchten IANB-Objekte, in denen eine Amphibienart vorkommt

Der Zustand bei Inkrafttreten des Inventars der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (2001) ist mit einer orangen Linie markiert.



Quelle: WBS

beherbergen sie unterschiedliche Arten: In wasserdurchflossenen, etwas kühleren Weihern finden Arten wie Bergmolch, Erdkröte und Grasfrosch ideale Bedingungen, während wärmere Weiher gern vom Kammmolch, Teichmolch oder Laubfrosch besiedelt werden. Pionierarten wie die Kreuzkröte und die Gelbbauchunke sind auf regelmässig austrocknende Kleingewässer (Tümpel) oder Kleinstgewässer (Pfützen) angewiesen.

Im Schnitt gibt es heute in der Schweiz nur noch acht Teiche oder Tümpel pro zehn Quadratkilometer (→ Oertli & Frossard 2013); in Regionen mit intensiver Landwirtschaft findet sich auf der gleichen Fläche kaum noch ein Kleingewässer. Grosse Defizite gibt es insbesondere bei den temporären Gewässern. Um die Biodiversität erhalten zu können, muss die Gewässerdichte deutlich erhöht werden. Die mittlere Distanz von einer zur nächsten Feuchtfläche beträgt im Mittelland heute 350 Meter (1850 waren es 100 m) (→ Gimmi et al. 2011). Das langfristige Ziel der Amphibienförderung ist es, einen Verbund aus Gewässern zu schaffen, in welchem durchschnittlich alle 250 Meter ein Gewässer liegt. Von einem solchen Gewässernetz würden viele weitere Tierarten profitieren.

4.8 Seen

4.8.1 Reguliert und verbaut

Die Schweiz ist ein seenreiches Land mit rund 1700 natürlichen und künstlichen Seen, welche eine Fläche von mindestens 0,5 Hektaren aufweisen. In den Ufer- und Flachwasserzonen von Seen prallen Schutz- und Nutzungsinteressen besonders stark aufeinander. So sind die Ufer zahlreicher Schweizer Seen mit Hafenanlagen und Ufermauern verbaut. Am Genfersee etwa sind nur noch knapp 3 % des 200 Kilometer langen Ufers in einem natürlichen Zustand; über 60 % sind komplett künstlich (Mauern, Blockwürfe). Am Bodensee, Vierwaldstättersee und Ägerisee sind je 50 % der Ufer verbaut (→ BAFU 2018b). Befestigungen führen zu einer scharfen Grenze zwischen Wasser und Land. Fliessende Übergänge zwischen Wasser- und Landlebensräumen wurden zerstört, wodurch die in diesem Bereich natürlicherweise hohe Vielfalt an Lebensräumen und Arten drastisch abnimmt. So kann sich zum Beispiel der ökologisch besonders wertvolle Schilfsaum kaum ausbilden. Auch die unverbauten Ufer sind grösstenteils nicht mehr in einem natürlichen Zustand. Landwirtschaftlich genutzte Flächen reichen oft dicht bis an das Seeufer heran. Und in vielen Seen gibt es kaum Pegelschwankungen. Rund 85 % der grössten Schweizer Seen sind reguliert.

4.8.2 Steigende Wasserqualität – zu wenig Sauerstoff

Während die Stickstoffeinträge in den letzten rund 20 Jahren konstant geblieben sind, ist in den meisten grösseren Seen die Phosphorkonzentration seit den 1980er-Jahren auf ein naturnahes Niveau gesunken. Neben dem flächendeckenden Ausbau der Abwasserreinigung hat auch das 1985 eingeführte Phosphatverbot für Textilwaschmittel zur Reduktion dieser Belastung beigetragen. Einzelne grössere Seen sind allerdings noch immer zu stark mit Phosphor belastet und somit weiterhin überdüngt. Sie liegen in Gebieten mit intensiver Viehmast (z. B. Baldeggersee) oder in dicht besiedelten Regionen (z. B. Greifensee). Die Seeüberdüngung begünstigt übermässiges Algenwachstum. Müssen in einem See viele Algen abgebaut werden, wird dadurch im Tiefenwasser der Sauerstoff aufgezehrt. Der Sauerstoffmangel wirkt sich negativ auf die Artenzusammensetzung in den Seen aus: So sind während der Überdüngungsphase häufig jene Fische ausgestorben, die ans Leben in grossen Tiefen angepasst waren.

Zurzeit erfüllen gut 60 % der grösseren Schweizer Seen den Grenzwert von 4 Milligramm Sauerstoff pro Liter nicht (z. B. Greifensee) oder nur dank künstlicher Belüftung (z. B. Sempachersee) (→ BAFU 2022d). Obwohl sich die Wasserqualität in vielen Fällen als Folge der abnehmenden Phosphorbelastung verbessert hat, erholt sich die Sauerstoffversorgung im Tiefenwasser nur langsam. Bei den von den Kantonen untersuchten Kleinseen erreichen nur rund zwei Drittel einen naturnahen Zustand bezüglich Nährstoffen. In tieferen Lagen weist gar die Hälfte der Kleinseen eine zu hohe Belastung auf und ist überdüngt. Hauptverantwortlich dafür sind die hohen Einträge von Nährstoffen aus der Landwirtschaft.

4.8.3 Klimawandel reduziert Lebensräume

Aber auch in den grösseren Seen, die sich erholt haben, kann aufgrund des Klimawandels die Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser wieder abnehmen. Kühlt das Oberflächenwasser in einem milden Winter nicht genügend ab, kann sich die warme und sauerstoffreiche Oberfläche

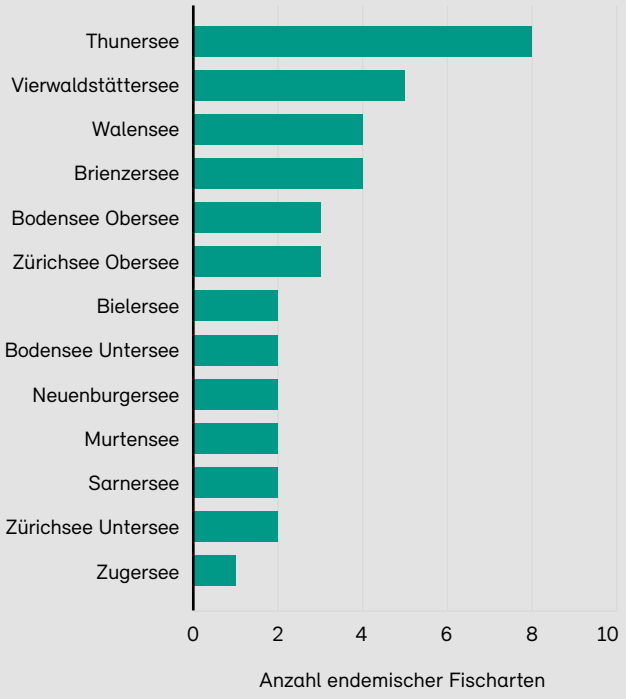
kaum mehr mit dem kalten, sauerstoffarmen Tiefenwasser austauschen. Dieses Phänomen wurde bereits im Bodensee, im Zürichsee und im Genfersee beobachtet. Eine ungenügende Sauerstoffversorgung des Tiefenwassers führt dazu, dass Lebensraum für Fische verlorengeht. In den Tiefen des Bodensees etwa sind Blaufelchen oder Tiefensaiblinge auf eine ausreichende Sauerstoffkonzentration an ihren Laichplätzen angewiesen; nur dann können sich die Eier dieser Arten erfolgreich entwickeln.

Die Zirkulation der Seen wird sich voraussichtlich weiter verschlechtern. Simulationen im Rahmen des Forschungsprojekts «Klimawandel am Bodensee» etwa haben ergeben, dass eine gute Durchmischung des Sees bis zu seiner grössten Tiefe in 254 Metern immer seltener wird (→ IGKB 2015). Berechnungen zur Wasserqualität zeigen, dass die Sauerstoffkonzentrationen im Tiefenwasser künftig deutlich abnehmen und kritische Werte erreichen könnten.

Endemische Fischarten verschwinden

Die Überdüngung der Seen zwischen 1950 und 1990 hat zu grossen Verlusten bei den Fischarten geführt. Besonders betroffen sind die Felchen, die sich nach der Eiszeit in unseren Seen entwickelt haben und nur dort vorkommen (endemische Fischarten, Abb. 16). Eine Untersuchung in 17 Schweizer Seen hat nachgewiesen, dass in den letzten 60 Jahren die Zahl der Felchenarten pro See um durchschnittlich 38 % zurückgegangen ist (→ Vonlanthen et al. 2012). Verschiedene Arten konnten sich nur in den tiefen Alpenrandseen wie dem Brienzersee oder dem Vierwaldstättersee halten, welche von der übermässigen Nährstoffzufuhr weniger stark betroffen waren. Aber auch sie erlitten (genetische) Verluste. Weil viele dieser Seen am Grund und im tiefen Wasser kaum noch Sauerstoff enthielten, fehlten Nischen für Spezialisten, die in grösseren Tiefen fressen oder sich fortpflanzen. Diese Spezialisten mussten in seichteres Wasser ausweichen. Dort kreuzten sie sich mit verwandten Arten und verloren innert weniger Generationen ihre genetische und funktionale Einzigartigkeit (bestimmte Laichzeiten, Ernährungsweisen etc.). Es fand also eine «Umkehr der Artentstehung» statt – ein Artensterben.

Abb. 16: Anzahl endemischer Fischarten, die nur in bestimmten Schweizer Seen vorkommen



Quelle: Alexander & Seehausen 2021

5 Wald

Die jahrhundertelange forstwirtschaftliche und landwirtschaftliche Nutzung der Wälder hat die natürliche Dynamik sehr eingeschränkt. Der heutige Wald ist dank der nachhaltigen Waldbewirtschaftung zwar auf einem Grossteil der Fläche ein relativ naturnahes Ökosystem, er unterscheidet sich aber dennoch deutlich von den ursprünglichen Urwäldern. Dies hat Auswirkungen auf die Artenvielfalt. Defizite bestehen stellenweise bei den tot- und altholzreichen Entwicklungsphasen des Waldes und beim Anteil lichter Bestände. Andererseits haben die verschiedenen forstwirtschaftlichen Traditionen wie Mittel- und Niederwälder, Selven oder lichte Wälder auch zahlreiche Lebensräume geschaffen, die einen hohen Wert für die Biodiversität haben. Bund und Kantone ergreifen Massnahmen, um die gesamte Biodiversität des Waldes zu erhalten und zu fördern. Dazu gehören die Einrichtung von Waldreservaten und die Totholzförderung durch Altholzinseln und geschützte Habitatbäume. Zusammen mit der aktiven Förderung von Waldrändern und Waldlebensräumen bieten diese Massnahmen auch in bewirtschafteten Wäldern wichtige Lebensräume und vernetzen ökologisch wertvolle Waldbestände untereinander.

Bedeutung des Waldes für den Menschen

Der Wald ist nicht nur Lebensraum von zahlreichen Tier-, Pflanzen- und Pilzarten. Er schützt den Menschen und seine Infrastrukturen vor Naturgefahren, sorgt für saubere Luft, reinigt Wasser und produziert den nachwachsenden Rohstoff Holz, der zum Bauen oder als Energieholz genutzt wird. Zudem ist der Wald ein wertvoller Freizeit- und Erholungsraum. In Randregionen erweist er sich als wichtiger Wirtschaftsfaktor. Für die grosse Mehrheit der Bevölkerung hat der Wald viel mit Heimat zu tun, wie eine Umfrage gezeigt hat (→BAFU 2022b). Die Multifunktionalität des Waldes muss bei der Waldbewirtschaftung, bei der forstlichen Planung sowie der Ausgestaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden.

5.1 Der Wald in seinem Naturzustand

Zu den auffälligsten Merkmalen eines typischen Urwaldes gehören grosse dicke Bäume, ein hoher Anteil an liegenden oder stehenden toten Bäumen sowie viel vermoderndes Holz am Boden. An den abgestorbenen Baumstämmen wachsen die verschiedensten Pilz- und Flechtenarten. In den umgestürzten und halb vermoderten Bäumen, die kreuz und quer am Boden liegen, leben unzählige Larven von totholzbewohnenden Käferarten. Spechte bauen ihre Höhlen in abgestorbene Bäume. In alten Spechthöhlen und in natürlichen Höhlen alter Bäume wohnen zahlreiche Fledermausarten.

Die Verjüngung im Urwald findet meist kleinflächig sowie zeitlich und örtlich gestaffelt statt. Dies führt zu einem wechselnden Mosaik von Entwicklungsphasen und einem Nebeneinander verschiedener Baumgenerationen. Auf lichten Flächen, die umgestürzte Baumriesen geschlagen haben, wachsen Keimlinge oder bereits Jungwuchs. Urwälder sind also alles andere als monoton. Grössere homogene Bestände mit gleichaltrigen Bäumen sind selten und meist eine Folge von grossflächigen Naturereignissen (z. B. Stürme, Waldbrände, Lawinen).

5.2 Verschiedene Waldlebensräume

Im ehemaligen Waldland Schweiz machen Waldarten einen beachtlichen Teil der Biodiversität aus: Von den in der Schweiz vorkommenden Tier- und Pflanzenarten leben rund 40 % im oder vom Wald. Etwa die Hälfte der Arten, die als national prioritär eingestuft wurden, lebt im Wald. Die grosse Vielfalt an Höhenlagen, Expositionen, klimatischen Verhältnissen, Niederschlagsmengen, geologischem Untergrund und Böden haben zahlreiche verschiedene Waldlebensräume entstehen lassen. Insgesamt können 121 Waldlebensräume mit zahlreichen Untertypen unterschieden werden.

Ursprünglich waren drei Viertel der Schweiz mit Wald bedeckt. Ab dem frühen Mittelalter begannen Klöster und Dorfgemeinschaften damit, den Wald aufzulichten. Bis weit ins 19. Jahrhundert wurde der Wald intensiv genutzt. Er diente nicht nur als Brenn- und Bauholzlieferant, sondern war ein wichtiger und unverzichtbarer Bestandteil des bäuerlichen Lebens- und Produktionsraums (Waldweiden, Futter für Nutztiere, Ackerbau im Wald, Streulieferant) (→ Stuber & Bürgi 2011). Die Holzproduktion war lange Zeit die mit Abstand wichtigste Funktion des Waldes. Dabei wurden einige wenige Baumarten wie die Fichte einseitig gefördert, was sich bis heute in den Beständen zeigt. Vor allem im Mittelland wurden feuchte Wälder mithilfe von Abzugsgräben entwässert. Dadurch ging Lebensraum für Amphibien und viele andere Arten verloren. Diese Wälder wurden dadurch zu einem lichtdurchfluteten Lebensraum mit wenig Totholz und wenigen alten Bäumen. Für lichtliebende Arten sind solche Wälder sehr günstig; die Urwaldarten aber finden darin kaum noch eine Lebensgrundlage.

Heute, 150 Jahre nach dem ersten Waldgesetz (1876), haben sich die übernutzten Wälder dank des Prinzips der Nachhaltigkeit bei der Holznutzung, dem Rodungsverbot und des naturnahen Waldbaues wieder aufgebaut. Diese insgesamt positive Entwicklung führt jedoch dazu, dass lichte Wälder selten geworden sind, während das Alt- und Totholz zunimmt. Die Schweiz ist heute zu einem Drittel mit Wald bedeckt – Wälder, die durch eine jahrhundertelange Koexistenz mit dem Menschen geprägt sind, mit positiven sowie negativen ökologischen Auswirkungen.

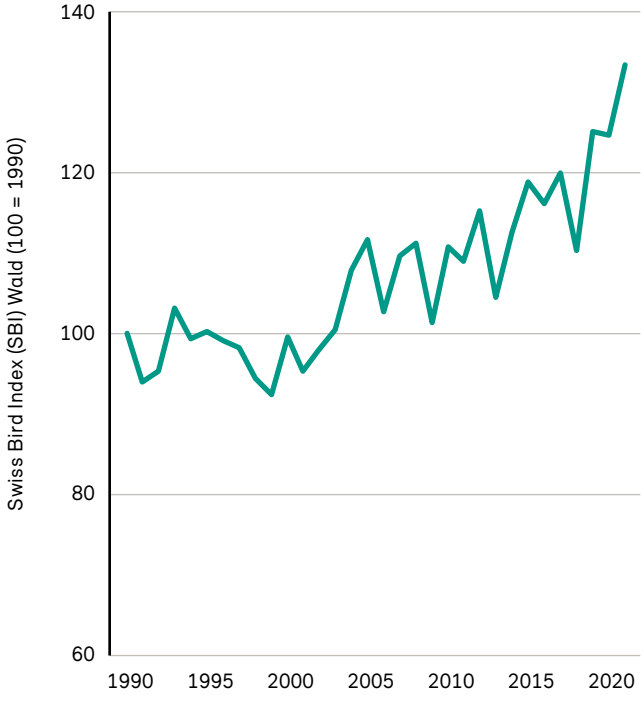
Seit drei Jahrzehnten messen Bund und Kantone den Wert des Waldes nicht mehr nur an der Holzernte, sondern auch am hohen Baumalter, am Totholzreichtum, am Anteil heimischer Baumarten und an der Strukturvielfalt. Insgesamt nimmt die biologische Qualität der Wälder zu.

5.3 Anspruchsvolle Lebensraumspezialisten

Das BDM dokumentiert seit 2001 unter anderem die Entwicklung weit verbreiteter Arten von ausgewählten Tier- und Pflanzengruppen im Wald. Die Bestände der erfassten Gefässpflanzen sind über diese Zeit stabil geblieben, und zwar in allen Höhenstufen (→ BDM 2020). Bei den waldtypischen Moos- und Molluskenarten ist die durchschnittliche Anzahl sogar gestiegen (seit 2001 +1,5 bzw. +3 Arten pro Messfläche) (→ BDM 2020). Rund 80 % der Waldpflanzenarten gelten als ungefährdet (→ BAFU 2023). Damit ist der Anteil an gefährdeten Arten deutlich tiefer als in anderen Lebensräumen. Bedrohte Pflanzenarten sind vor allem auf lichte Waldbestände angewiesen.

Abb. 17: Artenvielfalt im Wald gemäss Swiss Bird Index der Vogelwarte Sempach (SBI) für den Wald

Der SBI zeigt bei den Waldvögeln seit 1990 insgesamt steigende Bestände (→ Knaus et al. 2021a).



Quelle: Schweizerische Vogelwarte

Die Vogelarten des Waldes zeigen insgesamt eine Zunahme (Abb. 17) (→ Knaus et al. 2021a). Der Anteil an gefährdeten Brutvogelarten des Waldes ist mit 15 % deutlich tiefer als im gesamtschweizerischen Durchschnitt, der bei 40 % liegt (→ Knaus et al. 2021b). Die Bestandstrends von Vogelarten, die auf Tot- und Altholz angewiesen sind (v. a. Spechte), verlaufen positiv (→ Knaus et al. 2018).

Bei Organismengruppen wie Schnecken, Käfern (siehe Box S. 51), Flechten, Moosen und Grosspilzen (siehe Box S. 52) sind sehr viele Arten auf alte und dicke Bäume und grosse Mengen von anstehendem und liegendem Totholz angewiesen. Ein grosser Teil davon ist bedroht. Anderen Arten fehlen feuchte Wälder mit Weihern und Tümpeln, gestufte und vielfältige Waldränder sowie offene Wälder, bei denen die Sonne zumindest stellenweise den Waldboden erreicht.

Der Schweizer Wald wird flächendeckend gemäss den Vorgaben des naturnahen Waldbaus bewirtschaftet. Fast alle Wälder sind aber im selben mittleren Sukzessionsstadium (Abb. 18), wo jene Entwicklungsphasen dominieren, in denen der Wald einerseits bereits schattig ist und andererseits noch nicht über einen grossen Vorrat an Alt- und Totholz (siehe unten) verfügt. Damit das Artenspektrum eines Waldes langfristig erhalten bleibt, braucht es die Fortführung und Weiterentwicklung von Massnahmen, welche die unterrepräsentierten Stadien der Waldentwicklung in der gesamten Waldbewirtschaftung fördern. Langfristig wirkende Prozessschutzmassnahmen wie Waldreservate und Altholzinseln sind daher auf die Kontinuität in der Planung und Umsetzung besonders angewiesen.

5.4 Gedüngter Wald

Stickstoffeinträge über die Luft stellen einen der wichtigsten Treiber des weltweiten Biodiversitätsverlustes dar (→ Sala et al. 2000). Die Überdüngung von Lebensräumen führt zu einer Homogenisierung der Artenvielfalt (→ Roth et al. 2013): Die Zusammensetzung von Artengemeinschaften gleicht sich immer mehr an, zulasten von Arten, die sich auf wenige Nährstoffe spezialisiert haben. Der Schweizer Wald bleibt nicht davon verschont:

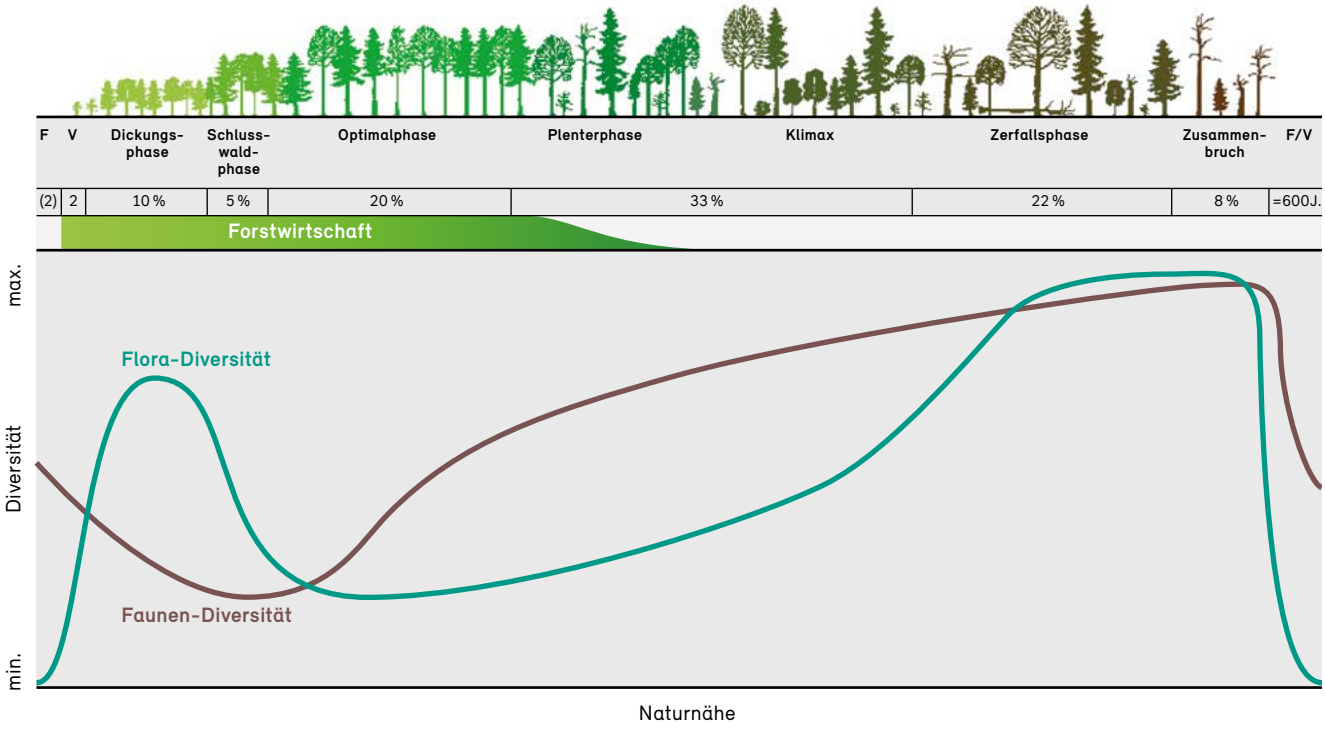
Vielen tot- und altholzbewohnenden Käferarten fehlt die Lebensgrundlage

In unseren Wäldern leben attraktive und spektakuläre Käferarten, die massgeblich an der Zersetzung von Holz und damit am Nährstoffkreislauf beteiligt sind. Sie sind auf Ressourcen angewiesen, die sich nur langsam erneuern und selten im Wirtschaftswald sind: alte, absterbende Bäume mit dicken, toten Ästen und Höhlen, stehende tote, dicke Bäume, am Boden liegende Stämme und dicke Äste. Von grösster Bedeutung sind Mikrohabitate an den lebenden Bäumen, die den Käfern als Schutz-, Brut-, Überwinterungs- oder Nahrungsstätten dienen. Bäume mit Höhlen, Stammverletzungen, Totholz in den Baumkronen, Wucherungen oder einem Bewuchs mit Efeu bieten Lebensraum für eine Vielzahl spezialisierter Arten. Insgesamt wurden fast 50 Typen von Baummikrohabitaten (unterteilt in 15 Gruppen und 7 Formen) beschrieben (→ Bütler et al. 2020).

Doch die einheimischen totholzbewohnenden Käferarten der Schweiz sind stark bedroht, wie die Erhebungen zur entsprechenden Roten Liste gezeigt haben: Rund 46 % der 256 eingestuften Käferarten sind gefährdet, weitere 18 % potenziell gefährdet (→ Monnerat et al. 2016). Zwei Arten sind bereits ausgestorben, 31 Arten sind nur noch mit wenigen Beständen oder Individuen in der Schweiz vertreten und stehen also kurz vor dem Aussterben. Die Holzkäferarten sind vor allem im Mittelland unter Druck. Erfreulich ist die gemäss dem Landesforstinventar in den letzten Jahrzehnten festgestellte Zunahme des Totholzvolumens und der Anzahl dicker Bäume sowie der Arten- und Strukturvielfalt der Waldränder im Schweizer Wald.

Abb. 18: Die Biodiversität im Wald ist ausserhalb der für die Forstwirtschaft interessanten «Optimalphase» am höchsten.

Im Schweizer Wirtschaftswald fehlen lichte sowie biomassereiche, struktur- und totholzreiche Stadien (Klimax, Zerfallsphase) der Waldsukzession.



Quelle: verändert nach Scherzinger, 1996

F = Freifläche / V = Verjüngung

Stickstoffeinträge über die Luft wirken sich auch auf die Pflanzenvielfalt der Kräuter aus und machen sogar die Bäume anfälliger für Stürme. Eine Untersuchung in Waldreservaten in ganz Europa hat gezeigt, dass jene Arten, die mit relativ wenigen Nährstoffen im Boden auskommen und meist nicht weit verbreitet sind, in den vergangenen Jahrzehnten aus vielen Flächen verschwunden sind (→ Staude et al. 2020). Als Hauptursache wurden in weiten Teilen Europas die chronischen und exzessiven Stickstoffeinträge vor allem aus der Landwirtschaft identifiziert. Pflanzenarten, die nährstoffreiche Böden bevorzugen, wie etwa die Brombeere, haben sich hingegen ausgebreitet. Auch in den Kulturwäldern des Mittellandes wurden deutliche Veränderungen der Pflanzenvielfalt registriert, die auf die zunehmende Lichtarmut und die Erhöhung des Nährstoffangebots durch Stickstoffeinträge aus der Luft zurückzuführen sind (→ Braun et al. 2012).

Die Stickstoffdüngung des Waldes über die Luft führt auch dazu, dass lichte Wälder und Sonderstandorte wie Felsflühe und Felsfluren, Block- und Blockschutthalden sowie Geröllflächen in Auenwäldern, die unter anderem für Reptilien wichtig sind, zuwachsen. Solche Standorte können durch forstliche Eingriffe gezielt und mit verhältnismässig wenig Aufwand gefördert werden.

Waldpilze benötigen alte Baumbestände

Fast drei Viertel der rund 3000 Pilzarten, die für die Rote Liste der Grosspilze der Schweiz evaluiert wurden, leben im Wald. Der naturnahe Waldbau hat dazu geführt, dass die an den Wald gebundenen Pilze ein deutlich weniger grosses Gefährdungsrisiko haben als Arten ausserhalb des Waldes (→ Senn-Irlet et al. 2007). Die stark dezimierten Moore beherbergen beispielsweise nur 2 % der Pilzarten, dafür handelt es sich bei diesen um ausgesprochene Lebensraumspezialisten, von denen ein Drittel gefährdet oder sogar verschwunden ist. Bei den Waldarten hingegen sind nur 15 % auf der Roten Liste aufgeführt. Von diesen ist der Grossteil an alte Waldbestände mit viel Totholz gebunden. Im Mittelland, wo die älteren und totholzreichen Waldbestände für diese Arten ungenügend vertreten sind, fehlen solche Arten oder sind nur mit wenigen und kleinen Populationen vertreten. Problematisch für viele Pilzarten ist der Eintrag von Stickstoff aus der Luft in die Waldböden.

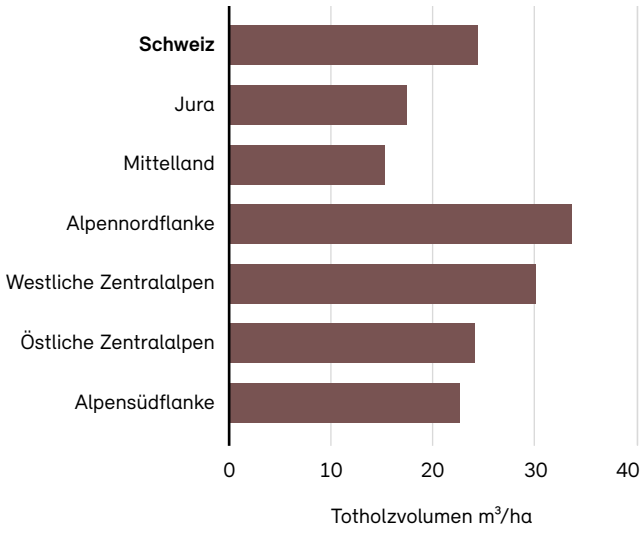
5.5 Steigender Anteil an Tot- und Altholz

Totholz und Habitatbäume sind für mehr als 20 % der im Wald lebenden Arten ein unersetzliches Habitat und eine unverzichtbare Nahrungsquelle. Gemäss dem Landesforstinventar hat sich das Volumen an liegendem und stehendem Totholz zwischen 1995 und 2017 von durchschnittlich 11 auf 26 Kubikmeter pro Hektare verdoppelt (→ Brändli et al. 2020). Diese erfreuliche Entwicklung ist auf die vielen Stürme der vergangenen Jahrzehnte (v. a. die Orkane Vivian 1990 und Lothar 1999), auf die geänderte Praxis einer für ökologische Zusammenhänge sensibilisierten Waldwirtschaft sowie die lange Zeit tiefen Holzpreise zurückzuführen.

Allerdings reichen die heute vorhandenen Mengen in einigen Regionen noch lange nicht aus, um gefährdete Arten zu erhalten – vor allem im Mittelland und im Jura bestehen erhebliche Defizite (Abb. 19). Totholz mit grossem

Abb. 19: Totholzvolumen im Schweizer Wald

Am meisten Totholz findet man in den westlichen Voralpen und Alpen, am wenigsten im östlichen und zentralen Mittelland. Gesamthaft hat das Totholzvolumen im Schweizer Wald in den letzten 30 Jahren zugenommen. Noch sind allerdings weder die ökologischen Sollwerte noch die Zielwerte der Waldpolitik in allen Regionen erreicht (→ Brändli et al. 2020).



Quelle: LFI

Durchmesser und in späten Abbaustadien ist gesamtschweizerisch nach wie vor ungenügend vorhanden. Ein Grossteil der alt- und totholzbewohnenden Arten benötigt mindestens zwischen 20 und 50 Kubikmeter pro Hektare (→ Müller & Bütler 2010). Hoch spezialisierte Arten benötigen sogar über 100 Kubikmeter Totholz pro Hektare. Eine solche Menge an Totholz ist kaum mit einer wirtschaftlichen Waldnutzung zu vereinbaren und setzt genügend Fläche voraus, auf der die natürliche Entwicklung längerfristig Vorrang hat.

Bund und Kantone fördern Totholz mit mehreren Instrumenten: Über die Einrichtung von Waldreservaten und – im bewirtschafteten Wald – mit der Förderung von Altholzinseln und Biotopbäumen (siehe unten). Im Weiteren sind auch natürliche Ereignisse (z. B. Stürme, Trockenheiten) sowie das Liegenlassen von Ernteresten von Bedeutung.

Totholz hat neben seiner Bedeutung für die Biodiversität noch weitere Funktionen: Liegendes Totholz ist wichtig für den Boden und damit für den Wald: Es hat einen positiven Einfluss auf die Nährstoffbilanz, die Wasserspeicherung und das Bodenklima. Vor allem im Gebirgswald ist liegendes Totholz ein wichtiges Keimbeet für Baumsamen bzw. für die Waldverjüngung und kann, richtig angeordnet, gegen Steinschlag schützen.

5.6 Zunahme an Waldreservaten und ungenutzten Wäldern

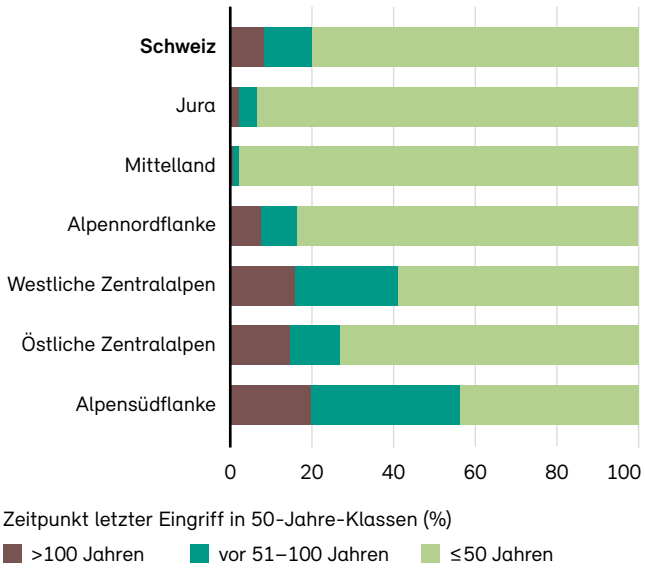
Der naturnahe Waldbau hat zusammen mit den Orkanen Vivian und Lothar dazu geführt, dass naturferne Fichtenbestände deutlich zurückgehen. Der Anteil reiner Fichtenbestände ist seit 1995 im Mittelland von 11 auf 6 % gesunken (→ Rigling & Schaffer 2015, Imesch et al. 2015). Dieser Trend dürfte sich weiter fortsetzen, auch angesichts des Klimawandels, gegenüber dem die Fichte besonders anfällig ist.

Während unberührte Wälder (Urwälder) in der Schweiz praktisch nicht mehr existieren (0,01 % der Waldfläche), ist der Anteil an Wäldern, die seit mindestens 50 Jahren nicht mehr genutzt wurden, zwischen 1995 und 2017 von 13 auf 18 % gestiegen (→ Brändli et al. 2020). Die regionalen Unterschiede sind jedoch beträchtlich: Ihr Anteil beträgt im Mittelland 1 bis 4 %, im Jura 5 bis 6 % und auf der Alpensüdflanke fast 60 % (Abb. 20). Rund 6 % der Schweizer Waldfläche wurden sogar seit mehr als 100 Jahren nicht mehr bewirtschaftet. Bleibt die Nutzung weiterhin aus, können diese Wälder auf natürliche Weise altern und für die Erhaltung totholzabhängiger Organismen einen grossen Wert darstellen.

Die vertraglich geschützten Naturwaldreservate werden sich langfristig zu echten Naturwäldern entwickeln. Die Wirkung der Reservatspolitik wird seit 2006 im Rahmen des Projekts «Forschung und Wirkungskontrolle in Schweizer Naturwaldreservaten» untersucht. Die Untersuchungen zeigen, dass sich Naturwaldreservate heute erst in wenigen der betrachteten Merkmale zur Naturnähe und Habitatqualität vom Wirtschaftswald unterscheiden (→ Heiri et al. 2012). Die Dichte an dicken Bäumen sowie der Holzvorrat sind grösser. Baumgiganten mit Stammdurchmessern von über 80 Zentimetern können in Naturwaldreservaten häufiger angetroffen werden. Die Anzahl stehender toter Bäume unterscheidet sich allerdings nicht. Die Resultate zeigen, dass die Naturwaldreservate mehrheitlich noch relativ weit von einem natürlichen Zustand entfernt sind (siehe Box S. 54).

Abb. 20: Anteil Waldfläche ohne forstliche Eingriffe in 50-Jahre-Klassen

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald (→ Brändli et al. 2020).



Quelle: LFI

In der Schweiz gibt es einen weiteren Typ an Waldreservaten: Während Naturwaldreservate sich selbst überlassen werden, erfolgen in Sonderwaldreservaten gezielte Eingriffe, um Lebensräume für bestimmte Pflanzen und Tiere aufzuwerten oder neu zu schaffen. Beispielsweise werden Föhrenwälder aufgelichtet, um seltene Orchideen, Schmetterlinge oder Reptilien zu fördern. Im Alpenraum hält man Nadelwälder durch Holznutzung offen, damit sie für Hasel- oder Auerhühner attraktiv bleiben. In Sonderwaldreservaten können auch historische Kulturformen des Waldes wie Mittel- oder Niederwälder erhalten werden.

Bund und Kantone haben sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 je 5 % der Waldfläche als Naturwald- bzw. als Sonderwaldreservate auszuscheiden. Ende 2019 waren bereits 6,5 % der Waldfläche der Schweiz in 2267 Reservaten geschützt. 1093 davon waren kleiner als 5 Hektaren. 29 Reservate bedeckten eine Fläche von über 500 Hektaren. Waldreservate sind die Kerngebiete der ökologischen Infrastruktur im Wald.

Um Totholz und Habitatbäume zu fördern und die Reservate bzw. Kerngebiete der ökologischen Infrastruktur zu vernetzen, propagiert der Bund die Einrichtung von Altholzinseln im Wirtschaftswald, die jeweils ca. eine Hektare gross sind. Als nationales Ziel gelten zwei Altholzinseln pro Quadratkilometer und drei bis fünf Habitatbäume pro Hektare (→ Imesch et al. 2015).

Totholz im Sihlwald
Mit einer Fläche von 1100 Hektaren ist der Sihlwald im Kanton Zürich eines der grössten Naturwaldreservate der Schweiz. Seit der Jahrtausendwende wird hier kein Holz mehr genutzt. Forschende stellten sich die Frage, ob das Naturwaldreservat einen gewünschten Effekt bei der Totholzmenge und bei der Anzahl an Mikrohabitaten zeigt. Vergleiche mit einem nahe gelegenen Wirtschaftswald offenbarten aber noch keine deutlichen Unterschiede (→ Leu 2018). Obwohl im Naturwaldreservat insgesamt eine höhere Totholzmenge pro Hektare und mehr Mikrohabitate pro Baum und pro 10 Aren vorkommen, ist der Unterschied zum Wirtschaftswald nach zwei Jahrzehnten Holznutzungsverzicht statistisch nicht signifikant. Um die Totholzmenge in grösserem Masse zu verändern, braucht es ein natürliches Ereignis, zum Beispiel einen Sturm oder eine Trockenheit, oder viel mehr Zeit. Es dürfte noch einige Jahrzehnte dauern, bis die ersten Bestände im Sihlwald in die Zerfallsphase kommen. Der Sihlwald kann zwar noch nicht als Naturwald bezeichnet werden, er befindet sich jedoch auf gutem Weg dahin (→ Commarmot & Schmidt 2011).

5.7 Waldränder werden aufgewertet

Waldränder sind als Übergangszone zwischen Wald und lichtem Offenland wichtige Lebensräume für eine Vielzahl von Arten, beispielsweise für Pflanzen, Insekten und Reptilien. Vor allem für Arten, die in der intensiv genutzten Kulturlandschaft kaum noch Lebensraum finden, können ökologisch hochwertige Waldränder wichtige Rückzugsgebiete darstellen. Intakte Waldränder spielen zudem für die Vernetzung verschiedener Lebensräume eine wichtige Rolle.

Ein wertvoller Waldrand besteht aus einem extensiv genutzten Krautsaum und einem fünf bis zehn Meter breiten Gürtel aus Sträuchern, verläuft idealerweise buchtig und geht kontinuierlich in den Wald über. Besonnte Kleinstrukturen wie Stein- und Totholzhaufen werten den Lebensraum deutlich auf.

In der Schweiz haben Waldränder eine Gesamtlänge von 115 000 Kilometern und damit ein erhebliches ökologisches Potenzial. Die Aufwertung und Pflege von Waldrändern ist eine zentrale Massnahme des Bundes für die Förderung der Biodiversität im Wald (→ Imesch et al. 2015). Die Umsetzung in den Kantonen zeigt erste Wirkungen: Zwar verfügen 80 % der Waldränder immer noch über keinen oder einen zu schmalen Strauchgürtel (weniger als 5 Meter); in den letzten Jahren haben aber Waldränder mit ausreichendem Strauchgürtel zugenommen (+4 %) (→ Brändli et al. 2020). Auch die Strukturvielfalt hat sich tendenziell verbessert: Waldränder mit tiefer Strukturvielfalt haben in den letzten 20 Jahren von 36 % auf 33 % abgenommen.

5.8 Der Wald im Klimawandel

Der Klimawandel wird zu grossen Veränderungen im Wald führen, wie das langjährige Forschungsprogramm zu Wald und Klimawandel des BAFU und der WSL (2009–2018) zeigt. Die erwartete Erwärmung von 3,1 bis 4,3 °C bis Ende des Jahrhunderts wird die Höhenstufen der

Vegetation um etwa 500 bis 700 Höhenmeter verschieben (→ Frehner et al. 2018). Für manche an ihrem Wuchsort heute noch standortgerechte Baumarten bedeutet dies, dass sie bereits in wenigen Jahrzehnten an ihre ökologischen Grenzen kommen dürften. Unter Druck durch den Klimawandel stehen insbesondere Bestände, die nicht standortgerecht bzw. nicht zukunftsfähig sind (→ Allgaier Leuch et al. 2017).

Diese Veränderungen wirken sich auch auf die Biodiversität im Wald aus: Lichte, trockenwarme Standorte werden häufiger. Andererseits kommen die (heute schon seltenen) feuchten Standorte noch stärker unter Druck. Ausserdem ist damit zu rechnen, dass Ereignisse wie Stürme, Trockenheit, Waldbrand oder biotische Kalamitäten häufiger werden. Für die Biodiversität können solche Ereignisse auch eine Chance sein, da sie mehr Dynamik in den Wald hineinbringen; sie können aber Waldfunktionen wie die Schutzfunktion gefährden, was je nach Standort ein Problem darstellt.

Die Biodiversität spielt eine zentrale Rolle für die Adaptationsfähigkeit und Resilienz des Waldes im Hinblick auf den Klimawandel und kommt somit auch der Bewirtschaftung zugute (→ Bundesrat 2022a). Mit dem schon heute praktizierten naturnahen Waldbau und die Naturverjüngung fördern die Bewirtschaftenden die Anpassungsfähigkeit an den fortschreitenden Klimawandel. Resiliente Wälder setzen eine hohe Biodiversität auf allen Ebenen voraus (Gene, Arten und Habitat). Zusammen mit einer hohen Strukturvielfalt der Bestände bieten sie die beste Absicherung gegen biotische und abiotische Ereignisse, sowohl hinsichtlich der Resistenz als auch bei der Regenerationsfähigkeit. Diese Diversität ist deshalb nicht nur im Sinne der Erhaltung der Biodiversität, sondern auch als Grundlage für die Erhaltung aller Waldfunktionen zu fördern.

6 Agrarland

Die Landwirtschaft hat bis Ende des 19. Jahrhunderts eine Vielzahl neuer Lebensräume für Tiere und Pflanzen geschaffen. Dieser Prozess hat sich im 20. Jahrhundert mit der Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion umgekehrt. Viele der einst artenreichen Flächen sind heute in Bezug auf die Biodiversität weitgehend verarmt oder nur noch als isolierte Restgebiete vorhanden. Hohe Stickstoff- und Pflanzenschutzmitteleinträge wirkten sich nicht nur negativ auf die Artenvielfalt in der intensiv genutzten Fläche aus, sie schädigten auch teils weit entfernte artenreiche Lebensräume. Um die Biodiversität im Agrarland erhalten und damit eine nachhaltige landwirtschaftliche Produktion gewährleisten zu können, braucht es neben hochwertigen, gut vernetzten Biodiversitätsförderflächen und Schutzgebieten eine biodiversitätsfreundliche, standortangepasste Bewirtschaftung der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Bedeutung der Biodiversität im Agrarland für den Menschen

Die Biodiversität ist eine wichtige Grundlage für unsere Ernährung. Der Mensch nutzt Tausende von Arten als Lebensmittel. Aber nicht nur die Nutzpflanzen und -tiere sind von Bedeutung. Zahlreiche wild lebende Arten des Kulturlands erbringen unerlässliche Leistungen zugunsten der Landwirtschaft und der Gesellschaft (→Bender & Van der Heijden 2020). Sie halten Schädlinge unter Kontrolle, bestäuben Pflanzen, erhöhen die Erntestabilität (→Bender & Van der Heijden 2020, Schaub et al. 2020). Diese Leistungen sind umso grösser, je höher die Artenvielfalt im Agrarland und je kleinstrukturierter dieses gestaltet ist (→Dainese et al. 2019). Vielfältige und artenreiche Kulturlandschaften sind zudem wichtige Erholungsgebiete und verbessern das Wohlbefinden der Menschen.
Voraussetzung für eine grosse oberirdische Biodiversität ist eine hohe Biodiversität im Boden. Dazu gehören vor allem Bakterien, Pilze und Algen, aber auch Milben, Fadenwürmer, Regenwürmer, Tausendfüsser und Insekten (→BAFU 2017). So können in einem Kubikzentimeter Boden mehrere Milliarden Mikroorganismen leben, die zu Tausenden von Arten gehören; das Gewicht aller Lebewesen im Boden einer Hektare Land kann bis zu 15 Tonnen betragen – das entspricht dem Gewicht von 20 Kühen. Die Bodenlebewesen rezyklieren Pflanzennährstoffe im Boden, tragen zu einer verbesserten Pflanzenernährung und Gesundheit bei und können somit die Abhängigkeit von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln reduzieren (→Bender et al. 2016). Ausserdem reduzieren sie den Ausstoss von Lachgas aus dem Boden.

6.1 Landwirtschaft bringt neue Lebensräume hervor

Grossflächige Rodungen ab dem frühen Mittelalter verdrängten den Wald aus weiten Teilen der Schweiz. Pflanzen-, Pilz- und Tierarten des Offenlandes profitierten von der Umgestaltung der Landschaften. Hunderte dieser Arten besiedelten die neu geschaffenen Lebensräume: Magerwiesen, Fettwiesen, verschiedenste Weidetypen, Äcker, Säume, Obstgärten, Weinberge, Streuwiesen, Selven, Hecken und Kleinstrukturen. Die neuen Lebensräume fügten sich mosaikartig in die Landschaft und waren eng verzahnt mit den Wäldern und dem Siedlungsgebiet.

Dank der Landwirtschaft nahmen die Artenzahl und vor allem die lokale Artendichte in der Schweiz bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts markant zu (→ Bosshard 2016). In vielen Regionen ging mehr als die Hälfte der Pflanzen-, Tagfalter- und Heuschreckenarten auf die landwirtschaftliche Nutzung zurück (→ Moser et al. 2002, SBN/Pro Natura 1987, Walter et al. 2010). Besonders artenreich sind Feucht- und Trockenwiesen sowie die bis 1950 weit verbreiteten Fromentalwiesen, die zumeist nur mit etwas Mist gedüngt und zweimal pro Jahr geschnitten wurden. Je nach Standort und Nutzung des Grünlands und der Äcker entwickelten sich verschiedene Artengemeinschaften, die eng an die jeweilige Bewirtschaftung gebunden sind.

Monitoring der genetischen Vielfalt von Wildpflanzen, Pilzen und Wildtieren

Mit der nationalen Genbank und der Umsetzung des «Nationalen Aktionsplans zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft» wurden umfangreiche Massnahmen zum Schutz der genetischen Vielfalt der Nutzpflanzen getroffen. Über die genetische Vielfalt von einheimischen Wildpflanzen, Pilzen und Wildtieren ist hingegen nur wenig bekannt. Eine genetische Diversität ist für das langfristige Überleben jeder Art von zentraler Bedeutung, weil sie den Fortpflanzungserfolg sichert und hilft, Krankheiten zu widerstehen und sich an Veränderungen der Lebensbedingungen anzupassen.
In einer Pilotstudie wird die ETH Zürich zunächst die genetische Vielfalt von fünf Arten (Kreuzkröte, Goldammer, Baldrian-Scheckenfalter, Scheiden-Wollgras und Kartäuser-Nelke) in allen sechs biogeografischen Regionen der Schweiz untersuchen und für zwei dieser Arten (Baldrian-Scheckenfalter und Scheiden-Wollgras) Vergleichsanalysen mit Proben aus historischen Sammlungen durchführen. Damit lassen sich Veränderungen der genetischen Vielfalt in Populationen und Arten während der letzten 100 bis 150 Jahre aufzeigen. Die Pilotstudie soll die Grundlage für ein umfangreiches Monitoring der genetischen Vielfalt von 50 Tier-, Pilz- und Pflanzenarten schaffen.

6.2 Die grosse Umwälzung

Nach dem Ersten Weltkrieg kam es zu einer grossen Umwälzung: Die hohe Mechanisierung, die systematische Beseitigung der Kleinstrukturen, die Trockenlegung von Feuchtgebieten und der grossflächige Einsatz von Dünger und Pestiziden führten zu grossen Erntegewinnen, aber auch zu enormen Biodiversitätsverlusten im Kulturland (→ Walter et al. 2010). Lokal – vor allem im Mittelland und in den Gunstlagen des Berggebiets – brach die Artenvielfalt innerhalb weniger Jahrzehnte zusammen. Zahlreiche Populationen von einst häufigen Pflanzen- und Tierarten der Kulturlandschaft starben aus oder erlitten schwere Verluste. Der Weissdolch-Bläuling ist zum Beispiel im letzten Jahrhundert komplett aus dem Mittelland verschwunden.

Weniger rasant verliefen die Artenverluste im Berggebiet, wo sich viele Flächen mit den damaligen technischen Hilfsmitteln und mangels Zufahrtsstrassen nicht intensiv nutzen liessen. Doch auch die Bergregionen standen teilweise unter starkem Druck. Kleinstrukturen, die man als störend betrachtete, wurden beseitigt, Wiesen und Weiden stärker gedüngt und bewässert, die Schnittkadenzen und das Gewicht der Landmaschinen erhöht. Das hatte Folgen: Viele Landwirtschaftsvogelarten, die sich nur noch im Berggebiet halten konnten, sind in den letzten 20 Jahren auch dort unter Druck geraten oder gar verschwunden. Dazu zählen Braunkehlchen, Feldlerche, Baumpieper, Neuntöter und Kuckuck (→ Knaus et al. 2018). Vor allem im Jura bedrohen der verstärkte Einsatz von Steinfräsen und die Mechanisierung der Grünlandnutzung die Heidelerche und weitere Arten (→ Knaus et al. 2018).

Von den einst weit verbreiteten Trockenwiesen, Fromentalwiesen, Feuchtwiesen und Mooren sowie den zahlreichen Hecken, Hochstammbäumen, Trockenmauern und Kleingewässern sind heute nur noch Reste übrig. Im Mittelland sind die Fromentalwiesen infolge der intensiveren landwirtschaftlichen Nutzung auf 2 bis 5 % ihrer einstigen Fläche geschrumpft (→ Bosshard 2015). Die verbliebenen Relikte sind zudem stark verarmt: Die durchschnittliche Anzahl Pflanzenarten nahm von 38 im Jahr 1950 auf heute 27 ab (–30 %). Die Zahl der für Fromentalwiesen typischen Charakterarten ging von 25 auf 9 zurück (–64 %). Grosse Verluste gab es bei den Trockenwiesen und -weiden (TWW); sie büssten zwischen 1900 und 2010 rund 95 % an Fläche ein (Abb. 21) (→ Lachat et al. 2011). Die verbliebenen Flächen sind zumeist klein und isoliert. Dadurch steigt das Aussterberisiko für die lokalen Pflanzen- und Tierpopulationen. Das ist umso brisanter, weil von den typischen Pflanzenarten der TWW bereits 30 % gefährdet oder ausgestorben sind (→ Bornand et al. 2016) und im Berggebiet seit den 1990er-Jahren eine Intensivierung der Nutzung zu beobachten ist: Immer mehr Trockenwiesen werden stärker gedüngt, früher und häufiger gemäht oder künstlich bewässert; Kleinstrukturen werden zum Teil systematisch zerstört.

Die Rote Liste der gefährdeten Lebensräume zeigt, dass schweizweit 43 % der Wiesen- und Weidetypen und 64 % der Begleitvegetationstypen der Kulturen bedroht sind; weitere 18 % der Lebensraumtypen des Landwirtschaftsgebiets gelten als potenziell gefährdet (→ Delarze et al. 2013).

6.3 TWW von nationaler Bedeutung verlieren an Qualität

Um dem anhaltenden Rückgang von wertvollen Lebensräumen entgegenzuwirken, hat der Bund Biotope von nationaler Bedeutung ausgeschieden. Viele Biotope sind auf eine geeignete landwirtschaftliche Nutzung angewiesen. Das gilt insbesondere für Flachmoore (siehe Kapitel 3) und TWW. Die Wiesen und Weiden dürfen nicht übernutzt, aber auch nicht unternutzt werden (→ Dipner et al. 2010). Untersuchungen im Rahmen der WBS zeigen nun, dass sich die ökologische Qualität der TWW-Objekte (total 3631) seit ihrer Unterschutzstellung (2010) generell leicht verschlechtert hat (→ Bergamini et al. 2019b). Viele Biotope wurden nährstoffreicher, feuchter, dichter und schattiger.

Die Verordnung über den Schutz der TWW von nationaler Bedeutung ist seit 2010 in Kraft; doch entsprechende Schutz- und Unterhaltsmassnahmen sind erst bei 11 % der Objekte vollständig umgesetzt und bei 7 % fortgeschritten (→ BAFU 2022e). Angesichts der negativen Entwicklungen ist ein schneller grundeigentümerverbindlicher Schutz mit vertraglich geregelten Unterhaltsmassnahmen und angepasster Bewirtschaftung wichtig.

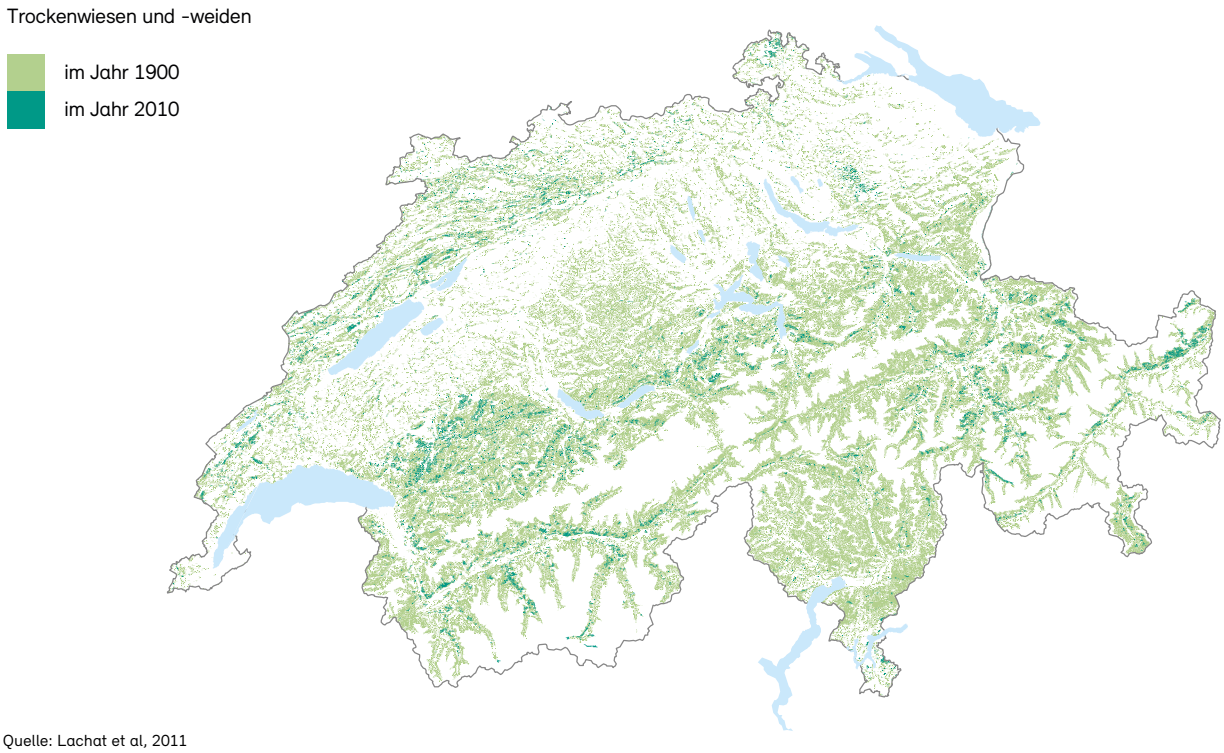
Die Bedeutung der TWW für den Artenschutz und die Artenförderung ist gross: Mehr als ein Drittel der Tagfalter-Hotspots der Schweiz liegen in den gesetzlich geschützten Gebieten (→ Huwyler et al. 2012). Rund 40 % der Pflanzenarten, die in der Schweiz gefährdet oder potenziell gefährdet sind, wurden in den inventarisierten TWW-Flächen nachgewiesen (→ Bornand et al. 2016). Damit sich die Tier- und Pflanzenpopulationen ausbreiten und austauschen können, bedarf es eines Netzes aus Trockenlebensräumen. Als Vernetzungsgebiete können u. a. extensiv gepflegte Bahnböschungen und Strassenborde, Waffenplätze sowie Magerwiesen auf Biodiversitätsförderflächen dienen.

6.4 Ausgeprägte Biodiversitätsdefizite in den tieferen Zonen

Im Auftrag des BAFU und BLW betreibt Agroscope das Monitoring-Programm ALL-EMA «Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et Milieux Agricoles». Das Programm soll den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität in der Agrarlandschaft mit Blick auf die Umweltziele Landwirtschaft messen und die Wirkung der Biodiversitätsförderflächen zur Erreichung des Teilziels 1 betreffend Arten und Lebensräume evaluieren (Kapitel 6.7). Ende 2019 wurde der erste 5-Jahres-Erhebungszyklus von ALL-EMA abgeschlossen. Die ersten Ergebnisse wurden 2021 in einem Zustandsbericht dokumentiert (→ Meier et al. 2021). Sie zeigen, dass die Arten- und Lebensraumvielfalt in tieferen landwirtschaftlichen Zonen sowohl auf lokaler wie auf Landschaftsebene deutlich niedriger ist als in höheren Zonen, obwohl das naturräumliche Potenzial das Gegenteil erwarten lässt (Abb. 22). So nimmt beispielsweise die Anzahl an Pflanzen- und Tagfalterarten pro Untersuchungsquadrat von der Bergzone über die Hügelzone bis zur Talzone kontinuierlich und markant ab.

In den tieferen Zonen gibt es also ein ausgeprägtes Biodiversitätsdefizit. Der Hauptgrund dafür liegt vermutlich darin, dass die Landnutzungsintensität in den tieferen Zonen höher ist als in den höheren. Diese Vermutung wird durch den Indikator «Mittelwerte der Nährstoffindikatoren der Pflanzenarten in den Probeflächen» gestützt, der in den tiefer gelegenen Regionen am höchsten ist (Abb. 22). Bei hohen Nährstoffeinträgen kann es zu einer

Abb. 21: Von 1900 bis 2010 sind rund 95 % der Trockenwiesen und -weiden in der Schweiz verschwunden.



Quelle: Lachat et al, 2011

Vereinheitlichung der Vegetation und zu einem Rückgang der Artenvielfalt kommen.

Erhebungen im Rahmen des BDM zeigen, dass in den letzten 10 Jahren die Vielfalt an Pflanzengemeinschaften in den höheren Lagen nahezu konstant blieb, während sie im Mittelland kontinuierlich abnahm (Abb. 23). Obschon sich der Trend zur Vereinheitlichung des Grünlands in den letzten zehn Jahren etwas abgeschwächt hat, breiten sich in den tieferen Lagen weiterhin konkurrenzstarke häufige Arten aus, und spezialisierte Arten verschwinden. Die Analyse der Pflanzenzusammensetzung in diesen Lagen weist auf ein hohes Nährstoffangebot in den Böden hin.

Die fortschreitende Vereinheitlichung des Grünlands zeigt sich auch anhand der Vorkommen von Schneckenarten. Seit Beginn der 2000er-Jahre sind sich die Schnecken-Gemeinschaften der 1600 Untersuchungsflächen in Schweizer Wiesen und Weiden ähnlicher geworden; seltene und spezialisierte Arten verschwinden tendenziell (Box S. 61).

6.5 Hohe Nährstoffeinträge

Die hohen Nährstoffeinträge in gewissen Regionen sind auch eine Folge der hohen Nutztierbestände, deren Haltung nur dank Futtermittelimporten möglich ist. Seit 1990 haben sich diese Importe verdoppelt. Heute wird 60 % des verwendeten Kraftfutters aus dem Ausland importiert: über eine Million Tonnen pro Jahr. Auf Betrieben mit hohen Tierbeständen ist die Einhaltung einer ausgeglichenen Nährstoffbilanz eine Herausforderung und drängt die Bewirtschafter dazu, ihre Flächen mehr zu düngen oder einen Teil des Düngers zu anderen Betrieben zu exportieren (Abb. 24).

Hohe Tierbestände führen zu hohen Hofdüngermengen (v. a. Gülle) mit hohen Stickstoffemissionen in die Atmosphäre, vor allem in Form von Ammoniak. Die Gase entweichen sowohl bei der Haltung der Tiere als auch bei der Lagerung und dem Ausbringen von Hofdünger. Deshalb ist die flächendeckende Umsetzung von Massnahmen gemäss dem «Stand der Technik» von grosser Bedeutung.

Als Umweltziel für die Landwirtschaft sind maximal tolerierbare Ammoniak-Emissionen in der Höhe von 25 000 Tonnen Stickstoff pro Jahr festgelegt, doch werden heute ca. 41 300 Tonnen emittiert (→ Kupper et al. 2022). Zusätzlich wird Stickstoff in Form von Stickoxiden bei Verbrennungsprozessen freigesetzt, hauptsächlich im Verkehr und in der Industrie. Die Stickoxidemissionen betragen heute rund 20 000 Tonnen Stickstoff. Diese Stickstoffverbindungen werden über die Luft verfrachtet und belasten als Immission empfindliche Ökosysteme wie Wälder, Wiesen und Moore (Abb. 25) (→ Roth et al. 2015).

Gefährdete Pflanzenarten werden immer seltener

Für die Überarbeitung der Roten Liste der Gefässpflanzen aus dem Jahr 2002 hat Info Flora ein schweizweites Projekt auf die Beine gestellt, das in seiner Dimension weltweit einzigartig ist: 420 ehrenamtliche Botanikerinnen und Botaniker haben zwischen 2010 und 2016 über 8000 bekannte Fundstellen der 713 seltensten und gefährdetsten Pflanzenarten der Schweiz überprüft. Die Suche war oft erfolglos: 27 % der Populationen konnten nicht wiedergefunden werden. Arten, die als besonders stark gefährdet gelten, verloren gar 40 % ihrer Populationen im Vergleich zu den Fundangaben, die aus den letzten 10 bis 50 Jahren stammen (→ Kempel et al. 2020). Diese Zahlen sind alarmierend. Viele Arten kommen nur noch in einzelnen Populationen vor. Wenn weiterhin Populationen dieser Arten verloren gehen, ist es nur eine Frage der Zeit, bis diese Arten in der Schweiz aussterben.

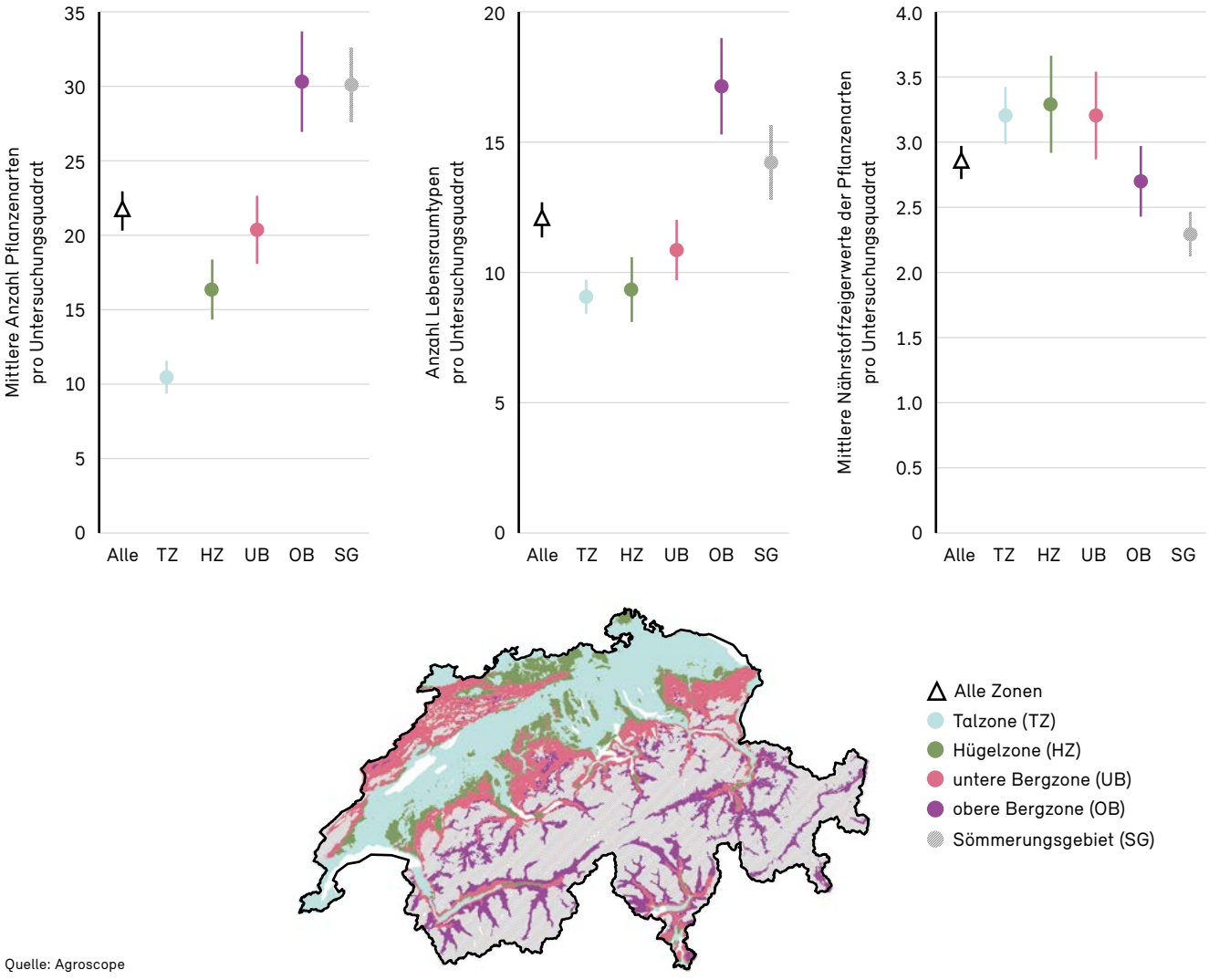
Von den 2613 Gefässpflanzen-Arten und -Unterarten, die für die neue Rote Liste (2016) bewertet wurden, mussten 725 (28 %) als gefährdet oder ausgestorben eingestuft werden; zusätzlich wurden 415 Arten und Unterarten (16 %) als potenziell gefährdet eingestuft (→ Bornand et al. 2016). Vergleiche mit der alten Roten Liste (2002) zeigen, dass sich die Gefährdungssituation für die Gefässpflanzen leicht verschärft hat. Besonders hohe Anteile an bedrohten Pflanzenarten weisen die Gewässer, Ufer, Moore, Trockenwiesen tieferer Lagen sowie Äcker und Weinberge auf. Am geringsten ist der Gefährdungsanteil in Wäldern, alpinen Lebensräumen und in Fettwiesen.

Bedrohte Schnecken

Insgesamt 250 Schneckenarten leben in der Schweiz. 200 sind Landschneckenarten; davon haben 170 ein Gehäuse. Ob im Wald, im Kulturland oder im Siedlungsraum, für die meisten Landschneckenarten haben sich in den letzten 100 Jahren die Lebensraumqualität und das besiedelbare Areal deutlich verkleinert. Die zunehmende Fragmentierung ihrer Lebensräume führt viele Schneckenpopulationen in eine komplette Isolation. Die schwierigen Lebensbedingungen der Landschnecken spiegeln sich in der Roten Liste der Weichtiere wider: Von den 181 bewerteten Landschneckenarten der Schweiz sind 72 Arten (40 %) gefährdet und 29 Arten potenziell gefährdet (→ Rüetschi et al. 2012). Grosse Verluste verzeichnen auch die Wassermollusken: Von den 73 in der Roten Liste berücksichtigten Arten (44 Wasserschnecken- und 29 Muschelarten) gelten 43 % als gefährdet.

Abb. 22: Die Biodiversitätsindikatoren von ALL-EMA

Die Indikatoren «Anzahl Pflanzenarten auf lokaler Ebene (pro 10 m²)» und «Anzahl Lebensraumtypen auf Landschaftsebene (pro 1 km²)» zeigen, dass die Arten- und Lebensraumvielfalt in der Tal- und Hügelzone deutlich tiefer ist als in den höheren Zonen. Der Indikator «Mittlere Nährstoffzeigerwerte der Pflanzenarten (pro 10 m²)» weist in den tieferen Zonen höhere Nährstoffwerte aus.



Quelle: Agroscope

Immer weniger Insekten

Würde man alle Insekten zählen, die auf der Erde leben, käme man auf eine 21-stellige Zahl. Schätzungsweise 5,5 Millionen unterschiedliche Arten von Insekten bevölkern den Planeten. Unsere Ökosysteme würden ohne Insekten nicht funktionieren. Die kleinen sechsbeinigen Tiere bestäuben Pflanzen, fördern die Beseitigung toter Organismen, verbessern die Bodenqualität, vertilgen schädliche Artgenossen und sind Nahrung für unzählige andere Tiere (→ Heinrich-Böll-Stiftung et al. 2020).

Eine Analyse von Langzeitstudien aus aller Welt kommt zum Schluss, dass die Anzahl landlebender Insekten in den letzten 100 Jahren deutlich abgenommen hat (→ Van Klink et al. 2020). Die Analyse zeigte zwar grosse Unterschiede in den lokalen Trends, im globalen Durchschnitt aber gingen landlebende Insekten wie Schmetterlinge, Heuschrecken oder Ameisen um 0,92 % pro Jahr zurück. Dies klingt vielleicht nicht nach viel, aber es bedeutet 24 % weniger Insekten innerhalb von 30 Jahren und sogar eine Halbierung innert 75 Jahren.

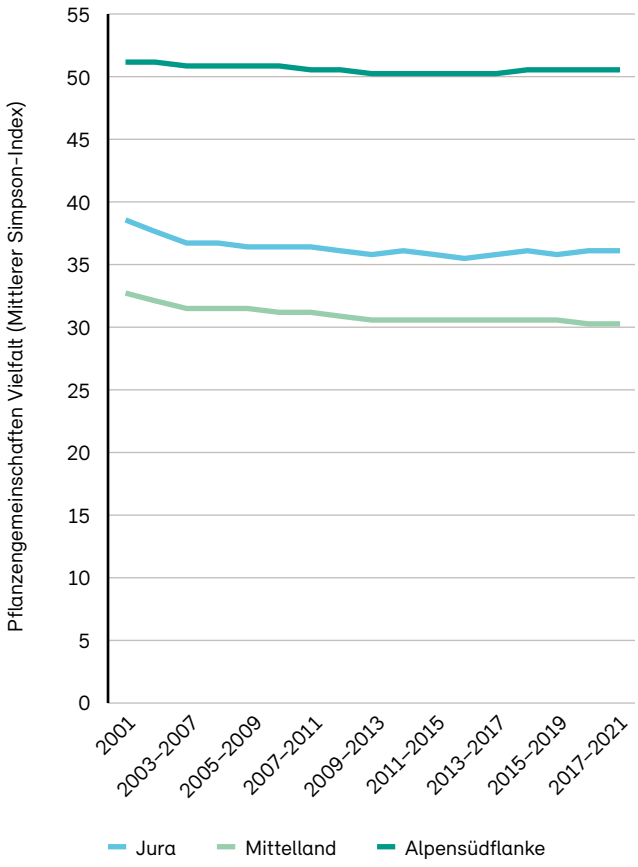
Auch in der Schweiz sind die Bestände und die Vielfalt der Insekten stark rückläufig (→ SCNAT 2019b). Am stärksten betroffen sind die Insekten des Landwirtschaftsgebietes, gefolgt von Arten der Gewässer. Die für den Rückgang der Insekten verantwortlichen Ursachen sind weitgehend bekannt: Geeignete Lebensräume für Insekten sind selten geworden und werden weiterhin beeinträchtigt (z. B. durch Dünger, Pestizide, zu frühe Mahd der Wiesen, grossflächig synchrone Schnittzeitpunkte, neue Mahdtechniken, Lichtverschmutzung). Massive Insektenschwunde zeigen sich auch in Naturschutzgebieten, die im intensiv genutzten Agrarland eingebettet sind. Erhebungen in 63 deutschen Schutzgebieten dokumentieren zwischen 1989 und 2016 einen Rückgang von 76 % der Fluginsekten-Biomasse (→ Hallmann et al. 2017).

2019 hat der Bund eine Auslegeordnung zum Thema Insektensterben erstellt. Darin werden die nachgewiesenen Ursachen für den Rückgang der Insekten beschrieben, die bereits existierenden Massnahmen zur Erhaltung der Insekten aufgelistet und der Handlungsbedarf ausgewiesen (→ UVEK 2019).

So verwandeln sich auch artenreiche Magerwiesen, die nicht direkt gedüngt werden, in artenärmere, eintönigere Flächen. Betroffen sind auch geschützte Flachmoore. Eine Untersuchung der Pflanzenarten in alpinen Heuwiesen zeigt, dass die leichte Abnahme der Stickstoffdeposition im letzten Jahrzehnt (v. a. infolge abnehmender Stickstoffemissionen aus dem Verkehr) noch nicht zu einer erkennbaren Erholung der Artengemeinschaften geführt hat (→ Roth et al. 2013). In den Heuwiesen blieb die Artenzahl zwar nahezu konstant, viele konkurrenzschwache (oligotrophe) Arten wurden aber durch konkurrenzstarke (eutrophe) Arten ersetzt, die vom hohen Nährstoffangebot profitieren (→ Roth et al. 2019). Auch der Lebensraum vieler Vogelarten wie Wendehals und Gartenrotschwanz,

Abb. 23: Im Mittelland nimmt die Vielfalt an Pflanzengemeinschaften ab, während sie in den höheren Lagen in den letzten 10 Jahren konstant blieb.

Simpson-Index von 0 (einheitlich) bis 100 (vielfältig) aller paarweisen Vergleiche der Stichprobenflächen, in Prozent. Mittelwerte über einen Zeitraum von jeweils fünf Jahren.



Quelle: BDM

die bei der Nahrungssuche oder für die Nestanlage auf eine lückige, niedrige Vegetation angewiesen sind, wird stark beeinträchtigt (→ Knaus et al. 2018).

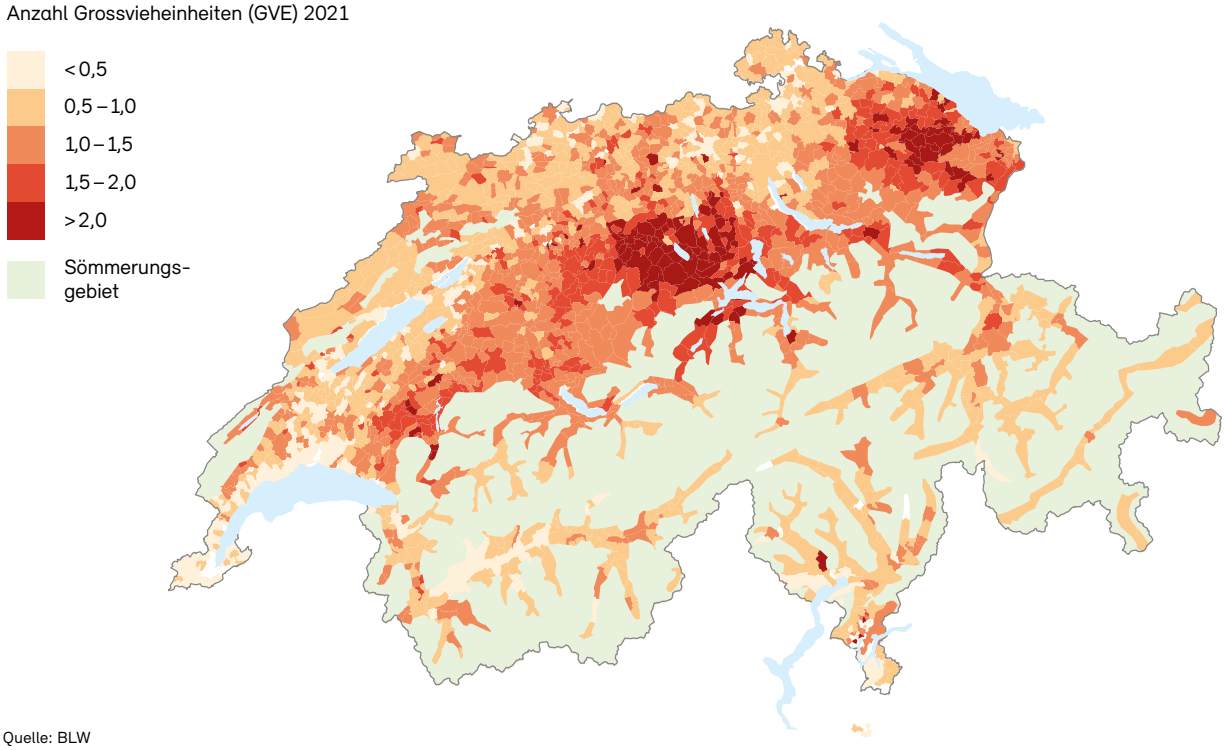
Die zu hohen Stickstoffimmissionen wirken sich auch negativ auf die Insekten und deren Leistungen zugunsten der Landwirtschaft (Bestäubung, Schädlingsbekämpfung) aus (→ Näthe 2019). Wildbienen, Käfer und Tagfalter, die auf bestimmte Pflanzen spezialisiert sind, können ihre Nahrungsgrundlage verlieren.

Eine Analyse mit Daten des BDM zeigt, dass die Tagfaltervielfalt markant abnimmt, wenn die Vegetation schattiger wird oder der Anteil der eutrophen Pflanzenarten zunimmt (→ Forum Biodiversität 2022). Vor allem die an bestimmte Pflanzen(gruppen) gebundenen Schmetterlinge reagieren sensibel auf die Vegetationsänderung. Das BDM stellt einen erheblichen Rückgang der Spezialisten seit 2003 fest (–6,3 %), während die häufigen Arten in den letzten 15 Jahren zugenommen haben (+8,9 %). Besonders ausgeprägt ist der Rückgang der Artenvielfalt im Mittelland, wo sich die Artengemeinschaften immer ähnlicher werden (Abb. 26).

Im April 2022 hat der Bundesrat ein Verordnungspaket verabschiedet, das einen ersten Teil der parlamentarischen Initiative 19.475 «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» umsetzt. Eines der Ziele der Initiative besteht darin, die Nährstoffverluste bis 2030 zu reduzieren. Der Bundesrat hat das Reduktionsziel bei mindestens 20 % angesetzt. Um diese zu erreichen, wird unter anderem ab 2024 die Toleranzgrenze von 10 %, die bei der Berechnung der Düngerbilanz bisher angewendet wurde, abgeschafft. Künftig müssen Kraftfutter- und Düngerlieferungen sowie das Inverkehrbringen und die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln besser dokumentiert werden. Die gesammelten Daten sollen eine solide Informationsgrundlage für den Agrarsektor und den Bund bilden und den Betriebsleitenden ermöglichen, das Betriebsmanagement zu verbessern und die Massnahmen zur Erreichung der Umweltziele effizienter zu wählen.

Abb. 24: Die Grossvieheinheiten (GVE) pro Hektare landwirtschaftlicher Nutzfläche

Der Vergleich mit Abbildung 25 verdeutlicht den engen regionalen Zusammenhang zwischen den Überschreitungen der maximal tolerierbaren Stickstoffbelastung und der jeweiligen Nutztierdichte.



Quelle: BLW

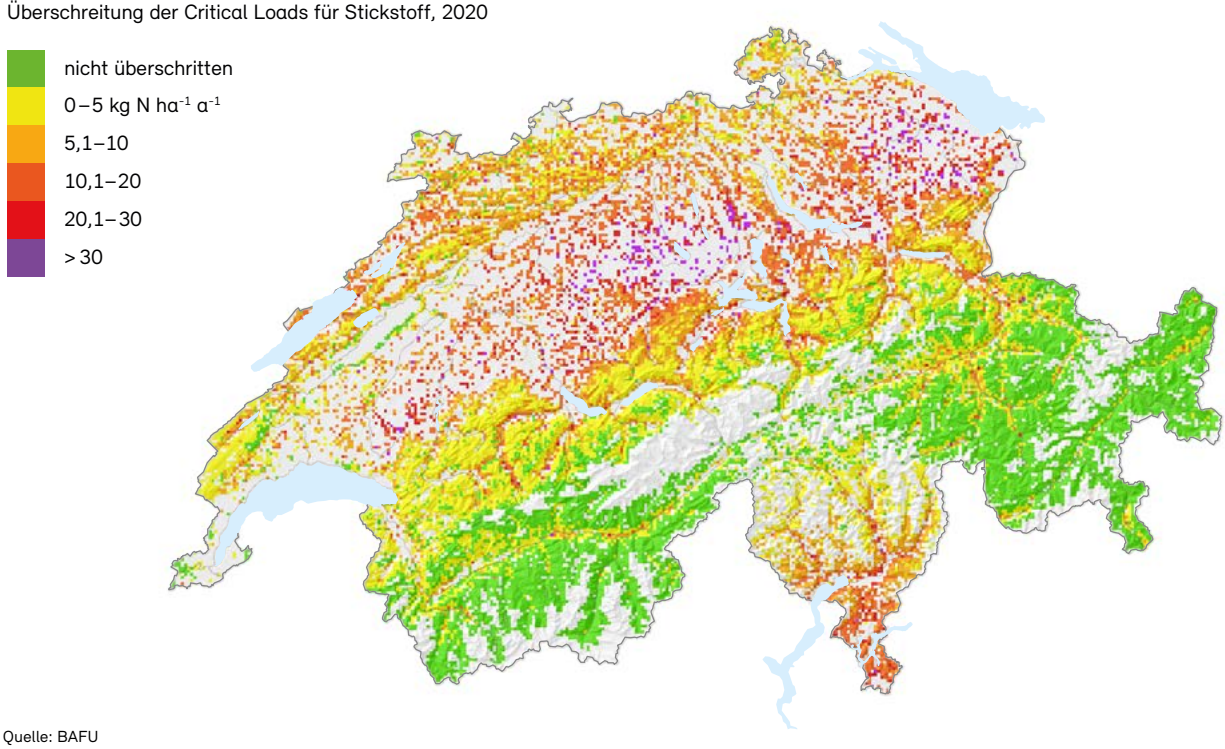
6.6 Pflanzenschutzmittel schädigen Bestäuber

Im Ackerland und in den Spezialkulturen (Reben, Obst und Gemüse) beeinträchtigt der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) die Biodiversität. Jährlich werden in der Schweiz etwa 2000 Tonnen PSM eingesetzt (→ BLW 2022), schätzungsweise 85–90 % davon in der Landwirtschaft (→ Vision Landwirtschaft 2016). Von den rund 500 in der Schweiz zugelassenen PSM gelten über 300 als Pestizide. Als biologisch aktive Stoffe wirken diese direkt akut oder chronisch auf Organismen und können diese töten oder deren Fortpflanzung, Entwicklung, Gesundheit und Verhalten beeinflussen. Insektizide und Fungizide wirken aber nicht nur auf Ziel-Organismen, sie schädigen zahlreiche andere Lebewesen: u. a. Bodenorganismen, Bienen, Hummeln, Vögel, Amphibien, Käfer und Schmetterlinge (→ Niggli et al. 2020).

Die Schädigung der Insekten wirkt sich auch auf die Vögel aus (Box S. 65): Rund 40 % der Schweizer Brutvogelarten ernähren sich fast ausschliesslich von Insekten; weitere 25 % haben eine gemischte Ernährung, ziehen ihre Jungen aber vorwiegend mit Insekten auf (→ Knaus et al. 2018). Als Folge des Verlusts an Insekten verlieren viele Vögel – aber auch zahlreiche weitere Tierarten – ihre Nahrungsgrundlage. In den letzten 30 Jahren ist parallel zum Insektenschwund der Bestand von insektenfressenden Vogelarten im Kulturland um 60 % eingebrochen (→ Knaus et al. 2018), während die Bestände im Wald sowie jene von Vögeln mit gemischter Ernährung zugenommen haben.

Abb. 25: Die Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff für das Jahr 2020

Diese maximal tolerierbaren Stickstoffeinträge sind bei den meisten Biotopen deutlich überschritten.



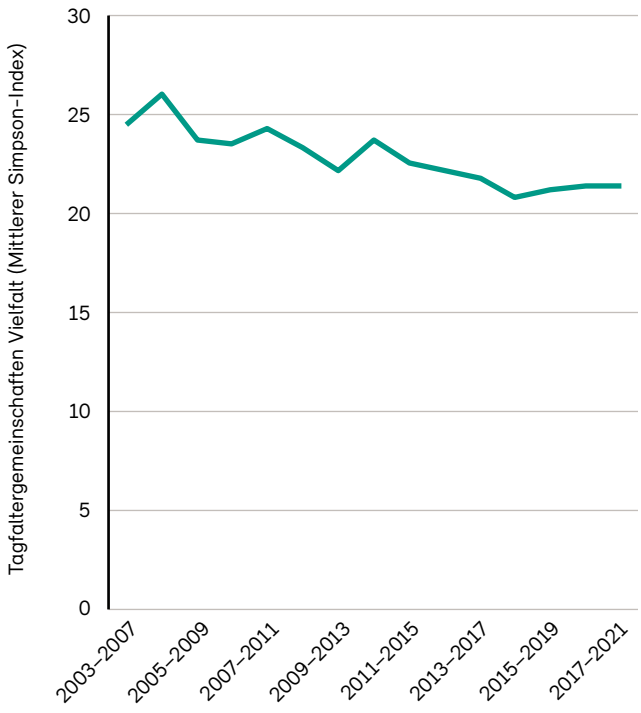
Quelle: BAFU

Gefährdete Vogelarten des Kulturlands mit anhaltenden Verlusten

Für die Gesamtheit der regelmässig in der Schweiz brütenden Vogelarten verlief die Entwicklung in den letzten 30 Jahren ausgeglichen. Die Entwicklung der gefährdeten Arten, die 39 % der Schweizer Brutvögel ausmachen, zeigt dagegen weiterhin nach unten. Seit 1990 haben die Bestände dieser Arten um mehr als 40 % abgenommen. Auch wenn die Abwärtsspirale zuletzt etwas abgebremst werden konnte, lässt eine Erholung weiter auf sich warten, insbesondere bei den Kulturlandarten (→ Knaus et al. 2021a). Das Rebhuhn konnte 2019 in der Schweiz nicht mehr nachgewiesen werden. Noch Mitte des 20. Jahrhunderts schätzte man den Bestand des Rebhuhns in den Schweizer Ackerbaugebieten auf rund 10 000 Individuen. Auch die Bestände der Feuchtgebiete sind nach wie vor klein. Zugenommen haben die Bestände einiger Arten, die in den durch den Menschen stark veränderten Landschaften gut zurechtkommen, wie die Saatkrähe und der Rotmilan (→ Knaus et al. 2020).

Abb. 26: Die Vielfalt der Tagfalter-Artengemeinschaften hat im Mittelland in den letzten Jahren abgenommen.

Die Artengemeinschaften werden sich hier immer ähnlicher. Simpson-Index von 0 (einheitlich) bis 100 (vielfältig) aller paarweisen Vergleiche der Stichprobenflächen, in Prozent. Mittelwerte über einen Zeitraum von jeweils fünf Jahren.



Quelle: BDM

Herbizide stören das Artengefüge im Ackerland stark. Durch regelmässige Anwendungen verarmt der Samenvorrat im Boden, und es entstehen artenarme, grasdominierte Unkrautgesellschaften. Die Ackerbegleitflora zählt heute zu den bedrohtesten Pflanzengruppen der Schweiz: 42 % ihrer Arten gelten als gefährdet (→ Bornand et al. 2016). Ein Teil der Ackerbegleitflora ist konkurrenzschwach und hemmt das Wachstum des Getreides kaum. Für bestäubende Insekten, Feldlerchen und Feldhasen sind diese Kräuter eine wichtige Nahrungsgrundlage.

PSM sind nicht nur am Ort der Anwendungen und in den nahen Gewässern eine Gefahr für die Biodiversität. Studien zeigen, dass sich einige Wirkstoffe (z. B. Glyphosat) über die Luft lokal verteilen und andere Wirkstoffe kilometerweit verfrachtet werden (z. B. Pendimethalin, Prosulfocarb) (→ Hofmann et al. 2017), wobei sie auch alpine Höhen erreichen können (→ Ferrario et al. 2017). Die 2020 erstmals durchgeführten Erhebungen von PSM in Biotopen von nationaler Bedeutung haben gezeigt, dass die gesetzlichen Grenzwerte für mehrere Wirkstoffe überschritten wurden. In diesen für die biologische Vielfalt besonders wichtigen Gebieten sollten die Konzentrationen gleich null sein.

Um die unerwünschten Auswirkungen der PSM zu begrenzen, hat der Bundesrat 2017 den Aktionsplan Pflanzenschutzmittel verabschiedet (→ Bundesrat 2017). Die Risiken sollen halbiert und Alternativen zum chemischen Pflanzenschutz gefördert werden. Im Aktionsplan sind 8 Leitziele und 12 konkrete Zwischenziele definiert sowie rund 50 Massnahmen aufgeführt. Im Zentrum der meisten Massnahmen

stehen die Stärkung des Schutzes der Gewässer und die Reduktion des Einsatzes von PSM. Im Blick hat man aber auch die Böden: Bis 2027 soll ein Monitoring für PSM-Rückstände in landwirtschaftlich genutzten Böden aufgebaut werden. Ausserdem werden Indikatoren zur Bewertung von Bodenqualität (Bodenfruchtbarkeit) entwickelt, welche zur Risikoabschätzung nötig sind.

Die parlamentarische Initiative 19.475 «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» fordert, dass die mit dem Einsatz von PSM verbundenen Risiken bis 2027 um 50 % reduziert werden. In der Folge verabschiedete das Parlament das Bundesgesetz über die Verminderung der Risiken durch den Einsatz von Pestiziden. Im April 2022 verabschiedete der Bundesrat ein Verordnungspaket. Neu dürfen keine Pflanzenschutzmittel mehr verwendet werden, deren Wirkstoffe ein hohes potenzielles Risiko aufweisen – falls risikoärmere Alternativen zur Verfügung stehen. Ausserdem müssen die Betriebe die Verfrachtung von PSM von den behandelten Parzellen reduzieren. Schliesslich schaffen neue Direktzahlungsprogramme finanzielle Anreize, um die Reduktion des PSM-Einsatzes auf Ackerflächen und in Spezialkulturen voranzutreiben.

6.7 Wirkung von Biodiversitätsförderflächen

Um den ökologischen Ausgleich der Intensivnutzung sicherzustellen, wurden in den 1990er-Jahren die Biodiversitätsförderflächen (BFF) eingeführt. Die Ausscheidung von BFF auf mindestens 7 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (3,5 % für Spezialkulturen) ist Teil des Ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN). Die Erfüllung des ÖLN ist Voraussetzung für den Erhalt von Direktzahlungen. Als BFF gelten extensiv genutzte Wiesen und Weiden, Streuflächen, Hecken, Feldgehölze oder Buntbrachen.

Zwischen 2000 und 2010 hat sich die Fläche der BFF kaum verändert, doch seit 2011 ist eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. 2020 betrug ihr Anteil an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche 19 % (ohne Sömmerungsgebiete); 43 % der BFF-Fläche erreicht die Qualitätsstufe II, 78 % sind in ein Vernetzungsprojekt integriert (→ BLW 2022). Die ersten Ergebnisse von ALL-EMA zeigen, dass das Förderkonzept der Biodiversitätsbeiträge seine Wirkung zeigt. In BFF QII ist die Arten- und Lebensraumvielfalt am höchsten, in BFF QI tiefer und in vergleichbaren Kontrollflächen ausserhalb der BFF am tiefsten. Der Unterschied in der Arten- und Lebensraumvielfalt zwischen BFF und Kontrollflächen nimmt von der Talzone zum Sömmerungsgebiet ab. Dies zeigt die Bedeutung von BFF in den Gebieten mit dem grössten Defizit an Biodiversität – jene in den tieferen Lagen. Die Bedeutung der BFF ist aber auch in höheren Lagen gross. Beispielsweise würde dort die Bewirtschaftung schlecht zugänglicher Flächen ohne die Biodiversitätsbeiträge eher aufgegeben; dadurch würden Flächen verbuschen, was auch eine Gefahr für den Arten- und Lebensraumreichtum darstellt.

Trotz der beeindruckenden Zunahme von BFF und ihrer Wirkungen auf die Biodiversität sind die operationalisierten Umweltziele Landwirtschaft (→ BAFU/BLW 2008) in den Bereichen Arten- und Lebensräumen nicht erreicht (→ BAFU/BLW 2016). Mit den bestehenden BFF ist die Erhaltung von vielen Ziel- und Leitarten (insgesamt 1700) nicht gesichert. Um diese Ziele erreichen zu können, müsste die Qualität der BFF verbessert werden (→ BLW 2019).

PSM-Rückstände in landwirtschaftlichen Böden
Ein grosser Teil der angewendeten PSM gelangt in den Boden der behandelten Flächen, wobei dieser einen wichtigen Beitrag leistet, um PSM-Wirkstoffe abzubauen. Trotzdem können zahlreiche PSM-Rückstände auch Jahrzehnte später im Boden nachgewiesen werden (→ Chiaia-Hernandez et al. 2017). Selbst in Böden, welche bereits über einen längeren Zeitraum (>20 Jahre) biologisch bewirtschaftet werden, fanden Forschende im Rahmen einer Untersuchung auf 100 Schweizer Acker- und Gemüsebaufeldern Rückstände von bis zu 16 verschiedenen Wirkstoffen (→ Riedo et al. 2021). Sie stammen entweder aus der Zeit, in der auf dem entsprechenden Feld noch PSM angewendet wurden, oder sie wurden durch Wind oder Wasser aus benachbarten Feldern eingetragen. Zudem zeigten die Analysen, dass die Konzentration und Anzahl an PSM-Rückstände im Boden eine negative Beziehung zum mikrobiellen Bodenleben und zu nützlichen Bodenpilzen haben. Das deutet darauf hin, dass die Anwendung von PSM, nicht zuletzt wegen ihrer teilweisen Beständigkeit, langfristige Auswirkungen auf das Bodenökosystem haben könnte.

In der Tal- und Hügelzone gibt es noch zu wenig BFF mit ausreichender ökologischer Qualität. BFF-Typen, die auf offenem Ackerland angelegt werden (z. B. Rotationsbrachen, Buntbrachen, Ackerschonstreifen, Blühstreifen), machen mit insgesamt etwa 1 % nur einen sehr kleinen Teil der Ackerfläche aus. Sie wären besonders wichtig für bodenbrütende Arten wie die Feldlerche oder das Braunkehlchen und um die Qualitätsdefizite im Talgebiet zu beheben.

Weitere Analysen mit Daten von ALL-EMA zeigen, dass viele BFF-Wiesen immer noch kaum artenreicher sind als das intensiv genutzte Landwirtschaftsland. Durchschnittlich sind nur 13 % der als BFF eingeteilten extensiv genutzten Wiesen tatsächlich artenreiche Magerwiesen, und nur 35 % der wenig intensiv genutzten BFF-Wiesen sind artenreiche Fettwiesen (→ Riedel et al. 2019). Im Talgebiet und den tiefer gelegenen Bergregionen sind diese Anteile deutlich geringer als in den oberen Bergregionen. Als Hauptgrund führen die Forschenden die schlechte Standortwahl auf: Eine artenreiche Magerwiese gedeiht nicht überall; abiotische Umweltbedingungen wie die Neigung, die Exposition oder die Anzahl Regentage spielen eine wichtige Rolle. Auch gilt es, die ursprüngliche Vegetation des Grünlands besser zu berücksichtigen. Entscheidend ist zudem die Art der Bewirtschaftung: Die ALL-EMA-Daten zeigen, dass eine Kombination aus begünstigenden abiotischen Bedingungen und eine tiefe Bewirtschaftungsintensität die Anzahl Pflanzenarten in den BFF am stärksten positiv beeinflussen.

Untersuchungen im Rahmen von ALL-EMA zeigen auch, dass eine grosse Vielfalt an Kleinstrukturen und die Zugehörigkeit zu einem Vernetzungsprojekt die Arten- und Lebensraumvielfalt im Agrarland deutlich erhöhen können. Ein grosser Teil der Tierarten des Grünlandes ist auf Strukturen – Hecken, Ast- und Steinhaufen, Gräben, Feucht- und Nassstellen etc. – angewiesen (Box S. 67).

Vernetzungsbeiträge werden mit dem Ziel ausgerichtet, Biodiversitätsförderflächen an Stellen anzulegen, die für die Biodiversität von zentraler Bedeutung sind. Durch das Anlegen von BFF an bestimmten Stellen, können die Verbindungen zwischen Populationen verbessert und so der genetische und demografische Austausch innerhalb der Arten und der natürlichen Umgebung gewährleistet werden. Des Weiteren werden im Rahmen von Vernetzungsprojekten arten- und lebensraumspezifische Massnahmen umgesetzt, um spezifische Arten gezielt zu fördern.

Allerdings zeigt eine Evaluation der Schweizerischen Vogelwarte im Auftrag des BAFU (→ Jenny et al. 2018), dass das «grosse Potenzial dieses Förderinstruments zur betriebsübergreifenden, regionalen Förderung der Biodiversität» noch nicht ausgeschöpft wird. Die Evaluation offenbart vor allem Schwächen in den Bereichen «Beratung» und «Qualität der Fördermassnahmen». Die Anforderungen der Kantone und der Trägerschaften an Vernetzungsflächen sind nicht oder zu wenig auf die Ansprüche von Ziel- und Leitarten ausgerichtet. Um die erkannten Schwächen zu beheben, sind teilweise grundlegende Korrekturen am Konzept und an den Rahmenbedingungen für Vernetzungsprojekte unumgänglich. Vernetzungsprojekte haben ein hohes Verbesserungspotenzial für die Förderung der Biodiversität, da sie als Mittel für eine bessere Einbindung der BFF in die ökologische Infrastruktur dienen könnten.

Erfolgreiche Förderung der Wiesel

Wie sich typische, aber selten gewordene Arten des Kulturlands erfolgreich fördern lassen, zeigt das Projekt «Wiesellandschaft Schweiz» (→ Wiesel Patchwork Seetal 2008). Um den starken Rückgang des Wiesels im Mittelland zu stoppen, werden insgesamt elf regionale Förderprojekte umgesetzt. Im Fokus steht dabei die Aufwertung und Vernetzung der Kulturlandschaften mit Kleinstrukturen wie Hecken sowie Ast- und Steinhaufen, auf die beispielsweise Hermelin und Mauswiesel angewiesen sind. Der am Projekt beteiligte Jurapark Aargau bietet etwa für Landwirte sowie Jäger und Forstarbeiter Beratungen und Kurse an, in denen gezeigt wird, wie Lebensräume vernetzt und Kleinstrukturen, die den Wieseln als Aufzuchtkammern für ihre Jungen dienen, angelegt werden können. Von den Fördermassnahmen profitieren auch die beteiligten Landwirte: Viele von ihnen haben heute weniger Probleme mit Mäusen.

Die BFF sind zwar Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Sie leisten jedoch auch einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Ökosystemleistungen wie Bodenfruchtbarkeit, Bestäubungsleistung oder Wasserhaushalt sowie zum Schutz und zur Förderung der Biodiversität. Mit der Weiterentwicklung der Biodiversitätsbeiträge im Rahmen der Agrarpolitik wird bezweckt, dass die Biodiversitätsförderung punktuell vereinfacht und die Wirkung der Beiträge durch eine stärkere Zielausrichtung erhöht werden. Um die Biodiversitätsdefizite im Ackerbaugebiet zu beheben, hat der Bundesrat im April 2022 per Verordnung erlassen, dass ab 2024 auf mindestens 3,5 % der Ackerfläche spezifische Biodiversitätsförderflächen angelegt werden. Zudem will er im Rahmen seines Gegenvorschlags zur Biodiversitätsinitiative die Qualität der BFF steigern.

Artenvielfalt steigt mit mehr und besseren Biodiversitätsförderflächen

Mehrere Studien zeigen, dass hochwertige Biodiversitätsförderflächen (BFF) einen positiven Effekt auf die Vielfalt an Pflanzen und typischen Tierarten des mageren Grünlands haben (→ Birrer et al. 2019). Im Kanton Basel-Landschaft etwa wurde im Rahmen einer Erfolgskontrolle der Biodiversitätsförderung im Landwirtschaftsgebiet (2010–2016) nachgewiesen, dass auf BFF mit Qualitätsstufe II viermal mehr Tagfalter-Arten und zehnmal mehr Tagfalter-Individuen vorkommen als in der durchschnittlichen landwirtschaftlichen Nutzfläche.

BFF wirken auch auf grossräumiger Landschaftsebene: Eine Auswertung von BDM-Daten aus 44 Landschaftsquadraten (je 1 km^2) im Mittelland zeigt, dass in Gebieten mit einem höheren Anteil an BFF deutlich mehr Tagfalter- und Brutvogelarten sowie Individuen vorkommen (→ Zingg et al. 2019). Steigt der Anteil der BFF-Flächen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche von 5 auf 15 %, nimmt die Artenvielfalt der Tagfalter um 22 % und jene der Brutvögel um 10 % zu. Die Brutvögel profitieren vor allem von BFF mit hoher ökologischer Qualität.

7 Siedlungsraum

Unsere Dörfer und Städte beherbergen bemerkenswert viele Tier-, Pilz- und Pflanzenarten. Sie dienen teils als Refugien für Arten, die in den Wirtschaftswäldern, an den verbauten Gewässern und im intensiv genutzten Agrarland keine Lebensräume mehr finden. Doch der Druck auf die Biodiversität im Siedlungsraum ist hoch: Bodenversiegelungen, Luftbelastungen, Lichtemissionen, Biozide und Pflanzenschutzmittel sowie eine intensive Pflege und monotone Gestaltung von Privatgärten und öffentlichen Freiräumen schränken die Biodiversität immer stärker ein. Um sie erhalten und fördern zu können, braucht es ausreichend grosse Flächen und eine Vernetzung mit dem Umland. Der Bund hat mit dem aktualisierten Landschaftskonzept Schweiz Qualitätsziele festgelegt, an der sich die Raumplanung zu orientieren hat: Gefordert werden u. a. eine qualitätsvolle Siedlungsentwicklung nach innen, vielfältige naturnahe Grün- und Gewässerräume sowie eine aktive Gestaltung der Siedlungsränder, sodass der Siedlungsraum einen Beitrag zur ökologischen Vernetzung leistet.

Bedeutung der Siedlungsnatur für den Menschen

Strukturreiche Grünflächen und eine hohe Durchgrünung des Siedlungsraums sind nicht nur für Tiere und Pflanzen nützlich, sie verbessern auch die Lebensqualität und das Wohlbefinden der Menschen. Dieser Einfluss steigt mit zunehmender Vielfalt an Pflanzen, Tagfaltern und Vögeln in den Grün- und Freiräumen (→Scopelliti et al. 2012, Korpela et al. 2018, Carrus et al. 2015). In Parkanlagen und Naherholungsgebieten findet die Bevölkerung Erholung und Inspiration, aber auch Möglichkeiten für soziale Kontakte mit Menschen verschiedenen Alters und unterschiedlicher kultureller Prägung. Grün- und Gewässerflächen fördern zudem die Luftzirkulation und verbessern das städtische Mikroklima. Mit dem Klimawandel gewinnen sie – als kühlende Elemente – gerade in den dicht bebauten Städten an Bedeutung. Auch Stadtbäume erbringen vielfältige Leistungen und erhöhen die Wohn- und Aufenthaltsqualität: Ihre Blätter binden Staub und Gase, ihr Wurzelraum speichert Wasser, ihr Schattenwurf gleicht Temperaturextreme aus und reduziert den Kühlbedarf von Bauten. Eine gute Durchgrünung der Siedlungsräume verbessert zudem die Versickerungsleistung bei Starkniederschlägen und senkt das Hochwasserrisiko.

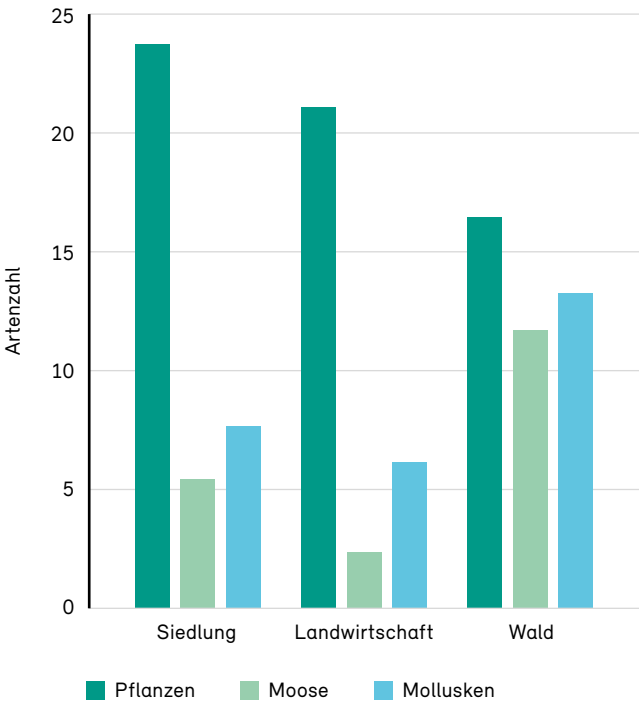
7.1 Erstaunlich hohe Artenvielfalt

In der Schweiz verlief die Verstädterung bis Mitte des 20. Jahrhunderts eher zögerlich, danach aber umso rasanter. Seit 1970 hat sich die Siedlungsfläche fast verdoppelt (siehe BFS, Arealstatistik). Viele ökologisch wertvollen Lebensräume wie südexponierte Trockenwiesen oder Obsthaine im direkten Umfeld der Siedlungen gingen dadurch verloren; zahlreiche Bäche im Bereich der Überbauungen wurden eingedolt und somit wichtige Vernetzungsgebiete für Arten blockiert. Siedlungen können aber auch einen Ersatz für Lebensräume bieten, die aus den intensiv genutzten Landschaften verschwunden sind. Gärten, Park- und Friedhofsanlagen, Einzelbäume und Baumgruppen, Schuttflächen, Brachen, Böschungen entlang von Strassen und Schienen, Kieswege, offene Wasserflächen, begrünte Flachdächer, Fassaden und Mauerritzen bilden ein Mosaik von Lebensräumen, von dem zahlreiche Arten profitieren können.

So wurden im Gemeindegebiet von Bern in den letzten 20 Jahren 1040 einheimische Wildpflanzenarten (inkl. Unterarten) entdeckt, das entspricht ca. 35 % der schweizerischen indigenen Flora (→ Info Flora 2020). Mehr als 100 dieser Arten sind schweizweit gefährdet, 108 Arten zählen zu den National Prioritären Arten. Wie wichtig der Siedlungsraum für die Pflanzen ist, zeigen auch Analysen mit Daten des BDM. Vergleicht man die Artenvielfalt im Siedlungsraum mit den umliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen oder dem Wald in ähnlichen Höhenlagen,

Abb. 27: Vergleich der Artenvielfalt von Pflanzen, Moosen und Mollusken zwischen Siedlung, Landwirtschaft und Wald für Aufnahmeflächen unterhalb von 750 m ü. M. und Flächen, die nicht komplett versiegelt waren

Die Artenzahlen im Siedlungsraum sind im Mittel durchwegs höher als diejenigen im Landwirtschaftsgebiet.



Quelle: BDM

zeigt sich, dass der Siedlungsraum eine höhere Artenzahl aufweisen kann (Abb. 27) (Kohli 2005). Bei den Moosen hat sich im Siedlungsraum gar eine eigene Artenzusammensetzung ausgebildet. Das konkurrenzschwache Silbermoos etwa war früher ein eher seltener Bewohner von Felsen und Flussauen und ist heute im Siedlungsraum sehr häufig anzutreffen (→ Dräger 2009).

Als Wärme- und Trockeninseln bieten Städte und Agglomerationen auch geeignete Lebensbedingungen für wärmeliebende Insekten- und Reptilienarten sowie für Pflanzen, die Frost schlecht ertragen und ansonsten nur in südlicheren Gebieten vorkommen. Auch ursprüngliche Felsen- und Höhlenbrüter wie der Hausrotschwanz, die Mehlschwalbe oder der Mauersegler sowie verschiedene Fledermausarten können in Siedlungen zusätzliche Habitate erschliessen (→ Gloor et al. 2010). Allerdings gingen in den letzten Jahren infolge von Gebäudesanierungen und -abrissen viele (potenzielle) Nistplätze und Zugänge an Gebäuden verloren (→ Knaus et al. 2018). Diese Verluste sind jedoch nicht endgültig: Mit künstlichen Nisthilfen lässt sich dem Trend entgegenwirken.

Ein wichtiges Merkmal des Siedlungsraums ist die durch die vielfältigen Bautätigkeiten ausgelöste Dynamik: Diese kommt vor allem den Pionierarten zugute. Ruderalpflanzen etwa können sehr schnell und effektiv einen pflanzenfreien Rohbodenstandort besiedeln. Von diesem Blütenangebot sowie den kargen Bodenverhältnissen profitieren auch spezialisierte Wildbienen- und Tagfalterarten.

Typisch für den Siedlungsraum sind kleine und meist isolierte Populationen von Tieren und Pflanzen. Das Risiko, dass einzelne Bestände aussterben, ist deshalb gross. Besonders hohen Risiken ausgesetzt sind die wenig mobilen Arten (z. B. Schnecken und Laufkäfer) sowie jene Arten, die nur spezifische Grünräume besiedeln und das bebaute Gebiet meiden (z. B. Amphibien). Die Aufgabe oder die Neuaufnahme einer wirtschaftlichen Tätigkeit oder Nutzungsänderungen in einzelnen Zonen können deren Bestände rasch dezimieren (→ Lambelet-Haueter et al. 2010). Ausserdem hängt die Biodiversität im bebauten Gebiet stark vom Angebot naturnaher Lebensräume in den umliegenden Wäldern, Feldern, Wiesen und Gewässern ab (→ Lambelet-Haueter et al. 2010). Sie lässt sich nur zusammen mit diesen erhalten und ist auf eine gute Vernetzung angewiesen.

7.2 Lebensräume unter Druck

Die Siedlungsflächen bedecken 7,9 % der Fläche der Schweiz (Arealstatistik, Stand 2018 (→ BFS 2022). Die jüngsten Daten aus der West- und Nordwestschweiz zeigen, dass sich das Siedlungswachstum in den letzten Jahren – parallel zur Bevölkerungsentwicklung – etwas abgeschwächt hat (→ BAFU/WSL 2022). Doch mit

Profiteure und Verlierer der Urbanisierung
Eine Studie mit Daten des BDM (→ Concepción et al. 2015a) zeigt, wie die Raumentwicklung in der Schweiz die Artenzusammensetzung verändert. Bei zunehmender Zersiedlung der Landschaft steigt die Artenzahl der Neophyten sowie der urbanen Vogelarten, während einheimische Pflanzen und bodenbrütende Vögel seltener werden. Auf die Urbanisierung (Zunahme an Siedlungsflächen) reagieren insbesondere die mobilen Arten stark (→ Concepción et al. 2015b). Bei den Pflanzen fördert sie die sehr mobilen Arten wie die typischen Besiedler von Pionierlebensräumen, die sich rasch eine Nische erschliessen können. Hingegen übt die Urbanisierung einen negativen Einfluss auf die stark spezialisierten Vogel- und Tagfalterarten aus. Diese Arten sind zumeist auf grosse Aktionsräume angewiesen und reagieren sensibel auf Flächenverluste und eine Fragmentierung der Lebensräume. Eine funktionierende ökologische Infrastruktur ist daher für diese Arten unerlässlich.
Mit differenzierten und sorgfältig geplanten Massnahmen im Siedlungsraum kann ein beachtlicher Teil unserer Flora und Fauna gefördert werden. Insbesondere den Agglomerationsgemeinden kommt beim Aufbau einer ökologischen Infrastruktur zur Sicherung des Raums für die Biodiversität eine wichtige Rolle zu, da die Bautätigkeit in diesen Gebieten im Zuge der baulichen Entwicklung gegen Innen am grössten sein wird. Bereits heute leben 85 % der Schweizer Bevölkerung in Agglomerationen, und diese Zahl wird in den nächsten Jahren weiter steigen.

der gesetzlich geforderten Siedlungsentwicklung nach Innen steigt der Druck auf die typischen Lebensräume des Siedlungsraums wie Brachen, Pionierstandorte oder alte, extensiv gepflegte Gärten. Als Folge der dichteren Bebauung, aber auch des Trends zu vermeintlich pflegeleichten Plätzen stieg der Versiegelungsgrad im Siedlungsgebiet zwischen 1982 und 2015 von 59,1 % auf 63,6 %.

Verändert hat sich auch die Art der Versiegelung: Fugenlose Asphaltbeläge und Betonmauern ersetzen vielerorts Kopfsteinpflaster, Naturhartplätze und Trockenmauern. Sie machen das Aufkommen tierischen und pflanzlichen Lebens nahezu unmöglich. Ausserdem ist seit einigen Jahren sowohl in den Privatgärten als auch auf öffentlichen Flächen ein Trend zu Schottergärten zu beobachten (→ Bundesrat 2022b, Rotenbühler 2017). Diese Anlagen sind nahezu biodiversitätsfrei und heizen sich im Sommer enorm auf. In vielen Privatgärten finden sich zudem exotische Gehölzarten, die unseren Insekten und Vögeln keine Nahrung bieten. Darunter sind auch invasive Neophyten wie der Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) oder der Sommerflieder (*Buddleja davidii*).

Glasfronten bergen vor allem für Vögel eine grosse Kollisionsgefahr. Gemäss Schätzungen prallen in der Schweiz jedes Jahr mehrere Millionen Vögel an Glasscheiben und sterben an den Folgen. Eine weitere Bedrohung für die Vögel, aber auch für Reptilien, Amphibien und kleine Säuger sind Hauskatzen. Ihre grosse Anzahl in bebauten Gebieten (in der Stadt Zürich leben bis zu 430 Individuen pro km^2) übt einen starken Druck auf die Kleinfauna der Städte aus (→ Kistler et al. 2013). Gemäss einer Schätzung des nationalen Daten- und Informationszentrums für Amphibien und Reptilien töten Hauskatzen jährlich mehr als eine halbe Million Amphibien und Reptilien. Aus diesem Grund können sich diese auch in naturnah angelegten und gepflegten Gärten oft nicht ansiedeln.

Problematisch für die Biodiversität ist auch die in vielen Fällen zu intensive und undifferenzierte Pflege öffentlicher und privater Grünflächen. Eine intensive Pflege mit frühen und mehrmaligen Schnitten fördert das Aufkommen von Generalisten und führt beispielsweise in alten Parkanlagen oder Gärten zum Verschwinden historisch gewachsener Artengemeinschaften.

Reptilien – die am stärksten gefährdete Wirbeltiergruppe in der Schweiz

16 Reptilienarten kommen bei uns vor. Ihre Bestände sind in den letzten Jahrzehnten in weiten Teilen der Schweiz zurückgegangen, manche Arten sind regional sogar ganz verschwunden wie beispielsweise die Aspisviper im nördlichen Jura oder die Schlingnatter in Teilen des Mittellandes. Mittlerweile gelten zwei Arten als «vom Aussterben bedroht», neun als «stark gefährdet» und zwei als «verletzlich»; eine weitere Art gilt als «potenziell gefährdet» und steht ebenfalls unter besonderer Beobachtung. Gefährdet sind vor allem jene Arten, die auf tiefer gelegene Lebensräume angewiesen sind (unterhalb ca. 1000 m ü. M.) und entsprechend unter der Intensivierung der Landwirtschaft und der Zersiedelung leiden.

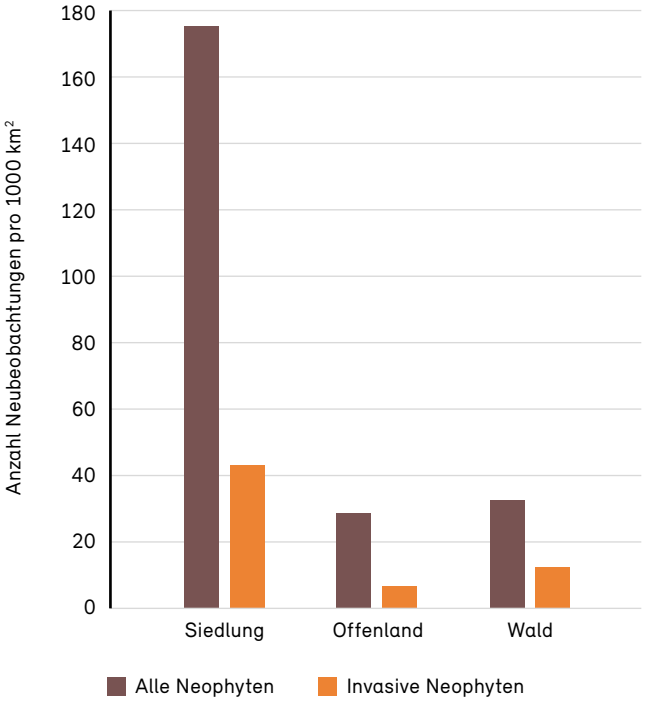
Sterile Gartenanlagen und fehlende Brutnischen sind auch die Hauptgründe für den Rückgang der Vogelbestände typischer Siedlungsarten. Untersuchungen zeigen, dass etwa die Bestände der Mehlschwalbe, des Grauschnäppers und des Stieglitzes zwischen 1993/1996 und 2013/2016 im Siedlungsgebiet stark abgenommen haben (→ Knaus et al. 2019).

Auch Pflanzenschutzmittel können die Biodiversität im Siedlungsraum beeinträchtigen. Schätzungen gehen davon aus, dass von der gesamten PSM-Wirkstoffmenge 10–15 % im Siedlungsraum und 85–90 % in der Landwirtschaft eingesetzt werden (→ Vision Landwirtschaft 2016). In einer Umfrage des BAFU gab mehr als die Hälfte der Befragten (Private und Fachleute) an, Herbizide im Unterhalt einzusetzen, zum Teil auch auf Flächen, auf welchen die Anwendung nicht erlaubt ist (→ Gubser & Butterweck 2018). Hinzu kommen beträchtliche Mengen an Bioziden (Desinfektionsmittel, Schutzmittel etc.): Werden sie im Aussenbereich angewendet (z. B. an Fassaden), können die Stoffe durch Regen ausgewaschen werden und in die Gewässer gelangen, wo sie potenziell Gewässerlebewesen schaden.

Negativ auf die Fauna und Flora wirkt sich auch das künstliche Licht aus. In den letzten 20 Jahren haben sich die gegen oben gerichteten Lichtemissionen in der Schweiz zwischen 1994 und 2012 mehr als verdoppelt – Tendenz steigend

(→ Rey et al. 2017). Seit 1996 gibt es im Schweizer Mittelland keinen Quadratkilometer mehr mit absoluter Nachtdunkelheit (→ Rey et al. 2017). Von Lichtverschmutzung besonders betroffen sind Fledermäuse: Die nachtaktiven Jäger sind auf dunkle Flugkorridore, Jagdgebiete und Verstecke angewiesen. Auch für die nachtaktiven Insekten ist das künstliche Licht eine Gefahr, denn es lockt sie von ihrem natürlichen Lebensraum weg. Anstatt Nahrung zu suchen, sich zu paaren oder Eier zu legen, verfliegen die Insekten ihre Energievorräte an den Lampen oder verfallen in lichtgesteuerte Tagespassivität. Es besteht die Gefahr, dass sie an Übermüdung sterben, an der Lichtquelle verbrennen oder leichte Beute für Räuber werden. Der Rückgang an nachtaktiven Insekten hat auch Folgen für die Pflanzen, da tagaktive Bestäuber den Verlust der nächtlichen Bestäubungsleistung nicht kompensieren können (→ Knop et al. 2017).

Abb. 28: Neophyten breiten sich am stärksten in jenen Bereichen der BDM-Messflächen aus, die im Siedlungsgebiet liegen.
Pro 1000 km² wurden bei der Erhebung 2017/2021 174 Neophyten festgestellt, die bei der Erhebung 2003/2007 noch nicht erfasst wurden. Diese Dichte an Neubeobachtungen ist deutlich höher als im Wald und Offenland. Werden nur die invasiven Neophyten betrachtet, zeigt sich ein ähnliches Muster.



Quelle: BDM

Eingeführte Arten breiten sich aus
Nach aktuellem Wissensstand kommen in der Schweiz rund 1300 eingeführte Arten in der Umwelt vor (→ BAFU 2022c). Während sich der grösste Teil dieser Arten unauffällig in unsere Ökosysteme einfügt, sind etwa 200 dieser Arten als invasiv zu bezeichnen. Von ihnen ist bekannt, dass sie Mensch und Umwelt gefährden oder dass sie die biologische Vielfalt, Ökosystemleistungen sowie deren nachhaltige Nutzung beeinträchtigen können. Es ist davon auszugehen, dass der Klimawandel und die Zunahme des internationalen Handels die Ausbreitung eingeführter Arten zusätzlich begünstigt und dazu führt, dass sich immer mehr dieser Arten invasiv verhalten. Analysen der BDM-Daten zeigen, dass die Neophyten (invasive und nicht invasive) doppelt so stark zunehmen wie die übrigen Pflanzengruppen (→ Hutter & Bühler 2018). Besonders ausgeprägt ist die Zunahme in den tiefen Lagen und den stark besiedelten Regionen der Schweiz.

7.3 Neophyten auf dem Vormarsch

Als Einbringungszentren und aufgrund ihrer vielen Umbruchflächen (Baustellen, Brachen etc.) bieten Städte und Agglomerationen ideale Bedingungen für die Ausbreitung von Neophyten. Viele dieser eingeführten Arten profitieren auch von den Wärmeinsel-Effekten in den dicht bebauten Gebieten und vom Klimawandel (→ Nobis et al. 2009). Es überrascht deshalb nicht, dass das BDM eine starke Zunahme von Neophyten im Siedlungsraum ausweist (Abb. 28) (→ Hutter & Bühler 2018), ein Grossteil davon gilt als invasiv. Ihre Ausbreitung ist problematisch, weil sie andere Arten verdrängen, sich mit verwandten Arten vermischen und Lebensräume zuungunsten von anderen Arten verändern.

7.4 Biodiversität braucht Raum

Auch wenn das Bewusstsein für den Wert von Flächen mit einer hohen Biodiversität steigt, gibt es noch Defizite beim Verständnis, sie untereinander zu vernetzen. Auch mangelt es an grossen zusammenhängenden Arealen, die insbesondere für die Lebensraumspezialisten sowie die

gefährdeten und seltenen Arten wichtig sind. Je grösser eine Fläche ist, umso vielfältiger sind tendenziell die Habitatstrukturen und Mikrohabitate (→ Bolger et al. 2000). Eine Analyse mehrerer Untersuchungen in 75 Städten auf der ganzen Welt zeigt, dass die Artenvielfalt ab einer Flächengrösse von etwa 27 Hektaren markant steigt (→ Beninden et al. 2015). Generalisten kommen vorwiegend in kleineren Flächen von durchschnittlich 4,4 Hektaren vor, während sich Spezialisten auf grossen Grünflächen von durchschnittlich 53,3 Hektaren zeigen. Auch kleine Flächen können, wenn sie gut vernetzt sind, eine wichtige Rolle spielen (→ Vega & Küffer 2021).

Um auch im Siedlungsgebiet ausreichend Raum für die Biodiversität zu erhalten oder zu schaffen, gilt es, Grün- und Freiflächen verstärkt in die Agglomerationspolitik sowie auf allen Ebenen der Raumplanung zu berücksichtigen. Das 2020 aktualisierte Landschaftskonzept Schweiz liefert den übergeordneten Orientierungsrahmen bezüglich einer nachhaltigen Raumentwicklung in der Schweiz. Zu den darin enthaltenen Landschaftsqualitätszielen zählt die Forderung, dass städtische Landschaften qualitätsorientiert zu verdichten und ihre Grünräume zu sichern sind. Periurbane Landschaften sind vor weiterer Zersiedlung zu schützen. Ihre Siedlungsränder sind so zu gestalten, dass sie für die Bevölkerung als Erholungsraum attraktiv sind und einen Beitrag zur ökologischen Vernetzung leisten.

Wie das raumplanerische Instrumentarium zur Förderung von Landschaftsqualität und Biodiversität optimal genutzt werden kann, untersucht derzeit das Projekt «Biodiversität und Landschaftsqualitäten in Agglomerationen fördern». Das Pilotprojekt des Aktionsplans zur Umsetzung der Strategie Biodiversität Schweiz wird mit Vertretenden aller Staatsebenen umgesetzt. Zudem hat der Bund 2022 Empfehlungen für Musterbestimmungen veröffentlicht. Diese unterstützen Kantone und Gemeinden dabei, die Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet in ihren Gesetzes- und Planungsinstrumenten effektiv zu verankern (→ BAFU 2022a).

Ein wichtiges Instrument zur Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum ist der ökologische Ausgleich. Mit seinem Gegenvorschlag zur Biodiversitätsinitiative will der Bundesrat den ökologischen Ausgleich im Siedlungsgebiet ankurbeln. Vorgesehen ist, dass sich der Bund im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich mit zusätzlich 25 Millionen Franken pro Jahr an den Kosten der Kantone für den ökologischen Ausgleich beteiligt. Im Siedlungsgebiet sollen Bund und Kantone finanzielle Anreize setzen können, damit Grundeigentümerinnen und Grundeigentümer naturnahe Grün- und Gewässerflächen schaffen.

7.5 Sanierung der Wildtierkorridore

Auch die Wildtierkorridore gilt es vor allem im Mittelland und in den intensiv genutzten Tälern raumplanerisch zu sichern und, wo nötig und möglich, zu sanieren. Wenn die Bewegungsachsen der Tiere durch Strassen, Bahnen, Siedlungen, kanalisierte Gewässer oder intensiv genutzte Landwirtschaftsflächen zerschnitten sind, können die Tiere nicht mehr frei zwischen ihren Futter-, Ruhe- und Fortpflanzungsplätzen wandern oder neue Gebiete besiedeln. Der Austausch zwischen Tierbeständen verschiedener Gebiete ist entscheidend für ihr Fortbestehen. Je kleiner und isolierter die Population, desto grösser ist das Risiko, dass die Art ausstirbt.

Wirtschaft und Private schaffen naturnahe Flächen
Seit über 20 Jahren fördert die Stiftung Natur&Wirtschaft die naturnahe Gestaltung von Firmenarealen, Kiesabbaustellen, Wohnsiedlungen, Schulanlagen und seit 2019 auch jene von Privatgärten. Bis heute entstanden auf über 600 zertifizierten Arealen rund 40 Millionen Quadratmeter naturnahe Fläche, die einen bedeutenden Beitrag zur Artenvielfalt leisten. Für neue Naturflächen im Siedlungsgebiet hat sich auch die Aktion «Mission B» der Schweizerischen Radio- und Fernsehgesellschaft SRG eingesetzt. Ziel der Aktion war es, die Bevölkerung für die Biodiversität zu sensibilisieren und dazu anzuregen, Flächen in ihrem Wohnumfeld naturnah zu gestalten und mit einheimischen Arten zu bepflanzen. Zwischen Frühjahr 2019 und Herbst 2020 wurden in über 1500 Gemeinden insgesamt über 1,9 Millionen Quadratmeter neue Naturflächen angelegt. Das Projekt wird unter einer neuen Trägerschaft (Verein «Festival der Natur») weitergeführt.

Bund und Kantone haben 303 Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung erfasst und beschrieben. Eine Studie des BAFU aus dem Jahr 2019 hat gezeigt, dass 15 % der überregionalen Wildtierkorridore weitgehend unterbrochen sind und von Wildtieren nicht mehr benutzt werden können (→ ASTRA/BAFU 2019). Über die Hälfte der Korridore sind beeinträchtigt und nur etwa ein Drittel gilt als intakt. In Zusammenarbeit mit dem BAFU erarbeitet das Bundesamt für Strassen (ASTRA) Projekte für Wildtierpassagen, die es erlauben, Autobahnstrecken im Perimeter von Wildtierkorridoren passierbar zu machen. Seit 2003 wurden elf Korridore durch den Bau von neuen Wildtierpassagen saniert, weitere 21 Bauwerke sind in der Projektierungsphase. Im Rahmen des Aktionsplans Biodiversität werden die Bemühungen zur Sanierung der Wildtierkorridore verstärkt. Identifiziert wurden auch Standorte an Strassen und Bahnen, die für die Amphibien besonders relevant (und gefährlich) sind und nun saniert werden können. Das Parlament hat 2022 Bestimmungen ins Jagdgesetz aufgenommen, welche die Wildtierkorridore und ihre Funktionalität sichern will.

7.6 Aufwertung der Strassen- und Bahnböschungen

Strassen und Schienen haben eine beträchtliche Barrierewirkung auf Wirbellose, Amphibien, Reptilien, Säugetiere und auch auf die Flora. Gleichzeitig übernehmen sie mit ihren kilometerlangen Böschungen eine wichtige Funktion für die Längsvernetzung und können wertvolle Lebensräume anbieten. Im Rahmen von Pilotprojekten des Aktionsplans Biodiversität sind die Bahnbetreiber und das ASTRA daran, auf mindestens 20 % der Nationalstrassen- und Bahnböschungen eine extensive Pflege anzuwenden.

7.7 Massnahmen gegen die Lichtverschmutzung

Noch wenig fortgeschritten ist die Sicherung bzw. Sanierung von Dunkelkorridoren, auf die viele Fledermausarten existenziell angewiesen sind. Fledermäuse fliegen entlang von nachtdunklen Strukturen (Hecken, Baumalleen etc.) von ihren Tagesquartieren in die Jagdlebensräume und zurück. Mit der Lichtverschmutzung und Ausräumung der Landschaft sind diese Flugkorridore unter Druck und drohen zu verschwinden. Mit finanzieller Unterstützung des BAFU entwickelt die WSL derzeit eine Methode zur Identifizierung nachtdunkler Fledermaus-Flugkorridore. Verifizierte Korridore sollen künftig raumplanerisch erfasst und für Fledermäuse und andere Tier- und Pflanzenarten aufgewertet werden.

Immer mehr Gemeinden treffen Massnahmen gegen die Lichtverschmutzung. In Langnau am Albis (ZH) etwa sind die Quartierstrassen mit Radarmeldern und die Gehwege mit Bewegungsmeldern ausgerüstet. So kann die Lichtemission auf 20 % gesenkt werden. In Le Cerneux-Péquignot (NE) wird die Beleuchtung zwischen 22 und 24 Uhr reduziert, danach wird es bis 6 Uhr morgens ganz dunkel. Und in Lausanne (VD) ergänzt ein «Plan des ombres» den «Plan de lumière». Darin sind Zonen ausgeschieden, in welchen auf den Einsatz von Licht verzichtet wird. Der Kanton Jura will auch ausserhalb der Ortschaften das Licht reduzieren und plant, die Strassen-Kandelaber im gesamten Kantonsgebiet vom Stromnetz zu nehmen.

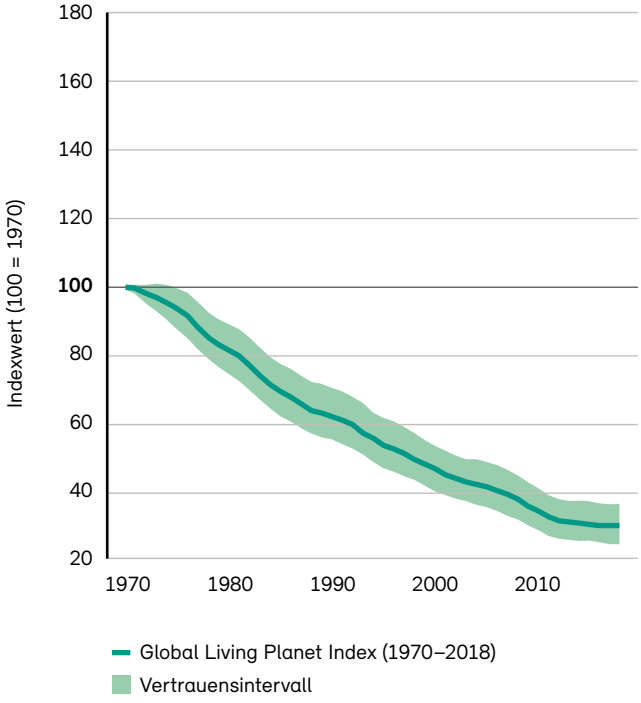
8 Internationales und Ausblick

Die Biodiversität hat nicht nur in der Schweiz aber auch weltweit stark abgenommen (Abb. 29). Als Hauptursachen für die Verluste nennt der Weltbiodiversitätsrat IPBES: Landnutzungsänderungen, Ressourcenübernutzung, Klimawandel, Verschmutzung und gebietsfremde Arten. Eine Trendwende kann laut IPBES nur durch einen transformativen Wandel in allen Bereichen der Gesellschaft und eine nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen erreicht werden (Abb. 30).

8.1 Schweizer Konsum beeinträchtigt die globale Biodiversität

Der ökologische Fussabdruck gibt Auskunft darüber, wie stark wir durch unseren Lebensstil Ressourcen verbrauchen und die Ökosysteme beanspruchen. Derzeit verbraucht die Menschheit mehr natürliche Ressourcen als sich jährlich erneuern. Besonders hoch ist der ökologische Fussabdruck der Schweizer Bevölkerung: Laut einer Studie des BAFU konsumiert heute jede in der Schweiz lebende Person im Schnitt 2,8-mal mehr Umweltleistungen und -ressourcen als global gesehen pro Person noch verfügbar sind (→ BFS 2016). In einer weiteren Studie wurde für die Schweiz der Biodiversitäts-Fussabdruck berechnet (→ Frischknecht et al. 2018). Dieser Indikator quantifiziert das langfristig zu erwartende Verlustpotenzial durch eine bestimmte Landnutzung gegenüber einem unberührten, natürlichen Referenzzustand. Pro Person hat der Druck des schweizerischen Konsums auf die Biodiversität von 2000 bis 2018 um rund 8 % zugenommen. Dabei erhöhte sich der Druck im Ausland stark und kontinuierlich, während der inländische Anteil am Biodiversitäts-Fussabdruck von 42 auf 30 % abnahm (Abb. 31). Nahrungs- und Futtermittel haben den grössten Anteil am importierten Biodiversitäts-Fussabdruck (→ Nathani et al. 2022).

Abb. 29: Der Global Living Planet Index zeigt den weltweit starken Rückgang der Biodiversität zwischen 1970 und 2018.
Im Schnitt nahmen die untersuchten Bestände (16 704) von 4005 Wirbeltierarten um durchschnittlich 60 % ab (grüne Linie).



Quelle: WWF/ZSL, 2020

IPBES erarbeitet Berichte und Szenarien für politische Entscheidungsträger
Der Weltbiodiversitätsrat IPBES ist eine zwischenstaatliche wissenschaftliche Plattform, welche die politischen Entscheidungsträger mit Informationen über den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität und ihrer Ökosystemleistungen bedient. Die zumeist regionen- oder themenspezifischen Einschätzungen (Assessments) werden von Expertengruppen erarbeitet und vom IPBES-Plenum verabschiedet. Im Mai 2019 publizierte der Weltbiodiversitätsrat den zweiten Globalen Zustandsbericht nach dem Millennium Ecosystem Assessment von 2005. Der neue Bericht wurde von 145 führenden Fachleuten aus mehr als 50 Ländern verfasst. Die Schweiz spielte bei der Erstellung dieses Berichts eine wichtige Rolle. Neben den Zustandsberichten und «Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger» stellt der Weltbiodiversitätsrat der Politik auch Methoden der Szenarienanalyse und der Modellierung von Biodiversität und ihres Nutzens für den Menschen zur Verfügung (→ IPBES 2016). Mithilfe solcher Szenarien lässt sich beispielsweise ablesen, wie sich die Ökosysteme und ihre Dienstleistungen unter verschiedenen Politikdesigns und staatlichen Massnahmen entwickeln.

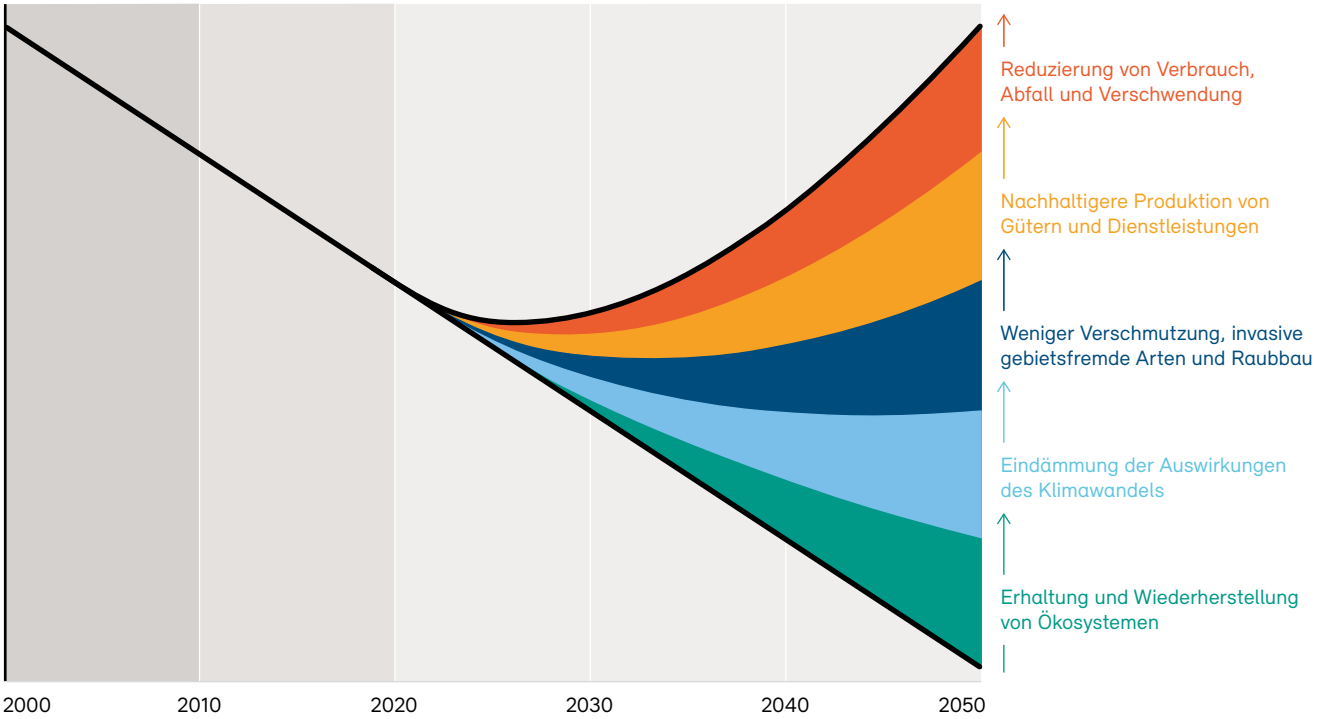
8.2 Die Hebel der Finanzwirtschaft

Noch grösser wäre unser Biodiversitäts-Fussabdruck, wenn die Effekte des Finanzplatzes Schweiz in die Bilanzen einfliessen würden. Mit ihren Investitionsentscheiden hat die Finanzwirtschaft einen wesentlichen Einfluss auf den globalen Ressourcenverbrauch und die Entwicklung der Biodiversität. Und sie hat ein Eigeninteresse, dass die mit den Biodiversitätsverlusten verbundenen Risiken verringert werden (→ WWF France 2019). Der Global Risks Report 2021 des World Economic Forum (WEF) zählt Biodiversitätsverluste zu den grössten Risiken für die Weltwirtschaft. Diese Risiken betreffen auch die Finanzbranche: Anlagen drohen an Wert zu verlieren, wenn die Biodiversität zurückgeht und die Ökosysteme ihre Funktionsfähigkeit verlieren und damit Probleme in den globalen Lieferketten auftreten (→ OECD 2019). Auch Reputationsschäden können zu massiven Abwertungen führen. Umgekehrt bieten nachhaltige Anlagen mehr Sicherheit sowie Reputationsgewinne (→ WWF France 2019).

Trotz grosser jährlicher Wachstumsraten sind nachhaltige Anlageprodukte immer noch eine Marktnische und stehen bezogen auf Biodiversität erst am Anfang (→ SCNAT 2020). Auch fehlt es an wissenschaftlich fundierten Bewertungssystemen, um die Auswirkungen wirtschaftlicher Tätigkeit auf Ökosysteme beurteilen zu können. Internationale Initiativen sind daran, entsprechende Bewertungssysteme aufzubauen. Erste Ansätze existieren bereits, etwa mit dem Tool ENCORE (siehe Box S. 81).

Die Schweiz will bei der Nachhaltigkeit eine Vorreiterrolle einnehmen: 2020 hat der Bundesrat einen Bericht und Leitlinien zur Nachhaltigkeit im Finanzsektor verabschiedet (→ Bundesrat 2020) und erste konkrete

Abb. 30: Die Biodiversitätstrends zeigen in «Business-as-usual»-Szenarien bis 2050 eine ungebremste Talfahrt.
Mit Massnahmen in einzelnen Politikbereichen lässt sich der Biodiversitätsrückgang verringern, das kombinierte Massnahmenpaket könnte den Rückgang sogar stoppen und umkehren, sodass ab 2030 Nettogewinne an Biodiversität möglich wären. Zu diesem Massnahmenpaket zählen: (1) bessere Erhaltung und Wiederherstellung von Ökosystemen; (2) Eindämmung der Auswirkungen des Klimawandels; (3) Massnahmen gegen Umweltverschmutzung, invasive gebietsfremde Arten und Raubbau; (4) nachhaltigere Produktion von Gütern und Dienstleistungen, insbesondere von Nahrungsmitteln; (5) Reduzierung von Verbrauch, Abfall und Verschwendung.



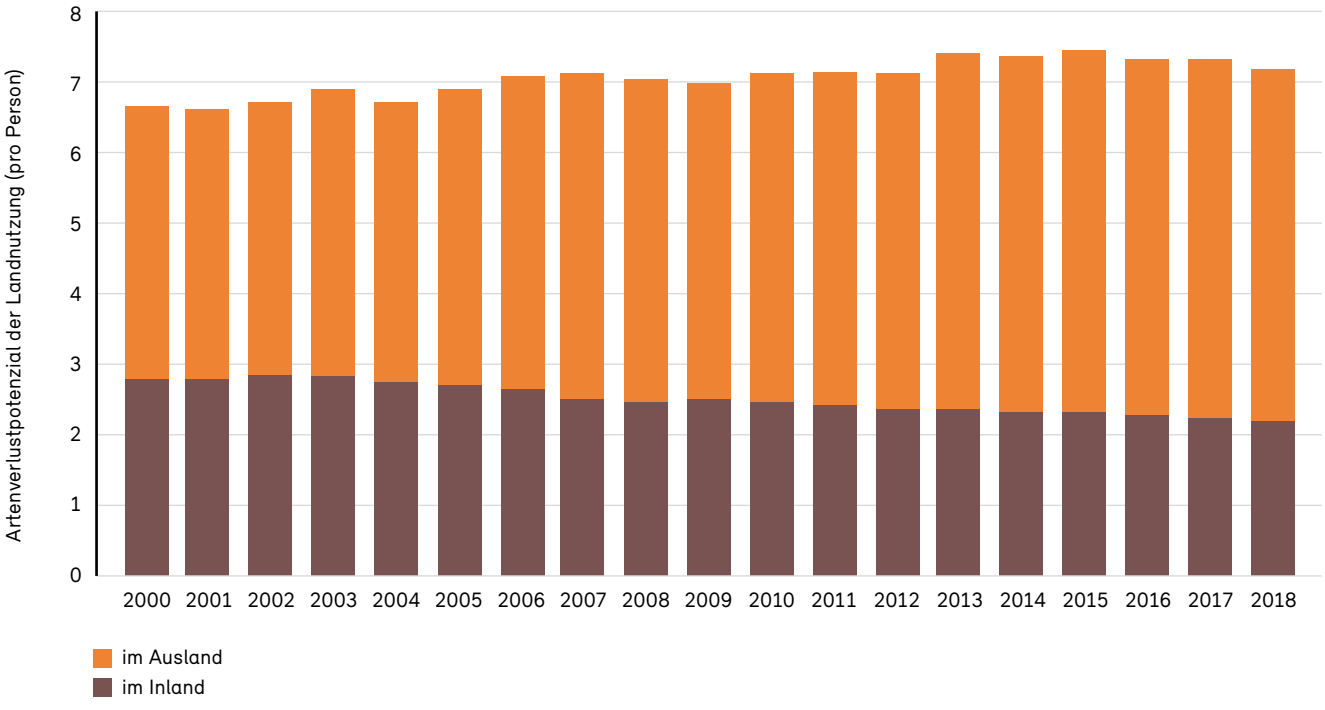
Quelle: CBD 2020

Massnahmen erlassen. Dabei sollen die Transparenz verbessert, die Risikoanalyse gestärkt und das internationale Engagement der Schweiz ausgeweitet werden. Ziel ist es, die Schweiz zu einem führenden Standort für nachhaltige Finanzdienstleistungen zu machen. Um diese Zielsetzung zu unterstreichen, beschloss der Bundesrat im November 2021, eine Grundlage für die Ausgabe grüner Staatsanleihen zu erarbeiten. Im Unterschied zu konventionellen Anleihen kann bei grünen Anleihen das aufgenommene Kapital nicht frei verwendet werden. Es darf ausschliesslich für die (Re-)Finanzierung von Projekten verwendet werden, die positive Auswirkungen auf die Umwelt haben. Die Emission von solchen grünen Anleihen soll die Anwendung internationaler Standards

ENCORE zeigt Risiken von Umweltschäden für Investoren auf

Mit dem Bewertungssystem ENCORE (Exploring Natural Capital Opportunities, Risks and Exposure) steht Investorinnen und Investoren seit 2019 ein wissenschaftlich fundiertes Tool zur freien Verfügung, das ihnen ermöglicht, Risiken von Umweltschäden zu identifizieren und zu mildern, aber auch Chancen zu erkennen, die sich durch Investitionen in «biodiversitätsfreundliche» Geschäftsfelder ergeben. Entwickelt wurde das Bewertungstool von der Natural Financial Capital Alliance (NCFA) mit finanzieller Unterstützung des Staatssekretariats für Wirtschaft (SECO). Die Datenbasis von ENCORE deckt rund 170 Wirtschaftssektoren und 21 Dienstleistungen der Ökosystemen zugunsten der Wirtschaft ab. In einer zweiten Projektphase (2019–2021) unter der Leitung des BAFU wurde das Tool auf der Grundlage einer neuen wissenschaftlichen Methode zur Bewertung des Einflusses der wirtschaftlichen Aktivitäten auf die Biodiversität und ihrer Beiträge für die Menschen weiterentwickelt. Damit können Investorinnen und Investoren messen, ob und in welchem Umfang ihre Aktivitäten zum Artenschwund und zur Beeinträchtigung der Ökosysteme beitragen. Finanziert wird die Weiterentwicklung von ENCORE mit Geldern aus dem Aktionsplan der Strategie Biodiversität Schweiz.

Abb. 31: Entwicklung des konsumbedingten Biodiversitäts-Fussabdrucks der Schweiz pro Person von 2000 bis 2018



Quelle: BAFU

in der Schweiz stärken. Damit kann der Bundesrat dazu beitragen, dass Akteure des Privatsektors zur Ausgabe grüner Anleihen ermutigt werden.

8.3 Internationale Verpflichtungen

Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung ist seit 2016 der global geltende Rahmen für die nationalen und internationalen Bemühungen zur gemeinsamen Lösung der grossen Herausforderungen der Welt. Kernbestandteil der Agenda 2030 sind die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals). Die Ziele 14 und 15 fordern, die Ökosysteme der Meere und auf dem Land zu schützen, wiederherzustellen und ihre nachhaltige Nutzung zu fördern sowie den Biodiversitätsverlust zu stoppen. Die Erhaltung der Biodiversität wird gar als Voraussetzung gesehen, um alle sozialen Ziele der Agenda 2030 erreichen zu können (Abb. 32) (CBD 2019).

Als wichtiger Beitrag zur Erreichung der Ziele gilt das CBD. Die Schweiz hat die Konvention 1994 ratifiziert. Die unterzeichnenden Staaten verpflichten sich, die biologische Vielfalt in ihren eigenen Ländern zu schützen, geeignete Massnahmen zum Schutz und zur Nutzung der Biodiversität in Entwicklungsländern zu unterstützen sowie den Zugang zu genetischen Ressourcen und deren Nutzung gerecht zu regeln. An der Konferenz der Vertragsparteien in Nagoya wurden 2010 der globale Strategische Plan für die Biodiversität 2011–2020 sowie Ziele («Aichi-Ziele») für die Dekade bis 2020 festgelegt. An der internationalen Biodiversitätskonferenz (CBD-COP15) im kanadischen Montreal vereinbarten die Vertragsstaaten einen neuen globalen Zielrahmen bis 2050 sowie neue operationelle Ziele für die nächste Dekade.

Daneben gibt es weitere internationale Konventionen, die bestimmte Arten oder spezifische natürliche Lebensräume abdecken, wie das Bonner Übereinkommen zur Erhaltung wandernder, wildlebender Tierarten (CMS), das Ramsar-Übereinkommen über Feuchtgebiete, die Konvention über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten freilebender Tiere und Pflanzen (CITES) sowie das Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (Berner Konvention). Alle diese Konventionen tragen zur Umsetzung des globalen Strategischen Plans der CBD bei.

8.4 Schweiz hat Aichi-Ziele nicht erreicht

Regelmässig veröffentlicht die Biodiversitätskonvention einen Bericht über den Zustand der globalen Biodiversität und die erreichten Fortschritte der Länder bei der Umsetzung des Strategischen Plans und dem Erreichen der Biodiversitätsziele. Im Unterschied zum Globalen Zustandsbericht des Weltbiodiversitätsrats berichtet der Global Biodiversity Outlook (GBO) der CBD überwiegend auf der Grundlage nationaler Berichte. Der im Herbst 2020 veröffentlichte fünfte GBO zeigt, dass in einigen Bereichen durchaus Fortschritte erzielt wurden (z. B. sinkende Entwaldungsraten, Zunahme der globalen Schutzgebietsfläche, höheres Bewusstsein für den Wert der Biodiversität), letztlich aber keines der 20 Aichi-Ziele von den 196 Vertragsstaaten vollständig erreicht wurde. Auch die Schweiz verfehlte die Vorgaben. In ihrem sechsten Nationalbericht (2018) weist sie zwar in fast allen Bereichen Fortschritte bei der Zielerreichung aus, allerdings gingen diese zu wenig rasch voran.

8.5 Aktionsplan wird in Etappen umgesetzt

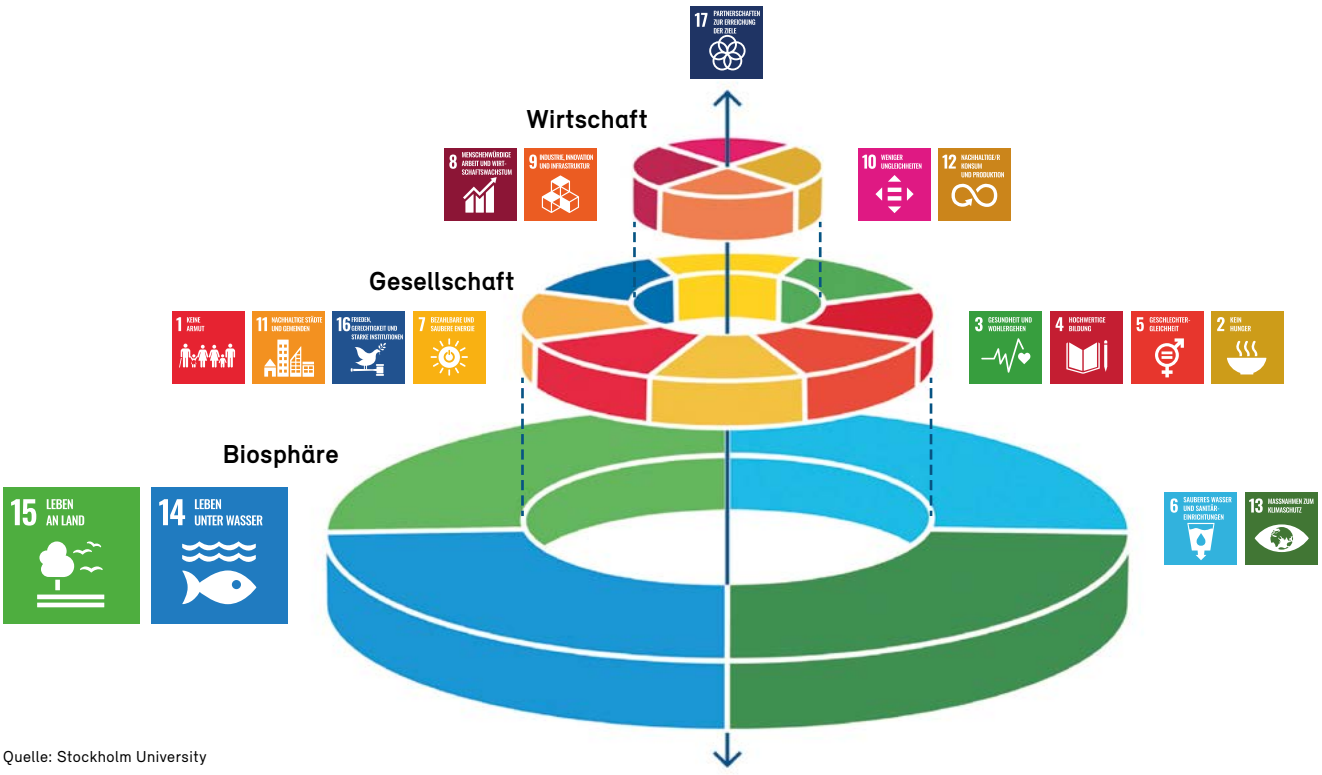
Mit der Unterzeichnung der Biodiversitätskonvention hat sich die Schweiz dazu verpflichtet, eine Biodiversitätsstrategie auszuarbeiten. Die Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) wurde 2012 vom Bundesrat verabschiedet. Die SBS stellt für die Biodiversität in der Schweiz zehn strategische Ziele auf, darunter den Aufbau und Unterhalt einer landesweiten ökologischen Infrastruktur sowie die nachhaltige Nutzung der Biodiversität. Im 2017 verabschiedeten Aktionsplan sind 26 Massnahmen in drei Aktionsbereichen aufgeführt:

- Die «Sofortmassnahmen» werden im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich zwischen Bund und Kantonen umgesetzt und decken die Bereiche Naturschutz (Basis: Natur- und Heimatschutzgesetz) und Waldbiodiversität (Basis: Waldgesetz) ab. Seitens Naturschutz betreffen die Sofortmassnahmen vorab Biotope von nationaler, aber auch solche von kantonaler und regionaler Bedeutung, die in einem qualitativ schlechten Zustand sind und saniert, aufgewertet oder unterhalten werden müssen.

Seitens Waldbiodiversität umfassen die Sofortmassnahmen die Schaffung und die Pflege von Waldreservaten, die Förderung von Alt- und Totholzinseln sowie von national prioritären Waldarten und -lebensräumen. Weiter schliessen die Sofortmassnahmen die Erstellung von Grundlagen für den Vollzug ein, zum Beispiel Kommunikations- oder Sensibilisierungsmassnahmen, und die Koordination von Akteuren im Umweltbereich. Zudem ermöglichen die Mittel auch die Umsetzung von Massnahmen der Strategie invasive gebietsfremde Arten. Der Bundesrat verlängerte die Sofortmassnahmen im Juni 2019 um weitere vier Jahre, von 2021–2024.

- «Synergiemassnahmen» haben zum Ziel, Rahmenbedingungen zu definieren und Synergiepotenziale zu nutzen, sodass die Biodiversität innerhalb einzelner Sektoren und Politikbereiche (z. B. Landwirtschaft, Raumplanung, Verkehr) besser gefördert werden kann. Dazu gehört beispielsweise, bestehende Instrumente zur Lebensraumförderung wirkungsvoller einzusetzen, Arbeitshilfen zur Verfügung zu stellen (z. B. im Siedlungsbereich) oder biodiversitätsrelevante Faktoren in Entscheidungsfindungsprozesse zu integrieren (z. B. Vermeidung von Fehlanreizen bei Subventionsvergaben im Inland oder bei der internationalen Biodiversitätsfinanzierung). Ausserdem muss die langfristige Sicherung des Raums für die Erhaltung der Biodiversität in Quantität, Qualität, Vernetzung und regional optimaler Verteilung konzeptionell verankert werden.
- «Massnahmen mit Pilotprojekten» gewährleisten erste konkrete und wirkungsvolle Schritte zur Umsetzung komplexer und aufwendiger Massnahmen. Zudem erlauben sie, in diesen komplexen Bereichen neue Ansätze zu

Abb. 32: Die Erhaltung der Biodiversität ist eine Grundvoraussetzung, um auch die anderen Ziele der Agenda 2030 erreichen zu können.
Ohne intakte Ökosysteme kann es keine soziale Gerechtigkeit, keine Chancengleichheit und keine nachhaltige Wirtschaft geben.



Quelle: Stockholm University

testen und weiterzuentwickeln, gegebenenfalls auch zu verwerfen. Dies betrifft vorab die Schaffung und die Weiterentwicklung der ökologischen Infrastruktur (z. B. durch die Förderung der regionalen Vernetzungsplanung), die Artenförderung (National Prioritäre Arten) sowie die Sensibilisierung von Anspruchsgruppen und der Öffentlichkeit für die Relevanz der Biodiversität für das Wohlergehen der menschlichen Gesellschaft. Die Pilotprojekte zeigen auf, wie die zur Verfügung stehenden Ressourcen in der Praxis effektiv und effizient für die Biodiversität eingesetzt werden können. Zudem ermöglichen sie die Entwicklung neuer oder alternativer Ansätze.

Literatur

Alexander und Seehausen 2021: Diversity, distribution and community composition of fish in perialpine lakes. «Projet Lac» synthesis report. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. 282 pages.

Allgaier Leuch et al. 2017: Naturnaher Waldbau im Klimawandel. Merkbl. Prax. 59.1. 8 S.

Alvarez und Lovera 2016: New Times for Women and Gender Issues in Biodiversity Conservation and Climate Justice. Development 59(3), 263–65.

ARE 2020: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Konzept Windenergie. Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen. Bern.

Arnold et al. 2009: Mehrwert naturnaher Wasserläufe. Untersuchung zur Zahlungsbereitschaft mit besonderer Berücksichtigung der Erschliessung für den Langsamverkehr. Umwelt-Wissen Nr. 0912. BAFU, Bern.

ASTRA/BAFU 2019: Bundesamt für Strassen (ASTRA), Bundesamt für Umwelt (BAFU), Funktionskontrolle Wildtierpassagen.

BAFU 2006: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Indikator Wasser. Gesamtschweizerische Hochrechnung auf Basis von kantonalen Erhebungen 1998–2006. *www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/zustand/indikatoren/indikator-wasser.html*

BAFU 2011: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Verantwortungsarten. BDM-FACTS Nr. 2 / Oktober 2011.

BAFU 2012a: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Auswirkungen der Klimaänderung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt «Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz» (CCHydro). Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1217: 76 S.

BAFU 2012b: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Biotope von nationaler Bedeutung: Konzept zur Aufwertung der Biotope von nationaler Bedeutung. Expertenbericht zu Handen von Bund und Kantonen. 31 S.

BAFU 2016: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Empfindlichkeit von Quell-Lebensgemeinschaften gegenüber Klimaveränderungen in den Alpen. Schlussbericht.

BAFU 2017: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Boden in der Schweiz. Zustand und Entwicklung. Stand 2017. Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1721: 86 S.

BAFU 2018a: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bericht zu Handen der UREK-S zu rechtlichen und sachlichen Fragen des Moorschutzes.

BAFU 2018b: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Revitalisierung Seeufer – Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Renaturierung der Gewässer. Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1834: 44 S.

BAFU 2019a: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Fischereistatistik. Fangertrag Bachforelle/Äsche in Fliessgewässern (2000–2019).

BAFU 2019b: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume. Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 99 S.

BAFU 2019c: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Mittelfluss, Empfänger und Wirkung der Investitionen in Naturschutz und Waldbiodiversität. Kantonsbefragung. Schlussbericht. Bern.

BAFU 2020a: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung – Stand und Handlungsbedarf. Bern.

BAFU 2020b: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Erläuternder Bericht zur Änderung der Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei. Verordnungspaket Umwelt Herbst 2020.

BAFU 2020c: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Landschaftskonzept Schweiz. Landschaft und Natur in den Politikbereichen des Bundes. Bern. Umwelt-Info Nr. 2011: 52 S.

BAFU 2020d: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Monitoring und Wirkungskontrolle Biodiversität. Übersicht zu nationalen Programmen und Anknüpfungspunkten. Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2005: 57 S.

BAFU 2020e: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Indikator Nährstoffe in Fliessgewässern. *www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-der-fliessgewaesser/wasserqualitaet-der-fliessgewaesser/naehrstoffe-in-fliessgewaessern.html*

BAFU 2020f: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sozioökonomische Analyse der Wirkungen von Investitionen in Naturschutz und Waldbiodiversität. Bern.

BAFU 2021: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Revitalisierung von Fliessgewässern. Stand Umsetzung Revitalisierungen 2011–2019.

BAFU 2022a: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Biodiversität und Landschaftsqualität im Siedlungsgebiet. Empfehlungen für Musterbestimmungen für Kantone und Gemeinden.

BAFU 2022b: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Der Wald aus Sicht der Schweizer Bevölkerung.

BAFU 2022c: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Übersicht über die gebietsfremden Arten und ihre Auswirkungen. 1. aktualisierte Auflage 2022. Erstausgabe 2006. Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2220.

BAFU 2022d: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Gewässer in der Schweiz. Zustand und Massnahmen. Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2207: 90 S.

BAFU 2022e: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Stand der Umsetzung der Biotopinventare von nationaler Bedeutung. Kantonsumfrage 2021. Bern.

BAFU 2023: Bundesamt für Umwelt (BAFU); InfoSpecies, Gefährdete Arten und Lebensräume in der Schweiz. Synthese Rote Listen. Umwelt-Zustand 2305: 58 S.

BAFU/BAG 2019: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Gesundheit (BAG), Umwelt und Gesundheit in der Schweiz. Eine facettenreiche Beziehung. Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1908: 61 S.

BAFU/BLW 2008: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0820. BAFU, Bern.

BAFU/BLW 2016: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Umweltziele Landwirtschaft. Statusbericht 2016. BAFU, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633: 114 S.

BAFU/NADUF: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Nationale Daueruntersuchung Fliessgewässer (NADUF), Indikator Temperatur von Fliessgewässern.

BAFU/WSL 2022: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Landschaft im Wandel. Ergebnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Zustand Nr. 2219.

Bar-On et al. 2018: The biomass distribution on Earth. PNAS 115 (25), 6506–6511.

Bassin 2007: Effects of combined ozone and nitrogen deposition on a species-rich subalpine pasture. Dissertation ETH No. 17373.

BDM 2006: Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM), Koordinationsstelle Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Umwelt-Zustand Nr. 0604. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. 67 S.

BDM 2009: Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM), Koordinationsstelle Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Zustand der Biodiversität in der Schweiz. Ergebnisse des Biodiversitätsmonitorings Schweiz (BDM) im Überblick. Stand: Mai 2009. Umwelt-Zustand Nr. 0911. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. 112 S.

BDM 2020: Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM), Veränderungen der Artenvielfalt im Wald. Spezialauswertung.

Bender et al. 2016: An Underground Revolution: Biodiversity and Soil Ecological Engineering for Agricultural Sustainability. Trends Ecol. Evol. 31, 440–452.

Bender und Van der Heijden 2020: Biodiversität schützen, weil sie unsere Teller füllt. Hotspot 41, 19.

Beninden et al. 2015: Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. Ecology Letters 18, 581–592.

Bergamini 2018: Was nützen Nährstoffpufferzonen. In: Küchler M. et al.: Moore der Schweiz. Zustand, Entwicklung, Regeneration. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt. S. 197–202.

Bergamini 2020: Hochmoore ohne Torfmoose? Kein gutes Zeichen! Hotspot 42, 24–25.

Bergamini et al. 2019a: Resultate der Wirkungskontrolle Biotopschutz – Kurzfassung. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 21 S.

Bergamini et al. 2019b: Zustand und Entwicklung der Biotope von nationaler Bedeutung: Resultate 2011–2017 der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz, WSL Berichte Heft 85.

Bergaminin et al. 2022: Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz WBS: Auswertungen jährliche Indikatoren 2022.

BFE 2022: Bundesamt für Energie (BFE), Stand der Wasserkraftnutzung in der Schweiz am 31. Dezember 2021.

BFS 2016: Bundesamt für Statistik (BFS), Ökologischer Fussabdruck der Schweiz im Vergleich zur Biokapazität der Welt (Stand 2016).

BFS 2019: Bundesamt für Statistik (BFS), Landschaft Schweiz im Wandel: Siedlungsentwicklung. *https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home.assetdetail.9207486.html*

Birrer et al. 2019: Wirkung der Biodiversitätsförderflächen im Landwirtschaftsgebiet des Kantons Baselland auf Heuschrecken, Tagfalter und Vögel. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel.

BLW 2019: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Evaluation der Biodiversitätsbeiträge.

BLW 2022: Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Agrarbericht.

Bolger et al. 2000: Arthropods in urban habitat fragments in southern California: Area, age and edge effects. Ecol. Appl. 10, 1230–1248.

Bornand et al. 2016: Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.

Bosshard 2015: Rückgang der Fromentalwiesen und die Auswirkungen auf die Biodiversität. Agrarforschung Schweiz 6 (1).

Bosshard 2016: Das Naturwiesland der Schweiz und Mitteleuropas, Bristol Stiftung Haupt, 2016.

Brändli et al. 2020: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt. 341 S.

Braun et al. 2012: Stickstoffeinträge in den Schweizer Wald: Ausmass und Auswirkungen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163, 355–362.

Bundesrat 2012: Strategie Biodiversität Schweiz. In Erfüllung der Massnahme 69 (Ziel 13, Art. 14, Abschnitt 5) der Legislaturplanung 2007–2011: Ausarbeitung einer Strategie zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität. Bern. 89 S.

Bundesrat 2017: Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. *https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/aktionsplan.html*

Bundesrat 2020: Bericht des Bundesrates «Nachhaltigkeit im Finanzsektor Schweiz».

Bundesrat 2021: Strategie Nachhaltige Entwicklung 2030, Bern, 23.

Bundesrat 2022a: Anpassung des Waldes an den Klimawandel. Bericht des Bundesrats in Erfüllung der Motion 19.4177 Engler (Hêche) vom 25.9.2019 und des Postulates 20.3750 Vara vom 18.6.2020.

Bundesrat 2022b: Stopp der Verschotterung von Grünflächen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 19.3611 Munz vom 14.6.2019, Bern.

Bütler et al. 2020: Habitatbäume kennen, schützen und fördern. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Merkblatt für die Praxis, 64. 12 S.

Carrus et al. 2015: Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. Landscape and urban planning, 134, 221–228.

CBD 2019: Convention on Biological Diversity (CBD), Biodiversity and the Sustainable Development Goals. Background Document. Ninth Trondheim Conference on Biodiversity, 2.–5. July 2019.

CBD 2020: Convention on Biological Diversity (CBD), Global Biodiversity Outlook 5 – Summary for Policy Makers. Montréal, 2020.

Ceballos et al. 2017: Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertrebrate population losses and declines. Proceedings of the National Academy of Sciences, Early Edition. DOI: *10.1073/pnas.1704949114*

Chiaia-Hernandez et al. 2017: Long-Term Persistence of Pesticides and TPs in Archived Agricultural Soil Samples and Comparison with Pesticide Application. Environmental Science and Technology 51 (18), 10642–10651.

Commarmot und Schmidt 2011: Wildnis für Erholungsuchende im Sihlwald. In: Brang P., Heiri C., Bugmann H. (Red.). Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL; Zürich, ETH Zürich. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 94–107.

Concepción et al. 2015a: Impacts of urban sprawl on species richness of plants, butterflies, gastropods and birds: not only built-up area matters. Urban Ecosyst.

Concepción et al. 2015b: Impacts of urbanisation on biodiversity: the role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale. Oikos.

Cordillot und Klaus 2011: Gefährdete Arten in der Schweiz. Synthese Rote Listen, Stand 2010, BAFU. Umwelt-Zustand Nr. 1120.

Cruickshank et al. 2020: Local habitat measures derived from aerial pictures are not a strong predictor of amphibian occurrence and abundance. Basic and Applied Ecology, 45, 51–61.

Dainese et al. 2019: A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. Eurac research, Science Advances, DOI: *10.1126/sciadv.aax0121*

Davies et al. 2007: A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ponds, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape. HYDROBIOLOGIA, Vol. 597.

Delarze et al. 2013: Rote Liste der Lebensräume der Schweiz. BAFU.

Delarze et al. 2015: Lebensräume der Schweiz. Ott-Verlag.

Delarze et al. 2016: Liste rouge des milieux de Suisse. Abrégé actualisé du rapport technique 2013 sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne : 33 p.

Díaz et al. 2015: The IPBES Conceptual Framework – connecting nature and people. Current Opinion in Environmental Sustainability 14, 1–16. DOI: *10.1016/j.cosust.2014.11.002*

Dipner et al. 2010: Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung. Vollzugshilfe zur Trockenwiesenverordnung. Umwelt-Vollzug Nr. 1017, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. 83 S.

Dräger 2009: Anpassungsfähige Arten erobern die Siedlungen. Hotspot 19, 22–23.

Ecoplan 2010: COPI Schweiz – Grobe Abschätzung der Kosten des Nichthandelns im Bereich der Biodiversität bis 2050.

Ferrario et al. 2017: Legacy and emerging contaminants in meltwater of three Alpine glaciers. Sci. Total Environ. 574, 350–357.

Forum Biodiversität 2020: Forum Biodiversität Schweiz, Argumente für die Erhaltung der Biodiversität. Hotspot 41.

Forum Biodiversität 2022: Forum Biodiversität Schweiz, 20 Jahre Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Sonderheft zu HOTSPOT 46, 44 S.

Frehner et al. 2018: Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL Ber. 69, 43 S.

Frischknecht et al. 2018: Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz. Zeitlicher Verlauf 1996–2015. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1811: 131 S.

Gesammelte Fachartikel und Studien zu Mikroverunreinigungen in Fliessgewässern und deren ökotoxikologische Bedeutung, BAFU 2015.

Gimmi et al. 2011: Reconstructing the collapse of wetland networks in the Swiss lowlands 1850–2000. Landscape Ecol. 26: 1071–1083.

Gloor et al. 2010: BiodiverCity: Biodiversität im Siedlungsraum. Zusammenfassung. Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern.

Graf 2018: Freizeitaktivitäten in der Natur. Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) und des Vereins Natur & Freizeit. Bern. 174 S.

Grosvernier und Staubli 2009: Regeneration von Hochmooren. Grundlagen und technische Massnahmen. Umwelt-Vollzug Nr. 0918. Bundesamt für Umwelt, Bern. 96 S.

Grünig 1994: Mires and Man. Mire Conservation in a Densely Populated Country – the Swiss Experience, Bundesamt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).

Grünig 2007: Moore und Sümpfe im Wandel der Zeit. Hotspot 15, 4–5.

Grünig et al. 1986: Die Hoch- und Übergangsmoore der Schweiz. Hrsg.: Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Pro Natura Helvetica, Bundesamt für Forstwesen und Landschaftsschutz. Birmensdorf und Bern.

Gubler et al. 2020: Biodiversitätsschädigende Subventionen in der Schweiz. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Forum Biodiversität Schweiz (SCNAT) (Hrsg.). Birmensdorf und Bern.

Gubser und Butterweck 2018: Stand der Umsetzung des Herbizidverbots. Studie zur Umsetzung des Anwendungsverbots von Herbiziden auf und an Strassen, Wegen und Plätzen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen, Nr. 1815: 40 S.

Guntern et al. 2013: Flächenbedarf für die Erhaltung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Schweiz. Forum Biodiversität Schweiz der Akademie der Naturwissenschaften SCNAT, Bern.

Haab 1991: Moorschutz, Wald und Forstwirtschaft. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 142, 955–978.

Hallmann et al. 2017: More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. Plos one, 12(10).

Heinrich-Böll-Stiftung, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland und Le Monde Diplomatique 2020: Insektenatlas 2020. Daten und Fakten über Nütz- und Schädlinge 2020 in der Landwirtschaft. Deutsche Ausgabe. 50 S.

Heiri et al. 2012: Sind Naturwaldreservate naturnäher als der Schweizer Wald? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 163, 210–221.

Hofer et al. 2013: Einzigartige Kulturlandschaft und Artenvielfalt im Sömmerungsgebiet. In: Zukunft der Schweizer Alpwirtschaft. Fakten, Analysen und Denkanstösse aus dem Forschungsprogramm AlpFUTUR. Lauber S. et al. WSL und Agroscope. 200 S.

Hofmann et al. 2017: Biomonitoring der Immissionsbelastung von Glyphosat, Glufosinat und AMPA sowie weiteren PSM-Wirkstoffen mittels Luftgüte-Rindenmonitoring. Ergebnisse Screening 2017. Integrierte Umweltüberwachung GbR.

Holderegger 2018: Flächenrückgang der Moore in der Schweiz. In: Küchler M. et al.: Moore der Schweiz. Zustand, Entwicklung, Regeneration. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt. 27–38.

Hutter und Bühler 2018: BDM-Bericht: Aktuelle Trends bei Neophyten.

Huwyler et al. 2012: Modellierung der Tagfaltervielfalt im Schweizer Alpenraum: Mehr als ein Drittel der Tagfalter-Hot-Spots liegt in gesetzlich geschützten Trockenwiesen. Natur und Landschaft 87 (7).

IGKB 2015: Abschlussbericht zum Interreg IV-Forschungsprojekt «Klimwandel am Bodensee», Blaue Reihe, Bericht Nr. 60.

Imesch et al. 2015: Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1503: 186 S.

Info Flora 2020. *www.infoflora.ch/de/* (Stand Oktober 2020).

Ingold 2005: Freizeitaktivitäten im Lebensraum der Alpentiere – Konfliktbereiche zwischen Mensch und Tier, mit einem Ratgeber für die Praxis. Haupt Verlag, Bern.

IPBES 2016: Zwischenstaatliche Plattform für Biodiversität und Ökosystem-Dienstleistungen (IPBES), The Methodological Assessment Report on Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services. S. Ferrier et al. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 348 S.

IPBES 2018: Zwischenstaatliche Plattform für Biodiversität und Ökosystem-Dienstleistungen (IPBES), The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella L., Scholes R., Brainich A. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 744 S.

IPBES 2019: Zwischenstaatliche Plattform für Biodiversität und Ökosystem-Dienstleistungen (IPBES), Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany.

Ismail et al. 2021: Klimawandel und Biodiversitätsverlust gemeinsam angehen. Swiss Academies Factsheet 16 (3).

Jamin et al. 2019: Aussterbeschuld in Zürcher Feuchtgebieten. Dette d'extinction dans les zones humides Zurichoises. Nature + Paysage. Natur + Landschaft: Inside 9, 24–27.

Jenny et al. 2018: Evaluation Vernetzungsprojekte. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Johnson et al. 2020: Global shifts in mammalian population trends reveal key predictors of virus spillover risk. Proceedings of the Royal Society of London 287, 20192736.

Kantone Aargau, Bern und Zürich 2019: Moorböden – kostbar und unersetzlich. 5 gute Gründe, diesen Schatz zu erhalten, ihn aufzuwerten und von seinen Leistungen für Mensch und Natur zu profitieren. 12 S.

Kehrberger und Holzschuh 2019: Warmer temperatures advance flowering in a spring plant more strongly than emergence of two solitary spring bee species. PLoS ONE 14(6): e0218824.

Kempel et al. 2020: Nationwide revisitation reveals thousands of local extinctions across the ranges of 713 threatened and rare plant species. Conservation Letters. DOI: *10.1111/conl.12749*

Kipfer et al. 2020: Wie der Bund die Biodiversität überwacht. Hotspot 42, 28–29.

Kistler et al. 2013. Hauskatzen und Wildtiere im städtischen Umfeld – Übersicht über die aktuelle wissenschaftliche Literatur. SWILD, Zürich im Auftrag des Zürcher Tierschutzes, Zürich, 41 Seiten.

Klaus 2007: Zustand und Entwicklung der Moore in der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz. Umwelt-Zustand Nr. 0730. Bundesamt für Umwelt, Bern. 97 S.

Klaus et al. 2009: Tourismus und Freizeitverhalten. In: Lachat T. et al.: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 435 S.

Kleijer et al. 2012: Die nationale Genbank von Agroscope ACW gestern, heute und morgen. Agrarforschung Schweiz 3 (9), 408–413.

Knaus et al. 2018: Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016. Verbreitung und Bestandsentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Knaus et al. 2019: Zustand der Vogelwelt in der Schweiz. Bericht 2019. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Knaus et al. 2020: Zustand der Vogelwelt in der Schweiz: Bericht 2020. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Knaus et al. 2021a: Zustand der Vogelwelt in der Schweiz 2021. Schweizerische Vogelwarte, Sempach. *www.vogelwarte.ch/zustand*

Knaus et al. 2021b: Rote Liste der Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU); Schweizerische Vogelwarte. Umwelt-Vollzug Nr. 2124: 53 S.

Knaus und Strebel 2022: Bestand und Biomasse von Brutvögeln und Nutzgeflügel in der Schweiz. Ornithologischer Beobachter 119, 74–80.

Knop et al. 2017: Artificial light at night as a new threat to pollination. Nature 548, 206–209.

Kohli 2005: BDM-Spezialauswertung Siedlung.

Korpela et al. 2018: Biodiversity and psychological well-being. In: A. Ossola & J. Niemelä (Eds.), Urban Biodiversity: From Research to Practice (pp. 134–149). Routledge: Abingdon, Oxon & New York.

Küchler 2018: Einfluss der Umgebung auf Moore. In: Küchler M. et al.: Moore der Schweiz. Zustand, Entwicklung, Regeneration. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt. S. 135–148.

Kupper et al. 2022: Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990–2020. Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg.

Küry et al. 2019: Quell-Lebensräume. Anleitung zur systematischen Erhebung und Ermittlung ihrer Bedeutung im Naturschutz. Expertenbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU.

Lachat et al. 2011: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Haupt, Bern.

Lambelet-Haueter et al. 2010: Siedlungsentwicklung. In: Lachat et al.: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Haupt, Bern.

Lauber et al. 2013: Zukunft der Schweizer Alpwirtschaft. Fakten, Analysen und Denkanstösse aus dem Forschungsprogramm AlpFUTUR. WSL und Agroscope. 200 S.

Leu 2018: Vergleich von Totholz und Mikrohabitaten im Naturwaldreservat und im Wirtschaftswald (Sihlwald, Zürich). Semesterarbeit, Berner Fachhochschule.

Martinez et al. 2020: Vorkommen von Wasseramsel Cinclus cinclus und Gebirgsstelze Motacilla cinerea in Abhängigkeit vom biologischen Zustand der Fliessgewässer. Ornithologischer Beobachter 117, 164–176.

Meera 2019: Humans versus Earth: the quest to define the Anthropocene. Nature 572, 168–170.

Meier et al. 2021: Zustand der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft. Zustandsbericht ALL-EMA 2015–2019. Agroscope Science. Nr. 111.

Monnerat et al. 2016: Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern; Info Fauna – CSCF, Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 1622: 118 S.

Moos et al. 2019: Das Potenzial von Wildnis in der Schweiz. Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt Verlag, Bern. 142 S.

Moser et al. 2002: Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern; Zentrum des Datenverbundnetzes der Schweiz Flora, Chambésy; Conservatoire et Jardin botanique de la Ville de Genève, Chambésy. BUWAL-Reihe «Vollzug Umwelt». 118 S.

Müller und Bütler 2010: A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. European Journal of Forest Research 129: 981–992.

Müller und Gimmi 2018: Ein Netzwerk zerfällt. In: Stuber und Bürgi 2018: Vom «eroberten Land» zum Renaturierungsprojekt. Geschichte der Feuchtgebiete in der Schweiz seit 1700. Zürich, Bristol-Stiftung; Bern, Haupt Verlag. 261 S.

Müller-Wenk 2004: Landnutzung in potenziellen Fliessgewässer-Auen. BUWAL, Umwelt Nr. 361.

Nathani et al. 2022: Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz: Entwicklung zwischen 2000 und 2018.

Näthe 2019: Einfluss von atmosphärischen Stickstoffeinträgen auf die Biodiversität von Insekten in terrestrischen Ökosystemen, Umweltbundesamt (Hrsg.). 32 S.

PwC Schweiz / WWF Schweiz 2020: PricewaterhouseCoopers AG (PWC) / World Wide Fund For Nature (WWF), Nature is too big to fail – Biodiversity: the next frontier in financial risk management.

Naturkapital Deutschland – TEEB DE 2015: Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Hrsg. von V. Hartje, H. Wüstemann und A. Bonn. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Berlin, Leipzig.

Niggli et al. 2020: Pflanzenschutz und Biodiversität in Agrarökosystemen. Berichte über Landwirtschaft. Band 98, Ausgabe 1.

Nobis et al. 2009: Neophyte species richness at the landscape scale under urban sprawl and climate warming. Diversity and Distributions, 15(6).

OECD 2019: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Biodiversity: Finance and the Economic and Business Case for Action. Report 2019.

Oertli und Frossard 2013: Les mares et étangs: écologie, conservation, gestion, valorisation. Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne.

Pascual et al. 2017: Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. Current Opinion in Environmental Sustainability 26/27, 7–16.

Quellen-Nachrichten 2013: Ergebnisse der Untersuchung des Gewässerschutzverbands Nordwestschweiz von 130 natürlichen und naturnahen Quellen im Kanton Basel-Landschaft (4/2013).

Rey et al. 2017: Wandel der Landschaft: Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES), Bern, Umwelt-Zustand Nr. 1641, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf: 72 S.

Riedel et al. 2019: Ökologische Qualität von Wiesen, die mit Biodiversitätsbeiträgen gefördert werden. Agrarforschung Schweiz 10 (2).

Riedo et al. 2021: Widespread occurrence of pesticides in organically managed agricultural soils – the ghost of a conventional agricultural past? Environmental Science & Technology 55, 2919–2928.

Rigling und Schaffer 2015: Waldbericht 2015. Zustand und Nutzung des Schweizer Waldes. Bundesamt für Umwelt, Bern, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 144 S.

Rixen und Rolando 2013: The impacts of skiing on mountain environments. Bentham e-book.

Rotenbühler 2017: Schottergärten und Landschaft, Stiftung Landschaftsschutz Schweiz.

Roth et al. 2013: Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. Agriculture, Ecosystems and Environment 178, 121–126.

Roth et al. 2014: Plants, birds and butterflies: short-term responses of species communities to climate warming vary by taxon and with altitude. PLoS ONE 9:e82490.

Roth et al. 2015. Nitrogen deposition and multi-dimensional plant diversity at the landscape scale. Royal Society Open Science 2.

Roth et al. 2019: Species turnover reveals hidden effects of decreasing nitrogen deposition in mountain hay meadows.

Rüetschi et al. 2012: Rote Liste Weichtiere (Schnecken und Muscheln). Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1216: 148 S.

Rumpf et al. 2018: Range dynamics of mountain plants decrease with elevation, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115(8), 1848–1853.

Rust-Dubié et al. 2006: Fauna der Schweizer Auen. Eine Datenbank für Praxis und Wissenschaft. Bristol-Schriftenreihe 16. Haupt Verlag, Bern.

Sala et al. 2000: Global biodiversity scenarios for the year 2100. science, 287(5459), 1770–1774.

SBN / Pro Natura 1987: Schweizerischer Bund für Naturschutz (SBN). Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten Gefährdung Schutz. Band 1.

Schaub et al. 2020: Plant diversity effects on forage quality, yield and revenues of semi-natural grasslands. Nature Communications, 11(1), 768.

Scheidegger und Clerc 2002: Rote Liste der gefährdeten Arten der Schweiz: Baum- und erdbewohnende Flechten. Hrsg. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern, und Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, und Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève CJBG. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt. 124 S.

Scherzinger (1996): Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung. Praktischer Naturschutz. – Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer).

Schweizerische Eidgenossenschaft 2020: Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025. Bern. 164 S.

SCNAT 2019a: Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), Biodiversität, eine Garantie für Gesundheit? Swiss Academies Factsheet 14(3).

SCNAT 2019b: Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), Insektenschwund in der Schweiz und mögliche Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft.

SCNAT 2020: Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), Tagungsbericht «In Biodiversität investieren». Swifcob20, SCNAT2020.

Scopelliti et al. 2012: Biodiversity, Perceived Restorativeness and Benefits of Nature: A Study on the Psychological Processes and Outcomes of On-Site Experiences in Urban and Peri-Urban Green Areas in Italy. Landscape und Urban Planning 134.

Senn-Irlet et al. 2007: Rote Liste der gefährdeten Grosspilze der Schweiz. Umwelt-Vollzug Nr. 0718. Hrsg. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, und WSL, Birmensdorf. 92 S.

Smith 2014: Global rise in human infectious disease outbreaks. Journal of the Royal Society Interface 11, 20140950.

Staude et al. 2020: Replacements of small- by large-ranged species scale up to diversity loss in Europe's temperate forest biome. Nature Ecology & Evolution, DOI: *10.1038/s41559-020-1176-8*

Stöcklin et al. 2007: Landnutzung und biologische Vielfalt in den Alpen. vdf, Zürich. Kap. 4: Welche Landschaft und welche Biodiversität wünscht die Gesellschaft? 104–112.

Strebel und Bühler 2015: Recent shifts in plant species suggest opposing land-use changes in alpine pastures. Alpine Botany 125, 1–9.

Stuber und Bürgi 2011: Hüeterbueb und Heitisträhl. Traditionelle Formen der Waldnutzung in der Schweiz 1800 bis 2000. Bristol-Stiftung, Zürich, Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 302 S.

UK Treasury 2020: The Dasgupta Review – Independent Review on the Economics of Biodiversity. Interim Report.

UNEP 2018: Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP), Inclusive Wealth Report.

UVEK 2019: Eidegenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Das Insektensterben stoppen – eine Auslegeordnung zuhanden der UREK-N. Ursachen, Handlungsbedarf, Massnahmen. 19. August 2019.

Van Klink et al. 2020: Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. Science 368(6489), 417–420.

Vega und Küffer 2021: Promoting wildflower biodiversity in dense and green cities: The important role of small vegetation patches. Urban Forestry & Urban Greening. Volume 62.

Vision Landwirtschaft 2016: Pestizid-Reduktionsplan Schweiz. Aktuelle Situation, Reduktionsmöglichkeiten, Zielsetzungen und Massnahmen.

Vonlanthen et al. 2012: Eutrophication causes speciation reversal in whitefish adaptive radiations. Nature 482.

Walter et al. 2010: Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich; Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.

Watson et al. 2016: Catastrophic declines in wilderness areas undermine global environmental targets. Current Biology 26, 2929–2934.

WEF 2022: World Economic Forum (WEF), Global Risks Report 2022. In partnership with Marsh McLennan, SK Group and Zurich Insurance Group.

Wiesel Patchwork Seetal 2008: Wiesel Patchwork Seetal (Aargau), Schlussbericht über die Pilotphase (mit Erfolgskontrolle), 2008.

Wipf et al. 2005: Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. J. Appl. Ecol. 42, 306–316.

WWF 2018: World Wide Fund For Nature (WWF), Living Planet Report 2018: Aiming higher. WWF, Gland, Switzerland.

WWF France 2019: World Wide Fund For Nature (WWF) France, Into the Wild: integrating nature into investment strategies.

WWF/ZSL 2020. The Living Planet Index database. *www.livingplanetindex.org*

Zingg et al. 2019: Increasing the proportion and quality of land under agri-environment schemes promotes birds and butterflies at the landscape scale. Biological Conversation 231.

Zollhöfer 1997: Quellen – die unbekannten Biotope: erfassen bewerten, schützen. Bristol Stiftungsserie Band 6. Flück-Wirth Verlag, Teufen.

Bildnachweis

Seite 8
Haufen der Roten Waldameise auf Weide mit Frühlings-Schlüsselblume (*Primula veris*) in Les Places (Gemeinde Tramelan)
Foto: Markus Bolliger / BAFU

Seite 14
Eine der schönsten Linden Europas in Linn im Kanton Aargau.
Foto: Iris Krebs

Seite 22
Wanderweg in Oberrickenbach-Bannalp
Foto: Sylvia Michel / Schweiz Tourismus

Seite 30
Leichte Nebelschwaden über den Palüds dal Lai Nair
Foto: André Stummer / KEYSTONE

Seite 38
Die Grande Caricaie und das Ufer des Neuenburgersees, fotografiert aus Cheseaux-Noréaz, Kanton Waadt
Foto: Laurent Gillieron / KEYSTONE

Seite 48
Schwarzwaldalp im Haslital, Berner Oberland
Foto: Mauritius Images / KEYSTONE

Seite 56
Hallwilersee bei Seengen, Kanton Aargau
Foto: Jan Geerk / Schweiz Tourismus

Seite 70
Der «Parc des anciennes serres» in Neuenburg
Foto: Annette Boutellier / Lunax / BAFU

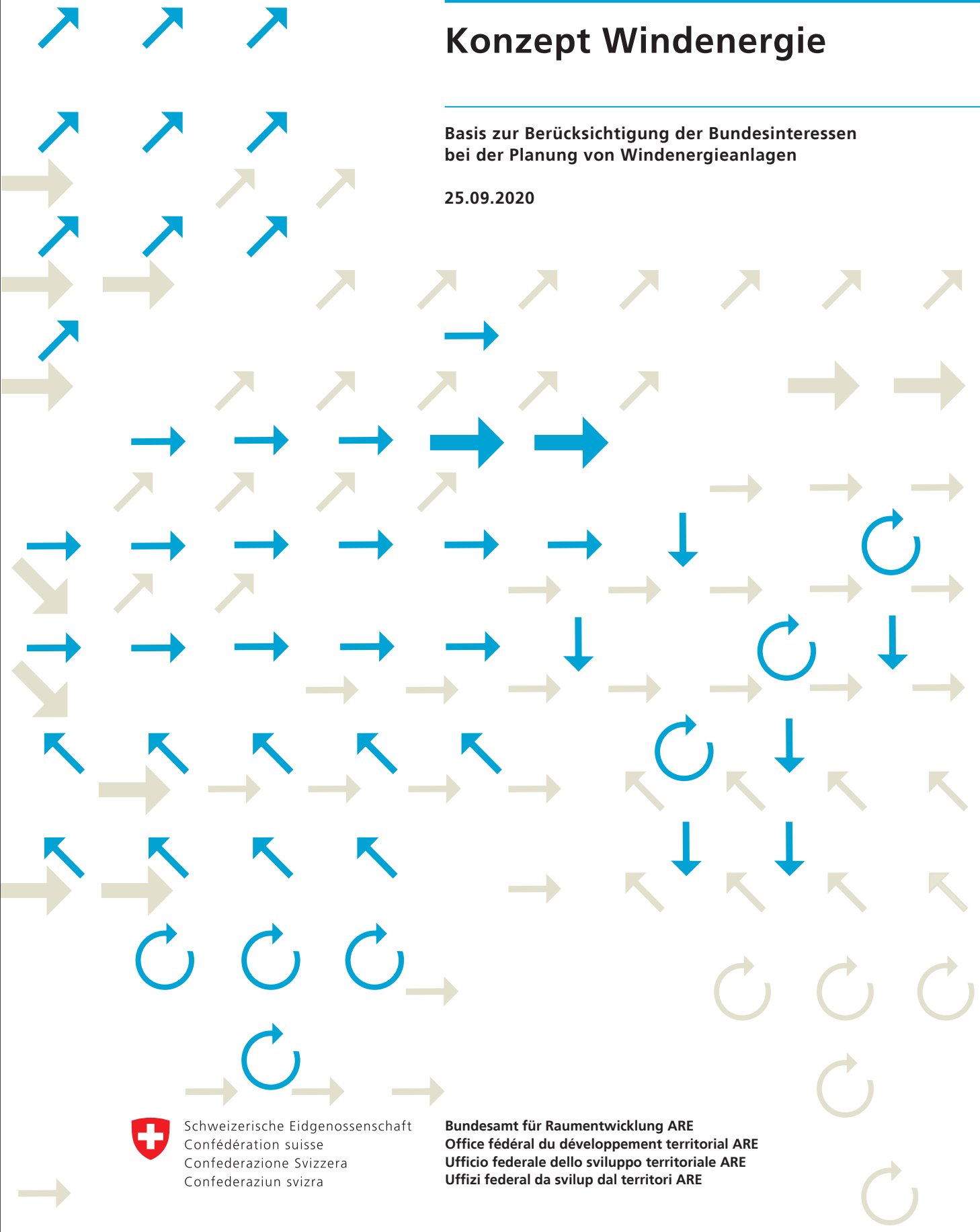
Seite 78
Zugvögel über dem Genfersee bei Allaman, Kanton Waadt
Foto: Valentin Flauraud / KEYSTONE

SACHPLÄNE UND KONZEPTE DES BUNDES (ART. 13 RPG)

Konzept Windenergie

Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen

25.09.2020



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Office fédéral du développement territorial ARE
Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE
Uffizi federal da svilup dal territori ARE

IMPRESSUM

Herausgeber
Bundesamt für Raumentwicklung ARE

An der Erarbeitung beteiligte Bundesstellen
Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport,
Generalsekretariat (GS-VBS)
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)
Bundesamt für Energie (BFE)
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSchweiz)

Redaktion und Koordination
Mattia Cattaneo, ARE
Leonhard Zwiauer, ARE

Gestaltung
Susanne Krieg Grafik-Design (SGD)

Karten reproduziert mit Bewilligung vom
Bundesamt für Landestopografie (swisstopo),
3084 Wabern

Produktion
Rudolf Menzi, Kommunikation ARE

Zitierweise
Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2020):
Konzept Windenergie.
Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen
bei der Planung von Windenergieanlagen. Bern.

Bezug
www.are.admin.ch/windenergie
Auch auf Französisch und Italienisch verfügbar.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir
auf die Nennung der männlichen und weiblichen Form
verzichtet. Es sind selbstverständlich immer beide
Geschlechter gemeint.

© Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Bern, 25.09.2020

SACHPLÄNE UND KONZEPTE

Konzept Windenergie

Basis zur Berücksichtigung der Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen

Stand: 25.09.2020

Die Konzepte und Sachpläne nach Art.13 des Raumplanungsgesetzes vom 22. Juni 1979 (RPG; SR 700) stellen die wichtigsten Raumplanungsinstrumente des Bundes dar. Sie ermöglichen ihm, seiner Planungs- und Abstimmungspflicht im Bereiche der raumwirksamen Tätigkeiten umfassend nachzukommen und helfen ihm, den immer komplexeren räumlichen Problemstellungen bei der Erfüllung seiner raumwirksamen Aufgaben gerecht zu werden. Der Bund zeigt in den Konzepten und Sachplänen, wie er seine raumwirksamen Aufgaben in einem bestimmten Sach- oder Themenbereich wahrnimmt, welche Ziele er verfolgt und in Berücksichtigung welcher Anforderungen und Vorgaben er zu handeln gedenkt. In enger partnerschaftlicher Zusammenarbeit zwischen den Bundesstellen und den Kantonen erarbeitet, unterstützen die Konzepte und Sachpläne die raumplanerischen Bestrebungen der Behörden aller Stufen.

INHALT

1. ZWECK UND EINSATZ DES KONZEPTS 6
1.1 Zweck 6
1.2. Stellenwert und Geltungsbereich 7

2. ZIELE, GRUNDSÄTZE UND MASSNAHMEN DES KONZEPTS 8
2.1 Ziele und Leitvorstellungen 8
2.2 Grundsätze für den raumplanerischen Umgang mit der Windenergienutzung 10
2.2.1 Allgemeine Planungsgrundsätze 10
2.2.2 Grundsätze zur Berücksichtigung der Bundesinteressen 11
2.3 Massnahmen 21

3. ANWENDUNG DES KONZEPTS UND UMSETZUNG DURCH DIE KANTONE 22
3.1 Planungspflicht für Windenergieanlagen ab 30 Meter Gesamthöhe 22
3.2 Anwendung des Konzepts 22
3.2.1 Verpflichtung der einzelnen Behörden 22
3.2.2 Interkantonale und grenzüberschreitende Planungen und Koordination 23
3.2.3 Optimierung der Planungsprozesse 23
3.3 Planung der Windenergienutzung durch die Kantone 25

ANHANG 27
A-1 Karte der mittleren Windgeschwindigkeit 28
A-2 Hinweiskarte auf Bundesinteressen für die Planung von Windenergieanlagen 29
A-3 Grundlagenkarte des Bundes betreffend die hauptsächlichen Windpotenzialgebiete 30

Liste der Abkürzungen 32
Begriffserklärungen 33

01 Zweck und Einsatz des Konzepts

1.1 Zweck

Das Konzept spezifiziert Rahmenbedingungen für die Planung von Windenergieanlagen aus der Sicht des Bundes.

Das Konzept Windenergie ist ein Konzept nach Art. 13 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG). Das Konzept formuliert die Position des Bundes, damit die Kantone die Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen wahrnehmen können. Es dient dazu, Planungssicherheit zu schaffen. Von besonderer Bedeutung ist die Abstimmung mit den technischen Anlagen im Kompetenzbereich des Bundes sowie mit dem Schutz von Arten, Lebensräumen und Landschaften von nationaler Bedeutung. Gewisse Abstimmungsfragen können nur im konkreten Einzelfall im Rahmen der stufengerechten Interessenabwägung geklärt werden. Das Konzept soll dazu dienen, die räumlichen Auswirkungen des Ausbaus der Windenergie gemäss Energiegesetz vom 30. September 2016 (EnG; SR 730.0) und der Energiepolitik des Bundesrats mit den übrigen relevanten Bundesinteressen abzustimmen.

Das Konzept zeigt auf, wie der Bund seine Interessen in den Planungsprozess einfliessen lässt.

Das Konzept dient den Windenergieplanungen auf kantonaler Ebene als Basis, um die massgeblichen Bundesinteressen rechtzeitig und adäquat berücksichtigen zu können. Konflikte mit Bundesinteressen, die in einer späten Projektierungsphase zu einem Planungsstopp führen könnten, werden dadurch rechtzeitig erkannt und nach Möglichkeit vermieden.

Das Konzept zeigt Formen der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen beteiligten Akteuren auf.

Das Konzept äussert sich ferner zu Strukturen und Prozessen, die eine effiziente Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Stellen des Bundes und der Kantone sowie mit den Projektträgern ermöglichen. Eine gesamtschweizerisch einheitliche Anwendung gewisser Kriterien für die Ausscheidung von geeigneten Gebieten und Standorten für Windenergieprojekte unterstützt überregionale Planungsansätze und die Abstimmung von Richt- und Nutzungsplänen mit benachbarten, von Windenergieanlagen betroffenen Gebieten (Nachbarländer, -kantone, -regionen und -gemeinden). Das Konzept unterstützt auf diese Weise Ansätze für vermehrt kantonsübergreifende Windenergieplanungen. Das Konzept Windenergie fördert zudem die Bestrebungen des Bundes, in jeder Phase der Projektentwicklung von Windenergieanlagen rasche und nachvollziehbare Entscheide auf Stufe Bund zu erreichen.

1.2 Stellenwert und Geltungsbereich

Das Konzept schafft kein neues Recht und keine neuen Kompetenzen, sondern konkretisiert die Anwendung bestehender Bestimmungen. Es hilft dadurch, die Realisierung von Windenergieanlagen in rechtlicher Hinsicht zu optimieren.

Das Konzept ist gemäss Art. 22 der Raumplanungsverordnung (RPV) behördenverbindlich und daher von Bundstellen, Kantonen, regionalen Planungsträgern und Gemeinden bei der Erarbeitung, Anwendung und Überprüfung ihrer Sach-, Richt- und Nutzungspläne zu berücksichtigten.

Die Aussagen des Konzepts Windenergie beziehen sich materiell hauptsächlich auf die Stufe der Richtplanung. Daneben enthält das Konzept auch einige materielle und methodische Präzisierungen aus Sicht des Bundes, die für die Nutzungsplanung und die Erteilung von Baubewilligungen beziehungsweise die mit dem massgeblichen Verfahren verbundene Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) relevant sind.

Die Kompetenz der Kantone zur Ausscheidung von Gebieten und Standorten im Richtplan, die für die Windenergienutzung geeignet sind, bleibt auch mit dem Konzept Windenergie des Bundes erhalten. Die Planungshoheit und die Zuständigkeit für die Nutzungsplanung und das Baubewilligungsverfahren für Windenergieanlagen verbleiben auf Stufe Kanton beziehungsweise Gemeinde.

Das Konzept Windenergie löst die «Empfehlung zur Planung von Windenergieanlagen» (2010) ab, die den Kantonen bislang als Referenzdokument gedient hat. Weiterhin relevante Inhalte wurden übernommen. Das Windenergiekonzept aus dem Jahr 2004 hatte lediglich informativen Charakter und ist nicht mehr aktuell.

Das Konzept Windenergie gilt in erster Linie für die Planung von Windenergieanlagen ab 30 Meter Gesamthöhe. Für diese wird aufgrund ihrer Raumwirksamkeit eine Planungspflicht gemäss Art. 2 RPG bejaht. Mit Verweis auf Art. 8 Abs. 2 RPG und Art. 8*b* RPG beziehungsweise Art. 10 Abs. 1 EnG bedürfen sie einer Grundlage im kantonalen Richtplan. Zudem ist ein Nutzungsplanverfahren erforderlich.

Die Berücksichtigung von kantonalen, regionalen und lokalen Schutzobjekten nach Art. 18*b* des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) sowie anderweitiger kantonaler Bestimmungen erfolgt bei der Planung von Windenergieanlagen durch die jeweiligen Planungsträger. Für das Ausscheiden von Gebieten und Standorten für die Windenergienutzung macht das Konzept Windenergie keine räumlich konkreten Vorgaben. Die dem Konzept beigefügten Karten bilden kartographisch darstellbare Inhalte und Positionen des Bundes ab. Sie erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder stellen keine abschliessende Beurteilung der Sachverhalte hinsichtlich der Bundesinteressen dar.

Das Konzept Windenergie wird ergänzt durch einen Erläuterungsbericht, der zusätzliche Informationen zu den Bundesinteressen sowie zu den Planungsprozessen enthält.

02 Ziele, Grundsätze und Massnahmen des Konzepts

Dieses Kapitel umfasst die wichtigsten materiellen Aussagen des Konzepts sowie spezifische Massnahmen, welche die Umsetzung des Konzepts unterstützen. Es ist somit der zentrale Teil des Konzepts, der die explizit behördenverbindlichen Aussagen beinhaltet, welche mit Farbe hinterlegt sind.

Die Formulierungen der Ziele, Grundsätze und Massnahmen in Kapitel 2 sind bewusst knapp gehalten. Die Ausführungen in themenspezifischen Kapiteln des Erläuterungsberichts tragen zum vertieften Verständnis der Aussagen in Kapitel 2 bei.

2.1 Ziele und Leitvorstellungen

Die strategischen Ziele des Konzepts Windenergie geben den Raumplanungsaktivitäten im Bereich Windenergienutzung ihre Ausrichtung. Sie sind aus übergeordneten Strategien des Bundes und der Bundesgesetzgebung abgeleitet.

Die Leitvorstellungen ergänzen die strategischen Ziele mit den Rollen von Bund, Kantonen und weiterer an Windenergieplanungen Beteiligter bei der Umsetzung des Konzepts Windenergie.

STRATEGISCHE ZIELE

Z1 Die Raumplanung unterstützt die Umsetzung des Energiegesetzes und der Energiepolitik des Bundesrats im Bereich Windenergie.
Die dezentrale Energieproduktion hat erhebliche räumliche Auswirkungen. Sie erfordert eine aktive Rolle der Raumplanungsbehörden. Es gilt, auftretende Zielkonflikte zwischen den verschiedenen Interessen und Nutzungsansprüchen rechtzeitig zu erkennen und Lösungen aufzuzeigen. Den Instrumenten der Raumplanung kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Die Arbeiten orientieren sich inhaltlich an den Richtwerten für den Ausbau der Elektrizität aus erneuerbaren Energien gemäss Energiegesetz, den energiepolitischen Absichten des Bundesrats, welche im Rahmen der Energiestrategie 2050 formuliert wurden, sowie am Raumkonzept Schweiz, der Nachhaltigkeitsstrategie des Bundesrates und der Strategie Biodiversität Schweiz. Für die raumplanerischen Verfahren auf Stufe Richt- und Nutzungsplanung spielen eine offene, frühzeitige Kommunikation und die Akzeptanz der betroffenen Bevölkerung eine wichtige Rolle.

Z2 Der Ausbau der Windenergie erfolgt gestützt auf eine umfassende Interessenabwägung in den für die Nutzung von Windenergie geeigneten Gebieten.
Die Ausscheidung geeigneter Gebiete beziehungsweise Standorte für Windenergieanlagen obliegt den Kantonen. Bei der Ermittlung der geeigneten Gebiete beziehungsweise Standorte werden im Rahmen einer Interessenabwägung die unterschiedlichen Nutzungs- und Schutzinteressen auf Stufe Bund, Kantone und Gemeinden berücksichtigt. Bei Konflikten mit der Windenergienutzung entgegenstehenden Bundesinteressen wird die schweizweite Perspektive berücksichtigt, wonach eine Fokussierung auf Gebiete mit einem möglichst hohen zu erwartenden Windenergieertrag[1] angestrebt wird.

Z3 Die Bundesinteressen werden bei der Planung rechtzeitig berücksichtigt.
Der Bund erarbeitet mit Bezug auf die Ausführungen des nachfolgenden Kapitels 2.2 die nötigen Grundlagen zur Berücksichtigung der Bundesinteressen und aktualisiert diese regelmässig. Dabei bezieht er die Kantone und betroffenen Organisationen in geeigneter Weise mit ein.

[1] Erwarteter Windenergieertrag = erwartete Produktion von Windenergie in GWh pro Jahr und Turbine beziehungsweise Fläche.

Z4 Das planerische Ausscheiden geeigneter Windenergiegebiete erfolgt so, dass von Beginn weg die Koordination über Kantons- und Landesgrenzen hinweg vorgenommen und in geeigneten Fällen die Entwicklung kantonsübergreifender Windparke unterstützt wird.
Die Planung von Windenergieanlagen erfordert in der Regel eine territoriale Grenzen überschreitende Betrachtungsweise und die Zusammenarbeit zwischen den Kantonen und mit den Nachbarländern. Eine von Planungsbeginn weg grenzüberschreitende Koordination und allenfalls gemeinsame oder abgestimmte Planungsgrundlagen tragen wesentlich dazu bei, dass zuerst die Gebiete mit den insgesamt geeignetsten Standorten entwickelt werden. Werden geeignete Gebiete durch eine Kantonsgrenze getrennt, so wird eine abgestimmte, nach Möglichkeit parallele planerische Entwicklung der jeweils kantonal festgesetzten Windparke angestrebt.

LEITVORSTELLUNGEN

L1 Der Bund unterstützt die Planungsbehörden aktiv bei der Ermittlung geeigneter Windenergiegebiete und -standorte.
Er tut dies, indem er seine Interessen offen kommuniziert und koordiniert einbringt. Er überprüft periodisch die Prozessabläufe bei der Planung von Windenergieanlagen an der Schnittstelle Bund – Kantone und stellt sicher, dass die Inhalte des Konzepts Windenergie in bestehenden und weiteren Konzepten und Sachplänen des Bundes berücksichtigt werden.

L2 Die Kantone berücksichtigen bei ihren räumlichen Tätigkeiten, insbesondere bei der kantonalen Richt- und Nutzungsplanung sowie bei der Genehmigung regionaler Richtpläne und kommunaler Nutzungspläne, das Konzept Windenergie des Bundes.
Sie sorgen im Sinn eines kohärenten Planungsablaufs bei ihren Planungen zur Windenergie für den rechtzeitigen, stufengerechten Einbezug der betroffenen Interessen. Betroffen sind die Interessen, auf welche die Planungen massgeblich einwirken. Rechtzeitig heisst, dass in der Regel bereits auf Stufe kantonaler Konzepte und der kantonalen Richtplanung die betroffenen Interessen ermittelt werden und eine Interessenabwägung vorgenommen wird. Der Bund beurteilt im Rahmen der Richtplanprüfung stufengerecht die möglichen Konflikte von Windenergieanlagen mit Natur- und Landschaftswerten von nationaler Bedeutung, insbesondere mit den Landschafts- und Biotopinventaren, sowie mit technischen Anlagen des Bundes oder solchen unter seiner Aufsicht (insbesondere im Bereich der Zivilluftfahrt, der Sicherheitspolitik und der Meteorologie). Die Kantone sorgen auch dafür, dass die regionalen Planungsträger und Gemeinden das Konzept Windenergie bei der Erarbeitung regionaler Richtpläne beziehungsweise der Anpassung der kommunalen Nutzungspläne berücksichtigen.

L3 Erfahrungen bei der Planung und mit dem Betrieb von Windenergieanlagen werden im Hinblick auf die zukünftige Nutzung der Windenergie in der Schweiz ausgewertet.
Bund und Kantone führen unter Einbezug der Betreiber von Windenergieanlagen sowie interessierten Gemeinden und Verbänden einen Erfahrungsaustausch, dessen Erkenntnisse auf geeignete Weise öffentlich kommuniziert werden.

2.2 Grundsätze für den raumplanerischen Umgang mit der Windenergienutzung

Die allgemeinen Planungsgrundsätze leiten aus der Bundesgesetzgebung, insbesondere aus dem Raumplanungsrecht, Rahmenbedingungen für die Planungsaktivitäten im Bereich Windenergienutzung ab.

Die Grundsätze zur Berücksichtigung der Bundesinteressen konkretisieren den Rahmen für den Einbezug der wichtigsten Bundesinteressen bei Planungsaktivitäten auf Stufe Richt- und Nutzungsplanung.

2.2.1 Allgemeine Planungsgrundsätze

ALLGEMEINE PLANUNGSGRUNDSÄTZE

P1 Bei der Planung wird sowohl beim Ausscheiden geeigneter Gebiete als auch in den einzelnen geeigneten Gebieten eine räumliche **Konzentration** von Anlagen angestrebt, um die Anzahl der betroffenen Gebiete möglichst gering zu halten.

P2 Insbesondere Gebiete beziehungsweise Standorte, die eine hohe Windenergieproduktion pro Turbine beziehungsweise Fläche erwarten lassen und in denen voraussichtlich ein Windpark errichtet werden kann, der ein nationales Interesse im Sinne von Art. 12 EnG und Art. 9 der Energieverordnung (EnV) erreicht, sind auf eine energetische Nutzung des Windpotenzials vertieft zu untersuchen. Im Sinne der **Ressourceneffizienz** ist die Stromproduktion aus Windenergie grundsätzlich in solchen Gebieten bzw. an solchen Standorten zu priorisieren.

P3 **Neuerschliessungen** potenzieller Windenergiegebiete mit einem ungünstigen Verhältnis zwischen erwarteter Energieproduktion und negativen Auswirkungen des zu tätigenden Eingriffs auf die Landschaft und Ökosysteme sind zu **vermeiden**.

P4 **Interessenkonflikte** zwischen geplanten Windenergiestandorten und anderen Bundesinteressen (vgl. nachfolgende themenspezifische Grundsätze) werden **unter Einbezug der betroffenen Bundesstellen beurteilt**. Bei der Beurteilung ist auf den erwarteten Windenergieertrag, die Bedeutung des Standorts im grossregionalen Kontext samt alternativen Planungsvarianten, die Umweltauswirkungen der Anlagen inklusive Ersatzmassnahmen (z. B. ökologischer oder landschaftlicher Art) sowie auf allfällige finanzielle Konsequenzen (z. B. durch Verschiebung von Anlagen oder Vorschriften zum Betrieb) einzugehen.

P5 **Auflagen zum Betrieb** sollen von den zuständigen Bewilligungsbehörden dann verfügt werden, wenn **Konflikte** zwischen Schutz- und Nutzungsinteressen nicht anders **entschärft** werden können. Die wirtschaftlichen Auswirkungen der betrieblichen Auflagen sind gebührend zu berücksichtigen. Die Wirksamkeit der Auflagen wird periodisch überprüft.

P6 Ausserhalb der Bauzonen sollen **kleine Windenergieanlagen** zwischen 10 und 30 m Gesamthöhe in der Regel **nur in speziellen Situationen** realisiert werden (z. B. bei fehlendem Netzanschluss). An ihrer Erstellung und ihrem Betrieb besteht kein übergeordnetes öffentliches Interesse.

P7 Produktionssteigerungen beziehungsweise der Erhalt von Produktionskapazitäten durch die **Erneuerung von Anlagen** in bestehenden Windenergiegebieten («Repowering») sind grundsätzlich **anzustreben**. Wenn die Erneuerung nicht innerhalb der im Nutzungsplan festgelegten Grenzen (inkl. maximale Höhe der Anlage) möglich ist oder neue massgebliche gesetzliche Regelungen in Kraft sind, werden jedoch eine Neubeurteilung und gegebenenfalls eine Plananpassung samt UVP nötig.

P8 Bei der **Ausserbetriebnahme** oder Betriebsaufgabe von Windenergieanlagen erfolgt deren **Rückbau**. Die Rahmenbedingungen für den Rückbau weiterer Infrastrukturen überprüft der Kanton in der Regel im Rahmen seiner Bewilligung der Nutzungsplanung. Die Verpflichtung zum Rückbau ist bereits im Rahmen der Bewilligungsverfahren mit geeigneten Massnahmen sicherzustellen.

2.2.2 Grundsätze zur Berücksichtigung der Bundesinteressen

Nachfolgend werden diejenigen Bundesinteressen behandelt, die durch Planungen von Windenergieanlagen besonders betroffen sein können, und es wird zusammengefasst, welche Aspekte besonders zu berücksichtigen sind. Der Erläuterungsbericht enthält weiterführende Informationen zu den einzelnen Bundesinteressen – teilweise mit Hinweisen zur Vermeidung von Konflikten.

Die Grundsätze zur Berücksichtigung der Bundesinteressen sind in tabellarischer Form dargestellt. Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Tabelle ist Folgendes zu beachten:

— Die Aussagen fokussieren auf jene **rechtlichen und planerischen Bestimmungen**, die für die Planung von Windenergieanlagen besondere Bedeutung haben. Darüber hinaus gelten selbstverständlich alle weiteren relevanten rechtlichen Bestimmungen des Bundes, ohne dass sie jeweils explizit aufgeführt werden.

— Die Bundesinteressen sind nach Themenbereichen geordnet. Die Darstellung behandelt die **wichtigsten Interessen** im Zusammenhang mit der Planung von Windenergieanlagen, ist **nicht abschliessend** und macht **keine Aussagen zu Prioritäten** unter den Bundesinteressen. Die Vollzugsverantwortung der aufgeführten Bundesinteressen liegt nicht notwendigerweise allein beim Bund, sondern in verschiedenen Fällen bei den Projektanten bzw. den Kantonen (z. B. Umsetzung von Massnahmen aus der UVP). Einleitend zu jedem Bereich finden sich wichtige Bezüge zum Bundesrecht und zu allfälligen weiteren massgeblichen Dokumenten.

— Unterschieden wird zwischen **behördenverbindlichen Aussagen** (mit Farbe hinterlegt) und **Aussagen mit empfehlendem Charakter**. Auch Letztere leisten einen wichtigen Beitrag zur rechtzeitigen Berücksichtigung der Bundesinteressen. Bei den Aussagen mit empfehlendem Charakter bestehen für die Kantone und andere Planungsträger Handlungsspielräume, die Inhalte der Aussagen unter Angabe von Gründen in ihrem Sinne auszugestalten oder davon abzuweichen.

— Unterschieden werden im Weiteren Aussagen auf **Stufe Richtplanung** und solche auf **Stufe Nutzungsplanung** beziehungsweise zur Umweltverträglichkeitsprüfung. Das Schwergewicht der materiellen Aussagen liegt auf der Stufe Richtplanung, während auf Stufe Nutzungsplanung eher verfahrensmässige Aussagen gemacht werden und die materiellen Aussagen primär den Umweltverträglichkeitsbericht betreffen. Es ist somit nicht beabsichtigt, dass der Bund im Rahmen der Nutzungsplanung neue Aufgaben übernimmt, sondern dass der Einbezug der Bundesinteressen auf jeder Stufe verbessert wird.

— Das Konzept Windenergie macht **keine inhaltlichen Aussagen zu Schutzanliegen auf Stufe der Kantone und Gemeinden** beziehungsweise zur Interessenabwägung in kantonalen oder kommunalen Schutzgebieten. Die entsprechenden Interessen sind durch diejenige Behörde zu erheben und zu beurteilen, die im Einzelfall die Interessenabwägung vornimmt.[2] Das Konzept Windenergie beschränkt sich auf inhaltliche Aussagen zu Schutzanliegen beziehungsweise Schutzgebieten, die auf internationalen Verpflichtungen oder Bundesgesetzen beruhen und eine nationale Bedeutung haben.

— Der Bund prüft und beurteilt die kantonalen Richtpläne anhand der Grundsätze zur Berücksichtigung der Bundesinteressen im Rahmen der Richtplanung. Verschiedene Bundesinteressen lassen sich dabei räumlich definieren und die entsprechenden Perimeter fallen aufgrund der rechtlichen Bestimmungen in eine der **vier Kategorien «Schutzgebiet ohne Interessenabwägung», «grundsätzlich Ausschlussgebiet», «Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse»** oder **«Vorbehaltsgebiet»**. In den Gebieten der Kategorien «grundsätzlich Ausschlussgebiet», «Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse» und «Vorbehaltsgebiet» können die Kantone für Windenergievorhaben eine Interessenabwägung durchführen. In Gebieten, die als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» definiert sind, ist für den Bund aber die Planung von Windenergieanlagen nur in Aus-

[2] Vgl. hierzu auch BGE-Urteil 132 II 408 zu Crêt-Meuron (Kt. NE). Die Kantone sind für den Schutz und die Erhaltung der regionalen und lokalen Biotope zuständig. Die Interessenbeurteilung wird grundsätzlich durch die zuständige kantonale oder kommunale Behörde vorgenommen, auch in den Fällen, in denen bestimmten Biotopen nach Art. 18*b* NHG möglicherweise eine Bedeutung im Zusammenhang mit einer zu schaffenden ökologischen Infrastruktur im Sinne der Strategie Biodiversität oder mit speziellen Artenschutzanliegen zukommt.

nahmefällen und mit fundierter, auf den konkreten Fall Bezug nehmender Begründung möglich. In «Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse» können unter bestimmten Bedingungen Richtplanverfahren gestartet werden. Dasselbe gilt für «Vorbehaltsgebiete», da aufgrund entsprechender Abklärungen auch eine Abstimmung mit den jeweiligen Bundesinteressen erreicht werden kann. Kurzbeschreibungen mit der planerischen Bedeutung der vier Kategorien finden sich im Glossar unter dem jeweiligen Begriff.

— Wenn sich Windenergieanlagen und -planungen regional[3] häufen, stellt sich die Frage, ob und allenfalls wie sich die Auswirkungen der verschiedenen Planungen beziehungsweise Anlagen addieren (**kumulierte Effekte**).[4] Diese Frage stellt sich beispielsweise in den Bereichen Landschaft und Radaranlagen und sollte bereits im Rahmen der Richtplanung stufengerecht bearbeitet werden. Dabei sind auch die kantonsübergreifenden beziehungsweise grenzüberschreitenden Aspekte zu behandeln.

— Die Gebiete, die zum Natur-, Landschafts-, Heimat- und Artenschutz aufgeführt sind, umfassen die Flächen der geschützten Objekte beziehungsweise der zu schützenden Kerngebiete. Sofern keine eigens definierte und in offiziellen Plänen eingezeichnete **Pufferzone** besteht – wie beispielswiese bei verschiedenen UNESCO-Welterbestätten oder Biotopen von nationaler Bedeutung –, ist im Einzelfall rechtzeitig – spätestens im Rahmen der UVP – zu prüfen, ob der Wert eines geschützten Objekts beeinträchtigt beziehungsweise die Einhaltung seiner Schutzziele von Anlagen ausserhalb seines Perimeters in Frage gestellt wird. Unter Berücksichtigung der Bestimmungen von Art. 12 Abs. 3 EnG bezüglich des nationalen Interesses sind gegebenenfalls entsprechende, individuell festgelegte Abstände zum geschützten Perimeter festzulegen. Das Konzept Windenergie macht dazu keine generellen Aussagen.

[3] Eine Umschreibung beziehungsweise Definition von «regional» kann sich darauf stützen, dass die Sichtbarkeit von Windenergieanlagen bei durchschnittlichen Sichtverhältnissen bis 5 km Luftlinie als gegeben erachtet werden kann, danach jedoch deutlich abnimmt. Die Sichtverhältnisse hängen dabei primär von den Lichtverhältnissen und der Luftfeuchtigkeit beziehungsweise der Wolkenbildung ab. Vgl. Meteotest (2013): Sichtbarkeit von Windenergieanlagen – Sichtbarkeitsanalysen für Windpark-Planungsgebiete (Schwerpunkt Kanton VD) im Auftrag der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL).

[4] Die gesetzlich vorgeschriebene Addition der Lärmbelastung durch unterschiedliche Quellen derselben Art ist etwas Anderes, fällt nicht unter den Begriff kumulierte Effekte und wird deshalb im Rahmen des Konzepts Windenergie nicht weiter ausgeführt.

Tabellarische Übersicht der Grundsätze zur Berücksichtigung der Bundesinteressen

1. ENERGIEVERSORGUNG / FÖRDERUNG ERNEUERBARER ENERGIEN (Art. 89 BV, Art. 1, 2 und 10 ff. EnG, Art. 16 EleG, Art. 9 EnV)

Die Energiegesetzgebung des Bundes bezweckt eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung, die sparsame und effiziente Energienutzung sowie den Übergang zu einer Energieversorgung, die stärker auf der Nutzung einheimischer erneuerbarer Energien, u.a. der Windenergie, basiert. Die Nutzung erneuerbarer Energien und ihr Ausbau sind von nationalem Interesse. Windpärke ab einer mittleren jährlichen Produktion von 20 GWh sind von nationalem Interesse.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung	
Die Kantone berücksichtigen die Ausbaupläne des Bundesrats im Bereich der Windenergie und die Richtwerte des Energiegesetzes (Art. 2 EnG).		**Behördenverbindlich**
Der Richtplan macht stufengerechte Aussagen zur Einspeisung der Stromproduktion in das regionale Netz und das Übertragungsnetz.	Die Leitbehörde für das Nutzungsplanverfahren nimmt rechtzeitig die materielle und formelle Koordination mit dem Plangenehmigungsverfahren für den elektrischen Teil an die Hand.	**Empfehlung**

2. RAUMPLANUNG / ABSTIMMUNG MIT DER SIEDLUNGSENTWICKLUNG UND DEM LÄRMSCHUTZ

Die Ansprüche der Raumplanung im Zusammenhang mit Planungen von Windenergieanlagen werden erfüllt, wenn i) die Planungspflicht befolgt und räumliche Alternativen evaluiert werden, ii) die Koordination zwischen den Planungsträgern und ihren Raumplanungsinstrumenten erfolgt sowie iii) die fachliche und gesamträumliche Abstimmung und Interessenabwägung stattfindet.

2.1. Lärmschutz (Art. 7 und Anhang 6 LSV)

Windenergieanlagen erzeugen Geräusche. Die Lärmimmissionen sind abhängig von Anzahl und Typ der Windturbinen, deren Betrieb, der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und der Temperaturschichtung der Luft sowie dem Abstand und der Topographie zwischen Turbine und Ort der Ermittlung. Bei Windparks wirken die Windturbinen einzeln beziehungsweise gesamthaft in ihrer Wechselwirkung.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
	Die Lärmschutz-Verordnung ist massgebend für die Bestimmung der Abstände, die zu bewohnten Gebäuden und weiteren lärmempfindlichen Nutzungen einzuhalten sind.	**Behördenverbindlich**
Im Rahmen der Gebietsausscheidung sollen geschlossene Siedlungen und dauerhaft bewohnte Weiler grossräumig ausgeschlossen werden, indem für GIS-Analysen im Rahmen von Grundlagenarbeiten die Bestimmungen der Lärmschutz-Verordnung berücksichtigt werden.	Die kantonale Vollzugsbehörde prüft bereits vor der allfälligen Erteilung einer Baubewilligung die Möglichkeit von Erleichterungen, sofern die Einhaltung der Planungswerte, unter Berücksichtigung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen (Art. 7 Abs. 1 Bst. a. LSV) zu einer unverhältnismässigen Einschränkung für die Errichtung der Windenergieanlagen führen würde und ein überwiegendes öffentliches Interesse an der Anlage besteht (Art. 7 Abs. 2 LSV).	**Empfehlung**

2.2. Sachpläne (Art. 22 und 30 RPV)

Die Planung von Windenergieanlagen kann einen erhöhten Bedarf an Abstimmungen mit Sachplänen mit sich bringen.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung	
Die Sachpläne des Bundes sind bei der Planung von Windenergieanlagen zu berücksichtigen (z. B. im Sachplan Übertragungsleitungen SÜL festgesetzte Korridore).	Es ist aufzuzeigen, wie allfällige Konflikte zwischen Sachplanfestlegungen und einer Nutzungsplananpassung für Windenergieanlagen bereinigt worden sind.	**Behördenverbindlich**
	Fruchtfolgeflächen gelten als «Vorbehaltsgebiet»; sie werden von den Kantonen ausgeschieden und gesichert. Windenergieanlagen und ihre Erschliessung auf Fruchtfolgeflächen sind nach Möglichkeit zu vermeiden und der Verlust an Fruchtfolgeflächen soll durch geeignete Massnahmen kompensiert werden.	**Empfehlung**

3. LANDSCHAFTS-, NATUR- UND HEIMATSCHUTZ

Die Windenergienutzung kann in Konflikt mit gesetzlichen Bestimmungen in den Umweltbereichen Natur-, Landschaft-, Heimat-, Wald- und Gewässerschutz stehen. Die grössten Konfliktpotenziale ergeben sich durch Überschneidungen von Gebieten mit hohem Windpotenzial und grossflächigen Schutzgebieten.

3.1. Landschaftscharakter (Art. 3 NHG)

Jedes Windenergieprojekt verändert die Landschaft. Die für Windenergieanlagen günstigen Gebiete beziehungsweise Standorte, insbesondere Berggipfel und Kreten, sind oft auch bevorzugte Orte für Landschaftserlebnisse und damit von Bedeutung für den Tourismus und die Erholung. In gewissen Fällen, in denen beispielsweise ein Bau von Zufahrtsstrassen nötig ist, können sich auch indirekt Konflikte mit der Landschaftsqualität ergeben.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
Für die Festsetzung von Gebieten oder Standorten, die für die weitere Planung von Windenergieanlagen geeignet sind, sind stufengerechte Grundlagen zu übergeordneten Landschaftsfragen erforderlich (vgl. Art. 6 Abs. 2 Bst. b RPG). Die materielle Auseinandersetzung mit diesen Grundlagen fliesst in die Interessenabwägung für die Festsetzung ein.	Kleinräumige Landschaftsfragen sind Bestandteil der Nutzungsplanung oder der UVP. Nutzungsplanung und UVP können sich dabei im Regelfall auf entsprechende Grundlagen und Festlegungen des Richtplans stützen.	**Behördenverbindlich**
Für eine Positivplanung, die auf einer flächendeckenden Standortevaluation beruht, empfiehlt der Bund, eine spezielle Studie zu übergeordneten Landschaftsfragen zu erstellen. Die Studie soll eine Gesamtsicht auf den Kanton sowie die angrenzenden Gebiete ermöglichen und bildet eine Grundlage für die Richtplanentscheide betreffend Festsetzung von für die Windenergienutzung geeigneten Gebieten oder Standorten.		**Empfehlung**

3.2. UNESCO Welterbe (Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt)

Windenergieanlagen können den aussergewöhnlichen universellen Wert der Welterbestätten in Frage stellen, der die formelle Grundlage für den Eintrag auf der Liste des Welterbes ist. Als Vertragsstaat der Konvention hat sich die Schweiz international verpflichtet, UNESCO-Welterbestätten auf ihrem Territorium zu erhalten und zu pflegen, was durch innerstaatliche Schutzbestimmungen umgesetzt werden muss.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
UNESCO Welterbestätten (Kultur- und Naturstätten) gelten als «grundsätzlich Ausschlussgebiet». Im daran anschliessenden strukturellen und visuellen Wirkungsbereich, insbesondere dort, wo es entsprechende Pufferzonen der Stätten gibt, dürfen geplante Windenergieanlagen den aussergewöhnlichen universellen Wert der Stätten («valeur universelle exceptionnelle») voraussichtlich nicht beeinträchtigen. Diese Bereiche gelten als «Vorbehaltsgebiet».	Werden Windenergieanlagen basierend auf einer Festsetzung im kantonalen Richtplan im strukturellen und visuellen Wirkungsbereich von Welterbestätten geplant, ist nachzuweisen, dass der aussergewöhnliche universelle Wert der Stätte nicht beeinträchtigt wird.	**Behördenverbindlich**

3.3. BLN-Gebiete (Art. 5 ff. NHG, VBLN)

Im Bereich Landschaft sind die möglichen Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Objekte des Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) besonders relevant. Das Landschaftsbild kann durch die Errichtung von Windparks im Perimeter eines BLN-Objektes so stark verändert werden, dass dessen Schutzziele schwerwiegend beeinträchtigt werden.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
BLN-Gebiete sind als «Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse» zu betrachten, d. h. eine Interessenabwägung ist erst möglich, wenn sich in einem BLN-Gebiet ein Windpark mit einer mittleren erwarteten Jahresproduktion von mindestens 20 GWh realisieren lässt. Soll ein entsprechendes Gebiet für die Windenergienutzung festgesetzt werden, so stützt sich diese Festsetzung auf eine Prüfung von Alternativen ausserhalb des BLN-Gebiets beziehungsweise auf eine flächendeckende kriteriengestützte Standortevaluation (Positivplanung), welche – mit Verweis auf das Gebot der grösstmöglichen Schonung der BLN-Objekte – eine stufengerechte Auseinandersetzung mit den spezifischen Schutzzielen des BLN-Gebiets beinhaltet.	Werden Windenergieanlagen – basierend auf einer Festsetzung im kantonalen Richtplan – innerhalb von BLN-Gebieten geplant, ist aufzuzeigen, wie die grösstmögliche Schonung des Gebiets erreicht wird beziehungsweise wie die Schutzziele am wenigsten beeinträchtigt werden. Zudem ist festzulegen, wie Beeinträchtigungen mittels Wiederherstellungs- oder Ersatzmassnahmen ausgeglichen werden (vgl. Art. 6 NHG). Vor einer Bewilligung der entsprechenden Nutzungsplanung entscheidet die kantonale Fachstelle, ob ein Gutachten der ENHK einzuholen ist (vgl. Art. 7 NHG).	**Behördenverbindlich**
Der Bund empfiehlt den Kantonen, bei der Planung von Gebieten oder Standorten innerhalb von oder angrenzend an BLN-Gebiete eine Stellungnahme der Eidg. Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) einzuholen (vgl. Art. 7 NHG). Bei der Prüfung der Standortalternativen für Planungen innerhalb von BLN-Gebieten ist der Planungsgrundsatz P2 besonders zu berücksichtigen.		**Empfehlung**

3.4. ISOS- und IVS-Objekte (Art. 5 ff. NHG, VISOS, VIVS)

Die nationale Bedeutung eines ISOS-Ortsbilds von nationaler Bedeutung ist durch architekturhistorische, räumliche und topographische Qualitäten bestimmt. Die Authentizität sowie die visuelle Integrität des Ortsbildes werden dabei stark vom Bezug zwischen den Bauten und der umgebenden Landschaft geprägt (entspricht dem visuellen und strukturellen Wirkungsbereich). Je nach örtlichen Gegebenheiten können Windenergieanlagen diese Aussenwirkung von Ortsbildern stark verändern, so dass deren visuelle Integrität im landschaftlichen Kontext schwerwiegend beeinträchtigt wird. Bei den historischen Verkehrswegen von nationaler Bedeutung soll in erster Linie die vorhandene Substanz erhalten bleiben.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
Die Perimeter der ISOS-Objekte sind als «Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse» zu betrachten. Im daran anschliessenden strukturellen und visuellen Wirkungsbereich von ISOS-Ortsbildern sind – mit Verweis auf das Gebot der grösstmöglichen Schonung der ISOS-Objekte – im Rahmen der Interessenabwägung die Lagequalitäten und die Aussenwirkung des Ortsbildes zu berücksichtigen. Die entsprechenden Bereiche gelten als «Vorbehaltsgebiet».	Werden Windenergieanlagen basierend auf einer Festsetzung im kantonalen Richtplan im strukturellen und visuellen Wirkungsbereich von ISOS-Objekten geplant, ist aufzuzeigen, wie die grösstmögliche Schonung des Ortsbildes, namentlich in Bezug auf seine Lagequalitäten und Aussenwirkung, erreicht wird. Im Rahmen der Nutzungsplanung ist zudem aufzuzeigen, wie mit allfälligen Konflikten mit Objekten der historischen Verkehrswege IVS umgegangen wird. Vor einer Bewilligung der entsprechenden Nutzungsplanung entscheidet die kantonale Fachstelle, ob ein Gutachten der ENHK einzuholen ist (vgl. Art. 7 NHG).	**Behördenverbindlich**
Der Bund empfiehlt den Kantonen, bei der Planung von Gebieten oder Standorten in der Nähe von ISOS-Objekten von nationaler Bedeutung eine Stellungnahme der Eidg. Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) einzuholen. (vgl. Art. 7 NHG).		**Empfehlung**

3.5. Weitere Schutzgebiete (Art. 78 BV, NHG, JSG, GSchG, KGSG, Art. 12 EnG, Ramsar-Konvention)

Windenergieanlagen können weitere, besonders schützenswerte Lebensräume und Landschaften stark beeinträchtigen. Ausserdem können die zu Windenergieanlagen zugehörenden Infrastrukturen (Montageplätze, Zufahrt, Einspeisung in das Stromnetz, technische Bauten usw.) wichtige Lebensräume mit ihren typischen Lebensgemeinschaften beeinträchtigen oder gar zerstören.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
Folgende Landschafts- und Biotopinventare von nationaler Bedeutung gelten als «Schutzgebiet ohne Interessenabwägung», in denen keine Planung von Windenergieanlagen möglich ist: — Moorlandschaften von besonderer Schönheit und nationaler Bedeutung (Art. 78 Abs. 5 BV und Art. 23*d* NHG: zugelassene Nutzungen, Moorlandschaftsverordnung); — Hoch- und Übergangs- bzw. Flachmoore von nationaler Bedeutung (Art. 78 Abs. 5 BV i V. mit Art. 18*a* NHG, Hochmoorverordnung, Flachmoorverordnung); — Kernzone Nationalpärke und Naturerlebnispärke (Art. 23*f* und *h* NHG: Definition; Art. 1 Nationalparkgesetz); — Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung WZVV (Art. 2 Ramsar-Konvention, Art. 11 JSG, Anhang 1 WZVV, Art. 12 Abs. 2 EnG). — übrige Biotope von nationaler Bedeutung gemäss Art. 18*a* NHG (Auengebiete, Amphibienlaichgebiete, Trockenwiesen und -weiden; Art. 12 Abs. 2 EnG). Die Wildtierkorridore von überregionaler Bedeutung (Art. 1 und 18 NHG, Art. 1 JSG sowie BGE 128 II 1), die eidg. Jagdbanngebiete (Art. 1 und 11 JSG) sowie die Regionalen Naturpärke und die UNESCO-Biosphärenreservate (Art. 23*e* NHG) sind als «Vorbehaltsgebiet» zu betrachten. Rund um Wildtierpassagen von Nationalstrassen gilt das Gebiet bis 300 m Abstand als «grundsätzlich Ausschlussgebiet». Das daran anschliessende Gebiet zwischen 300 und 500 m Abstand gilt als «Vorbehaltsgebiet».	Der allfällige Einfluss auf die Biotope und Inventare nach NHG sind im Umweltverträglichkeitsbericht zu behandeln. Bei der Projektausgestaltung (Maststandorte, Erschliessung) sind die Schutzanliegen weiterer Landschafts- und Naturschutzgebiete, von Wildtierkorridoren von überregionaler Bedeutung, Jagdbanngebieten und Regionalen Naturpärken sowie die Bestimmungen des Gewässer- und Grundwasserschutzes zu berücksichtigen.	**Behördenverbindlich**
Der Bund empfiehlt den Kantonen, folgende weitere Gebiete bei der Planung als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» zu betrachten: — VAEW-Gebiete (Art. 22 WRG); — Umgebungszone Nationalpark (Art. 18 PäV); — Übergangszone Naturerlebnispark (Art. 24 PäV); — Grundwasserschutzzonen S1 und S2 sowie Grundwasserschutzareale.	Sind ausserhalb der Bauzonen Kulturgüter von nationaler Bedeutung gemäss Kulturgüterschutzinventar vorhanden, so wird empfohlen, im Rahmen der Nutzungsplanung aufzuzeigen, dass deren Schutz sichergestellt ist.	**Empfehlung**

3.6. Wald (Art. 5 ff. WaG)

Die Erstellung von Windenergieanlagen im Wald (inkl. Wytweiden) stellt gemäss Waldgesetz eine Zweckentfremdung von Waldboden dar. Eine Rodungsbewilligung kann erteilt werden, wenn für die Rodung wichtige Gründe bestehen, die das Interesse an der Walderhaltung überwiegen, und die gesetzlichen Kriterien erfüllt werden.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
Wald ist als «Vorbehaltsgebiet» zu betrachten. Soll ein für Windenergienutzung geeignetes Gebiet oder ein Standort im Wald festgesetzt werden, so stützt sich diese Festsetzung auf eine Prüfung von Alternativen ausserhalb des Waldes beziehungsweise auf eine flächendeckende kriteriengestützte Standortevaluation (Positivplanung). Um die Standortgebundenheit nachzuweisen, hat eine Interessenabwägung aufgrund von objektiven Kriterien stattgefunden. Waldreservate gelten als «grundsätzlich Ausschlussgebiet».	Das Rodungsbewilligungsverfahren ist, gestützt auf ein konkretes Bauvorhaben, mit dem Nutzungsplanverfahren zu koordinieren. Es ist der Nachweis zu erbringen, dass die Rodungsvoraussetzungen erfüllt sind (Art. 5 WaG) und der Rodungsersatz geregelt ist (Art. 7 WaG). Beim Nachweis der Rodungsvoraussetzungen sind die Abklärungen auf Stufe Richtplanung beizuziehen. Bei einem Standort im Schutzwald muss die Schutzfunktion vor Naturgefahren weiterhin gewährleistet sein.	**Behördenverbindlich**

4. ARTENSCHUTZ (VÖGEL UND FLEDERMÄUSE) (ART. 1, 7 UND 11 JSG, ART. 14 UND 20 NHV)

Windenergieanlagen und deren begleitende Infrastrukturen können die Lebensräume von Vögeln und Fledermäusen verändern, Verhaltensänderungen (z. B. bei der Nutzung des Lebensraumes) hervorrufen oder Kollisionen (Masten, Rotor) verursachen. Dies kann störungsempfindliche und kollisionsgefährdete Vogelarten sowie Fledermausarten betreffen, die zu den national prioritären Arten gehören.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung / Umweltverträglichkeitsprüfung	
Die Kerngebiete [5] von Bartgeier und Auerhuhn gelten für die Erzeugung von Windenergie als «grundsätzlich Ausschlussgebiet».	Soweit vorhanden sind die spezifischen, kantonalen Vorgaben bezüglich Vogelschutz und Schutz von Fledermäusen anzuwenden und allfällige Schutzmassnahmen festzulegen. Soweit kantonale Vorgaben fehlen, sind die Empfehlungen bzw. allgemeinen Vorgaben des BAFU und der KVU betreffend die UVP zu berücksichtigen.	**Behördenverbindlich**
Windenergieanlagen können Zug- und Brutvögel sowie Fledermäuse gefährden. Der erläuternde Bericht einer Richtplanvorlage macht stufengerechte Aussagen zur Berücksichtigung i) absehbarer Konfliktpotenziale mit national prioritären Vogelarten ii) allfälliger Konfliktpotenziale betreffend Vogelzug und iii) allfälliger Fledermausaktivitäten (Vorabklärungen).	Bei risikoreichen Standorten sind mögliche Artenschutzmassnahmen (wie z.B. alternative Positionierung einzelner Turbinen oder Vorschriften zum Betrieb der Anlagen, die die Konflikte substanziell reduzieren), frühzeitig zu evaluieren.	**Empfehlung**

[5] Beim Bartgeier gelten die regelmässig benutzten Brutplätze mit einem Radius von 5 km als Kerngebiet (Stand 2019); beim Auerhuhn gelten als Kerngebiet die Gebiete mit aktuellen Vorkommen, die den Priorität 1-Gebieten im Aktionsplan Auerhuhn Schweiz (Mollet et al. 2008) entsprechen.

5. RELEVANTE TECHNISCHE ANLAGEN IN DER KOMPETENZ DES BUNDES

Windenergieanlagen können relevante Störungen unterschiedlicher Anlagen für die Landesverteidigung, die Zivilluftfahrt, den Richtfunk und meteorologische Messinstrumente im Kompetenzbereich des Bundes verursachen. Die Messungen von Radaren und anderen technischen Systemen können insbesondere durch Reflexionen elektromagnetischer Signale an den Masten und Rotorblättern der Windenergieanlagen gestört werden.

5.1. Zivilluftfahrt (Art. 63 ff. VIL sowie verschiedene internationale Normen der ICAO und von Eurocontrol)

Windenergieanlagen können unterschiedliche Anlagen und Aufgaben der Zivilluftfahrt beeinträchtigen, wenn sie i) sich auf Flugplatzarealen oder in An- und Abflugkorridoren von Flugplätzen befinden oder ii) Einflüsse auf zivile Kommunikations-, Navigations- und Überwachungsanlagen (CNS-Anlagen) haben.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung	
Die Flugplatzperimeter und die Gebiete mit Hindernisbegrenzung der zivilen Flugplätze gemäss Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) sind als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» zu betrachten. Als Spezialfall in der Beurteilung des Gebiets mit Hindernisbegrenzung werden die Flächenanteile, die einzig zu den kreisrunden Horizontalflächen beziehungsweise den konischen Flächen gehören, nur als «Vorbehaltsgebiet» betrachtet. Im Umkreis von bis zu 15 km um Kommunikations-, Navigations- und Überwachungsanlagen für die Zivilluftfahrt [6] besteht ein grosses Risiko, dass Windenergieanlagen den Betrieb von Flugsicherungsanlagen stören oder verunmöglichen können («Vorbehaltsgebiet»). Entsprechende Störpotenziale sind in Absprache mit der zuständigen Stelle des Bundes im Detail zu analysieren.		**Behördenverbindlich**
Auch im übrigen Luftraum können bezüglich der oben genannten Flugsicherungsanlagen Störungen durch Windenergieanlagen auftreten.Deshalb sind unter Umständen bereits in einem frühen Planungsstadium die möglichen Einflüsse auf Flugsicherungsanlagen und Flugverfahren zu analysieren. Um stufengerecht allfällige Konflikte zu erkennen, richten die Kantone im Falle klarer Hinweise auf absehbaren Abstimmungsbedarf bereits vor der Richtplanprüfung eine Voranfrage an den Guichet Unique Windenergie des Bundes.	Die zuständigen Planungsstellen sorgen dafür, dass die Projektträger beim Guichet Unique Windenergie des Bundes eine technische Beurteilung ihres Vorprojekts bezüglich möglicher Störungen technischer Anlagen der zivilen Flugsicherung – unter Bekanntgabe insbesondere von Standortkoordinaten, Rotordurchmesser und Gesamthöhe – einholen. Dies ist ein zweckmässiger Schritt, um die Machbarkeit des Projekts einzustufen, und findet unabhängig vom spezifischen Melde- und Bewilligungsprozess von Luftfahrthindernissen gemäss Art. 63 VIL statt. Liegen Hinweise auf sicherheitsrelevante Störpotenziale vor, so kann es zweckmässig sein, Standort- und Höhenvarianten sowie mögliche Vorschriften zum Betrieb der geplanten Windenergieanlagen (Betriebsreglemente), die geeignet sind, vorhandene Konflikte substanziell zu reduzieren, in die Planung einzubeziehen und frühzeitig zu evaluieren.	**Empfehlung**

[6] Typologie der zivilen Flugsicherungsanlagen mit Angabe des Radius für das Vorbehaltsgebiet:
Überwachungsanlagen
Surveillance Radar: 15 km
Surface Movement Radar: 5 km
Multilaterationsanlage: 1 km
Navigationsanlagen
Konventionelles Drehfunkfeuer (CVOR): 10 km
Doppler Drehfunkfeuer (DVOR): 6 km
Instrumentenlandesystem (ILS): 70° Sektor in Pistenrichtung mit Radius 10 km
Peilstelle (VDF): 5 km
Distanzmessgerät (DME): 3 km
Ergänzungssystem (GBAS): 3 km
Ungerichtetes Funkfeuer (NDB): 1 km
Kommunikationsanlagen
Kommunikationsstation (VHF COM): 2 km

5.2. Militärluftfahrt und militärische Anlagen (MG, Art. 9 Anlageschutzverordnung, Art. 66 VIL)

Windenergieanlagen können unterschiedliche militärische Anlagen und Aufgaben beeinträchtigen, wenn sie i) Systeme der Luftwaffe beeinflussen oder sich im Umkreis eines Militärflugplatzes befinden, ii) Systeme der Führungsunterstützungsbasis (FUB) oder des Bundesamts für Bevölkerungsschutz (BABS) beeinflussen, iii) sich in Gebieten mit regelmässigem Sichtflug der Luftwaffe befinden, iv) sich auf Flugplatzarealen oder in An- und Abflugkorridoren von militärischen Flugplätzen gemäss Sachplan Militär (SPM) befinden und dadurch die Gebiete mit Hindernisbegrenzung oder v) die Perimeter der Waffen-, Schiess- und Übungsplätze gemäss SPM betreffen.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung	
Die Flugplatzperimeter und die Gebiete mit Hindernisbegrenzung der Militärflugplätze sowie die Perimeter der Waffen- und Schiessplätze gemäss Sachplan Militär sind als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» zu betrachten. Im Umkreis von 20 km zu Militärflugplätzen besteht ein grosses Risiko, dass Windenergieanlagen zu Störungen der Radar- und Flugsicherungsanlagen führen («Vorbehaltsgebiet»). Entsprechende Störpotenziale sind in Absprache mit der zuständigen Stelle des Bundes im Detail zu analysieren. Liegt eine detaillierte Konfliktanalyse der Luftwaffe für einen einzelnen Militärflugplatz vor und sind die räumlichen Auswirkungen mit den betroffenen Kantonen und Bundesstellen abgesprochen, so wird das Vorbehaltsgebiet im Umkreis von 20 km zum Militärflugplatz mit entsprechenden spezifischen Gebietsausscheidungen ersetzt.		**Behördenverbindlich**
Auch im übrigen Luftraum können sicherheitsrelevante Störungen durch Windenergieanlagen auftreten. Um stufengerecht allfällige Konflikte, auch mit Anlagen der militärischen Überwachung und Kommunikation, zu erkennen, richten die Kantone im Falle klarer Hinweise auf absehbare Konflikte bereits vor der Richtplanprüfung eine Voranfrage an den Guichet Unique Windenergie des Bundes.	Die zuständigen Planungsstellen sorgen dafür, dass die Projektträger beim Guichet Unique Windenergie des Bundes eine technische Beurteilung ihres Vorprojekts bezüglich möglicher Störungen für die Militärluftfahrt und für militärische Anlagen – unter Bekanntgabe insbesondere von Standortkoordinaten, Rotordurchmesser und Gesamthöhe – einholen. Mögliche Vorschriften zum Betrieb der Anlagen (Betriebsreglemente), die geeignet sind, vorhandene Konflikte substanziell zu reduzieren, sind frühzeitig zu evaluieren.	**Empfehlung**

5.3. Meteorologische Messinstrumente (WMO-Richtlinie, Art. 1 MetG)

Windenergieanlagen können Störungen von Niederschlagsradaren, Windprofilern und Bodenmessstationen von MeteoSchweiz zur Folge haben.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung	
Ein Umkreis von 5 km rund um die meteorologischen Radare des Bundes ist als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» zu betrachten. Ein Umkreis von 5 – 20 km um die entsprechenden Radare gilt als «Vorbehaltsgebiet». Dies betrifft folgende Anlagen: — Niederschlagsradare: Albis, La Dôle, Monte Lema, Pointe de la Plaine Morte, Weissfluhgipfel, Montancy (F); — Windprofiler: Grenchen, Payerne, Schaffhausen.[7]		**Behördenverbindlich**
Um stufengerecht allfällige Konflikte zu erkennen, richten die Kantone im Falle von Planungen von Windenergieanlagen eine Voranfrage an den Guichet Unique Windenergie des Bundes.	Die zuständigen Planungsstellen sorgen dafür, dass die Projektträger beim Guichet Unique Windenergie des Bundes eine technische Beurteilung ihres Vorprojekts einholen. Neben den Radaranlagen werden dabei auch allfällige Auswirkungen auf Bodenmessstationen untersucht.	**Empfehlung**

5.4. Richtfunkstrecken (FMG)

Konzessionierte, zivil betriebene Richtfunkstrecken sowie militärische Richtfunkstrecken sind in der Schweiz in einer relativ hohen Dichte vorhanden und können deshalb mit Planungen von Windenergieanlagen in Konflikt geraten.

Stufe Richtplanung	Stufe Nutzungsplanung	
Die zuständigen Planungsstellen sorgen im Rahmen der Richtplanung anhand der GIS-Daten zu den zivilen Richtfunkstrecken für eine erste Analyse möglicher Konflikte mit Richtfunkstrecken und berücksichtigen deren Resultate. Sind Standort- und Höhenangaben (Rotordurchmesser, Gesamthöhe) der Windenergieanlagen bereits auf Stufe Richtplanung bekannt, so sorgen die zuständigen Planungsstellen dafür, dass die Projektträger beim Guichet Unique Windenergie des Bundes eine Voranfrage bezüglich möglicher Störungen bestehender Richtfunkstrecken machen. Bei Mitteilung einer kritischen Konstellation zwischen geplanten Windenergiestandorten und bestehenden Richtfunkstrecken ist das Gespräch mit den entsprechenden Betreibern der Richtfunkstrecken zu suchen.	Die zuständigen Planungsstellen sorgen dafür, dass die Projektträger beim Guichet Unique Windenergie des Bundes eine technische Beurteilung ihres Vorprojekts bezüglich möglicher Störungen bestehender Richtfunkstrecken – unter Bekanntgabe insbesondere von Standortkoordinaten, Rotordurchmesser und Gesamthöhe – einholen. Bei Mitteilung einer kritischen Nähe zwischen einer geplanter Windenergieanlage und einer bestehenden Richtfunkstrecke ist rechtzeitig das Gespräch mit dem entsprechenden Betreiber der Richtfunkstrecke zu suchen.	**Empfehlung**

[7] Im Umkreis von 5 km um die Windprofiler von MeteoSchweiz kann – trotz kleiner Wahrscheinlichkeit – die Situation eintreten, dass eine Windenergieanlage nur eine geringfügige Beeinträchtigung auf den Windprofiler verursacht. Zudem kann – im Gegensatz zu Niederschlagsradaren, deren Standort sich nicht verschieben lässt – eine lokale Verschiebung von Windprofilern im Ausnahmefall und nach einer Analyse der räumlichen Gegebenheiten in Frage kommen.

2.3 Massnahmen

Die Massnahmen umfassen Aktivitäten von Bund und Kantonen, die in Präzisierung oder Ergänzung einzelner Leitvorstellungen oder Grundsätze zur Erfüllung der strategischen Ziele beitragen. Die Massnahmen werden nicht als allgemein behördenverbindlich eingestuft. Die aufgeführten Massnahmen sollen aus Sicht der angesprochenen Staatsebenen als zweckmässig für die Planung von Windenergieanlagen beurteilt werden.

Massnahmen mit Bezug zu den strategischen Zielen[8]

M1 **Das Bundesamt für Energie** (BFE) weist im Auftrag des Bundes periodisch den Stand der Umsetzung der Windenergienutzung in der Schweiz öffentlich aus (Massnahme mit Bezug zum Ziel **Z1**).

M2 **Der Bund** stellt bei Bedarf weitere Grundlagen zum Einbezug der Bundesinteressen bei der Planung von Windenergieanlagen bereit. Die Grundlagen sollen auch dazu dienen, die Interessenabwägung besser vornehmen und wo sinnvoll Auflagen zum Betrieb verfügen zu können[9] (Massnahme mit Bezug zum Ziel **Z3**).

M3 **Der Bund** leistet bei Bedarf Unterstützung für kantonsübergreifende Konzeptarbeiten (Massnahme mit Bezug zum Ziel **Z4**).

M4 **Die Kantone** sorgen dafür, dass die Grundlagen nach Art. 6 Abs. 2 Bst. b^{bis} RPG so aufbereitet werden, dass für grenznahe Gebiete mit Windpotenzial eine interkantonale beziehungsweise grenzüberschreitende Diskussion unterstützt wird (Massnahme mit Bezug zum Ziel **Z4**).

M5 **Die Kantone** legen Windenergie-Ausbauziele für den Zeitraum der nächsten 20 bis 25 Jahre fest (Massnahme mit Bezug zum Ziel **Z1**) und stimmen die Definition von Windenergie-Ausbauzielen in ihren Grenzräumen miteinander ab (Massnahme mit Bezug zum Ziel **Z4**).

Weitere Massnahmen

M6 **Der Bund** führt in Zusammenarbeit mit den Kantonen und Anlagenbetreibern ein Monitoring zu den Auswirkungen des Betriebs von Windenergieanlagen auf bestimmte Interessen des Bundes durch (z. B. betreffend Schlagopferzahlen geschützter Vogelarten).

M7 **Der Bund** organisiert mit den interessierten Kreisen (vgl. Leitvorstellung **L3**) einen Erfahrungsaustausch, auf Basis dessen *best-practice*-Beispiele für Planung und Betrieb ausgewählt werden. Dabei werden auch Erfahrungen im Ausland einbezogen.

M8 **Der Bund** entscheiden über die geeigneten Massnahmen, um die ausgewählten guten Beispiele als Vorbilder für anstehende Planungen bekannt zu machen.

M9 **Bund und Kantone** prüft Anpassung an bestehenden technischen Anlagen in seinem Kompetenzbereich (z. B. Verschiebungen), wenn dadurch grosse Potentiale für die Windenergienutzung erschlossen werden können.

M10 **Der Bund** verfolgt das Ziel, dass neue Anlagen und Systeme für die Luftraumüberwachung möglichst robust gegenüber den von Windenergieanlagen ausgehenden Störungen sind. Er nimmt seine entsprechenden Einflussmöglichkeiten bei armasuisse und Skyguide wahr.

[8] Zum strategischen Ziel Z2 (vgl. Kapitel 2.1) ist keine spezifische Massnahme definiert worden. Massgebend sind die Planungsarbeiten im Rahmen der kantonalen Richtpläne unter Berücksichtigung der Grundsätze des Konzepts Windenergie.

[9] Sowohl im militärischen Bereich als auch bei gewissen Arten wie den Fledermäusen und Zugvögeln hat sich gezeigt, dass durch Auflagen zum Betrieb einzelne Standorte bewilligungsfähig werden können. Damit entsprechende Optimierungsmöglichkeiten bei der Planung von Windenergiestandorten untersucht werden, ist ein entsprechender Planungsgrundsatz (vgl. auch Planungsgrundsatz P5, Kapitel 2.2) ausformuliert worden. Dabei ist zu beachten, dass Betriebseinschränkungen dazu führen, dass die dadurch verlorenen Produktionspotenziale anderweitig realisiert werden müssen, um die Ausbaupläne des Bundesrats zu erreichen.
Im militärischen Bereich steht die Sicherung des Luftraums in ausserordentlichen Lagen (WEF, Eindringen nicht angemeldeter Flugobjekte in den Schweizer Luftraum) im Vordergrund. Im Bereich Artenschutz geht es einerseits um die Fledermäuse, indem durch die Auflage an die Anlage-Betreibenden zur Ausserbetriebnahme zu bestimmten Zeiten einige Standorte bewilligungsfähig werden, sofern sie nicht bereits aus anderen Gründen auszuschliessen sind (z. B. Schutzgebiete, Auerhuhnvorkommen), und andererseits um die Perioden des Vogelzugs, wo an innovativen Lösungen zum automatischen Abschalten von Windenergieanlagen an exponierten Orten gearbeitet wird. Weitere Ausführungen dazu finden sich in den entsprechenden Kapiteln des Erläuterungsberichts.

03 Anwendung des Konzepts und Umsetzung durch die Kantone

3.1 Planungspflicht für Windenergieanlagen ab 30 Meter Gesamthöhe

Windenergieanlagen ab 30 Meter Gesamthöhe unterliegen der Planungspflicht nach Art. 2 RPG. Mit ihrer Realisierung sind gewichtige Auswirkungen auf Raum und Umwelt verbunden. Mit der Revision von Art. 8 RPG (Inkrafttreten: 1. Mai 2014) wurde bezüglich der Mindestinhalte für kantonale Richtpläne präzisiert, dass Vorhaben mit gewichtigen Auswirkungen auf Raum und Umwelt einer Grundlage im Richtplan bedürfen. Gemäss der entsprechenden Ergänzung des Leitfadens Richtplanung vom März 2014 und gestützt auf Art. 10 Abs. 1 rev. EnG[10] gehören Festlegungen zu Windparks beziehungsweise Windenergiegebieten – oder allenfalls zu Standorten für eine einzelne Windenergieanlage von über 30 Meter Gesamthöhe – zu den Mindestinhalten kantonaler Richtpläne. Die Anforderungen von Art. 8 Abs. 2 RPG sind erfüllt, wenn ein Vorhaben zur Windenergienutzung im kantonalen Richtplan im Koordinationsstand «Festsetzung» durch den Bund genehmigt worden ist.[11]

Aufgrund der Lärmimmissionen werden Windenergieanlagen in aller Regel in speziellen Zonen ausserhalb der Bauzonen erstellt. Für die Erteilung der Baubewilligung bedürfen sie im Weiteren einer ausreichend präzisen Grundlage in der Nutzungsplanung: Notwendig ist eine Sondernutzungsplanung oder eine gleichwertige Grundlage im Rahmennutzungsplan, die eine zonenkonforme Realisierung erlaubt. Im Rahmen der kantonalen Richtplanung wie auch der Nutzungsplanung ist auch eine stufengerechte Interessenabwägung durchzuführen (Art. 3 RPV). Die Interessenabwägung im Rahmen der Anpassung des behördenverbindlichen kantonalen Richtplans ist dabei nicht direkt gerichtlich überprüfbar (justiziabel); erst die Interessenabwägung im Rahmen der grundeigentümerverbindlichen Nutzungsplanung ist einer gerichtlichen Überprüfung zugänglich. Im konkreten Fall ist das Interesse an der Stromproduktion aus Windenergie den anderen Interessen gegenüberzustellen.

Mit der Planungspflicht verbunden ist die öffentliche Mitwirkung, die eine frühzeitige Information der Bevölkerung sicherstellt.

3.2 Anwendung des Konzepts

3.2.1 Verpflichtung der einzelnen Behörden

Bund

Auf Stufe Bund haben insbesondere die Stellen das Konzept zu berücksichtigen, die mit Planungsaufgaben betraut sind, welche räumliche Auswirkungen auf die Windenergienutzung haben beziehungsweise durch Windenergieanlagen direkt betroffen sind. Das Konzept dient massgeblich zur Beurteilung und Prüfung der kantonalen Richtpläne zum Thema Windenergie.

Kantone

Die Kantone berücksichtigen das Konzept bei der Überarbeitung ihrer Richtpläne und sorgen dafür, dass ihre Richtpläne den Konzeptaussagen nicht widersprechen. Zu berücksichtigen ist das Konzept Windenergie zudem beim Erlass kantonaler Nutzungspläne und der Genehmigung kommunaler Nutzungspläne.

Bereits bestehende und vom Bund genehmigte Festlegungen in kantonalen Richtplänen behalten ihre Gültigkeit nach dem Inkrafttreten des Konzepts Windenergie. Die Verabschiedung des Konzepts allein wird somit nicht als «Veränderung der Verhältnisse» im Sinne von Art. 9 Abs. 2 RPG betrachtet. Vom Bund genehmigten Richtplaneinträgen soll eine grösstmögliche Planungssicherheit zukommen. Allerdings bietet ein durch den Bund genehmigter Richtplaneintrag noch keine absolute Gewähr dafür, dass

[10] Mit dem EnG vom 30. September 2016 ist zudem eine Fremdänderung des RPG verbunden, welche für den kantonalen Richtplan bezüglich der erneuerbaren Energien neue Bestimmungen enthält (Art. 6 und Art. 8*b* RPG). Es werden Gebiete für die Nutzung erneuerbarer Energien im Richtplan ausgeschieden und entsprechende Grundlagen erarbeitet werden müssen.

[11] Vgl. hierzu auch Urteil BGer 1C_346/2014 vom 26. Oktober 2016 E. 2.8.

ein Windenergieprojekt in allen Punkten mit allen Bundesinteressen vereinbar ist. Gewisse Bundesinteressen können erst bei Vorliegen eines Vor- beziehungsweise eines Ausführungsprojektes, also im Rahmen der Nutzungsplanung oder im Baubewilligungsverfahren, abschliessend beurteilt werden.

Gemeinden

Auch Gemeinden haben das Konzept anzuwenden, wenn sie Entscheide im Bereich Windenergieanlagen treffen, beispielsweise wenn sie Nutzungspläne für Windenergieanlagen erarbeiten und entsprechende Baubewilligungsgesuche bearbeiten. Sie berücksichtigen dabei die materiellen Aussagen des Konzepts und klären allenfalls die Vereinbarkeit mit den Bundesinteressen ab.

3.2.2 Interkantonale und grenzüberschreitende Planungen und Koordination

Gemeinsame Planungen oder zumindest eine interkantonale und grenzüberschreitende Koordination von Beginn weg helfen, mögliche Konflikte bei der Planung von Windenergieanlagen durch den Kanton frühzeitig zu erkennen. Weil sich zahlreiche geeignete Gebiete in der Nähe von Kantonsgrenzen befinden oder kantonsübergreifend sind, kommt überkantonalen Abstimmungen bei der Ausscheidung von Windenergiegebieten beziehungsweise -standorten ein hoher Stellenwert zu. Neben Art. 7 RPG, der die Kantone dazu verpflichtet, mit den Nachbarkantonen und dem benachbarten Ausland zusammenzuarbeiten, soweit sich ihre Aufgaben berühren, hält auch das 2012 verabschiedete, tripartite Raumkonzept Schweiz fest: «Insbesondere Verkehrs- und Energieinfrastrukturen müssen über die Grenzen hinaus koordiniert und auf die regionale Siedlungsentwicklung abgestimmt werden.» Die Anordnung von Standorten für erneuerbare Energien soll deshalb unter Einbezug von Nachbarkantonen, Bundesstellen und Nachbarländern erfolgen. Der Bund leistet im Rahmen seiner Möglichkeiten einen Beitrag zu kantonsübergreifenden Konzeptarbeiten (vgl. Massnahme M3; Kapitel 2.3), beispielsweise wenn es um die Erfassung und Beurteilung kumulierter Effekte in den Bereichen Landschaft und Radaranlagen geht.

Windenergieanlagen, die in der Nähe einer Landesgrenze geplant sind, und die wahrscheinlich erhebliche grenzüberschreitende nachteilige Auswirkungen haben, müssen nach dem UNECE-Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im grenzüberschreitenden Rahmen (ESPOO-Konvention) dem betroffenen Nachbarstaaten (den betroffenen Nachbarstaaten) notifiziert werden. Der Bund empfiehlt, die grenzüberschreitende Zusammenarbeit frühzeitig einzuleiten. Der Erläuterungsbericht enthält weitere Ausführungen dazu.

3.2.3 Optimierung der Planungsprozesse

Die Prozesse der Raumplanung und jene der Planung und Projektierung einer Windenergieanlage laufen nicht zwingend parallel. Das gegenseitige Verständnis für die unterschiedlichen Abläufe und Instrumente erleichtert deshalb die Zusammenarbeit wesentlich. Es erweist sich dabei als zweckmässig, die vorhandenen Informationen bereits in einem frühen Planungs- beziehungsweise Projektierungsstadium auszutauschen und zusätzlich Umweltschutzorganisationen, lokale Interessengruppen und die Bevölkerung in den Informationsaustausch einzubeziehen. Die unterschiedlichen Abläufe und Instrumente bei der Planung von Windenergieanlagen werden im Erläuterungsbericht ausführlicher behandelt.

Im Hinblick auf eine effiziente Planung sollen durch den rechtzeitigen Einbezug der Bundesinteressen insbesondere auch Abbrüche von Windenergieprojekten vermieden werden. Mit Neuerungen in den Prozessen beziehungsweise Verfahrensschritten, welche die Planungssicherheit erhöhen, leisten die involvierten Bundesstellen einen aktiven Beitrag zur Ermittlung geeigneter Windenergiegebiete und -standorte.

Einbezug der Bundesinteressen

Für den direkten Einbezug der Bundesinteressen sind im Wesentlichen zwei verbindliche Verfahren relevant: einerseits das kantonale Richtplanverfahren, im Speziellen die Vorprüfung sowie die Prüfung und Genehmigung der Richtplanvorlagen, und andererseits die Bewilligung für Luftfahrthindernisse, die

im Kontext des Baubewilligungsverfahrens erteilt wird. Im Weiteren spielen auch die UVP, die Rodungsbewilligung und die Plangenehmigung für Starkstromanlagen eine Rolle.

Mit dem Konzept Windenergie, einem freiwilligen Prozessschritt – der technischen Beurteilung der Vorprojekte – und der zentralen Anlaufstelle für die Planung und Bewilligungsverfahren von Windenergieanlagen («Guichet Unique Windenergie») verbessert der Bund die Voraussetzungen für den Einbezug seiner Interessen in den Planungsprozess.

Kantonales Richtplanverfahren

Wichtigstes Element für die Interessenabwägung unter Einbezug der Bundesinteressen bleibt das Richtplanverfahren. Das Konzept Windenergie gibt den Rahmen für den stufengerechten Einbezug der Bundesinteressen vor (vgl. Kapitel 2.2). Die Kantone haben dabei die Möglichkeit, eine «Voranfrage» zu machen, d. h. eine stufengerechte themenspezifische Abklärung durch die zuständigen Bundesstellen vor der Vorprüfung beziehungsweise der Prüfung der Richtplanvorlage einzuholen.

Die Kantone verfügen in ihrer Richtplanung über einen gewissen Spielraum im Umgang mit der Festlegung von Gebieten (Positivplanung über den ganzen Kanton oder eine Etappierung in Kombination mit einer vorangehenden Negativplanung). Bei der Delegation von Planungsarbeiten an regionale Planungsträger ist durch den Kanton sicherzustellen, dass die raumrelevanten Resultate in den kantonalen Richtplan integriert werden.

Interessenkonflikte mit Bundesinteressen auf Stufe Richtplanung, die nicht abschliessend entschieden werden können, benötigen oft vertiefte Abklärungen. Dies kann zu Vorbehalten in der Genehmigung, unterschiedlichen Koordinationsständen (Festsetzung / Zwischenergebnis / Vororientierung gemäss Art. 5 Abs. 2 RPV) oder zur Staffelung beziehungsweise Etappierung von Gebietsausscheidungen führen.

Prozess «Technische Beurteilung Vorprojekt»

Die angesprochenen vertieften Abklärungen betreffen in der Mehrzahl der Fälle technische Anlagen in der Kompetenz des Bundes. Dazu sind insbesondere Angaben zur Anzahl Maststandorte und deren Koordinaten sowie zur Naben- und Gesamthöhe nötig, die oft erst auf der Stufe Nutzungsplanung vorliegen. Es ist vorteilhaft, Planungen von Windenergieanlagen bei Vorliegen des Vorprojektes auf ihre Machbarkeit unter Einbezug der Auswirkungen auf relevante technische Anlagen in der Kompetenz des Bundes zu beurteilen und die Bewilligungsfähigkeit des Projekts aus Sicht der technischen Anlagen zu klären. Dieser Prozessschritt ermöglicht es, Projektanpassungen vor einem allfälligen Beschluss der Gemeindebehörden beziehungsweise vor einer Volksabstimmung in der Gemeinde vorzunehmen.

Der Prozess «Technische Beurteilung Vorprojekt» entspricht einer Art materieller Vorprüfung der einbezogenen Bundesinteressen und erfolgt auf freiwilliger Basis. Dabei wird auf diejenigen Bundesinteressen fokussiert, die in den anderen Verfahren wie der Prüfung des kantonalen Richtplans, der Nutzungsplanung und der UVP bislang nicht in ausreichendem Masse stufengerecht beurteilt worden sind.

Zentrale Anlaufstelle beim Bund

Um den Überblick über die laufenden Planungen und Bewilligungsverfahren von Windenergieanlagen auf Stufe Bund und deren Koordination zu verbessern, hat der Bund eine zentrale Anlaufstelle geschaffen («Guichet Unique Windenergie», www.wind.admin.ch). Sie ist Ansprechpartner für Kantone und Projektträger von Windenergieanlagen, nicht jedoch Leitbehörde gemäss Art. 62*a* RVOG.

Aufwand für Windenergieplanungen

Bezüglich Aufwände seitens Bund für die technische Beurteilung eines Vorprojekts verfolgt der Bund den Ansatz, dass Erstabklärungen möglicher Konflikte zwischen geplanten Windenergieanlagen und den technischen Anlagen in der Kompetenz des Bundes auf Stufe Richtplanung (grobe Gebietsabklärung) und auf Stufe Nutzungsplanung (Vorprojekt) durch die betroffenen Bundesstellen BAZL / Skyguide, MeteoSchweiz und VBS kostenlos erfolgen. Kosten für weitergehende Studien (Detailabklärungen) und allfällige Analysen von Mitigationsmassnahmen werden in der Regel weiterverrechnet.

3.3 Planung der Windenergienutzung durch die Kantone

Bei der Gegenüberstellung von Nutzungs- und Schutzinteressen durch die Kantone gilt es zu berücksichtigen, dass die Nutzung der Windenergie standortgebunden ist. Sie kann nur dort erfolgen, wo Wind in ausreichender Stärke bläst und der Bau von Windenergieanlagen technisch möglich ist. Der Auszug aus dem Windatlas in Anhang A-1 zeigt die geografische Verteilung der Ressource Wind in der Schweiz auf. Der Windatlas Schweiz gibt Auskunft über die Jahresmittel der modellierten Windgeschwindigkeit und Windrichtung auf fünf Höhenstufen über Grund.

Das Konzept Windenergie zeigt auf, welche Nutzungs- beziehungsweise Schutzinteressen des Bundes bei der Planung von Windenergieanlagen eine Rolle spielen und wie sie zu berücksichtigen sind. In Anhang A-2 werden die rechtlichen Einschränkungen und planerischen Festlegungen auf Stufe Bund gemäss Kapitel 2.2.2, die im Rahmen einer GIS-Analyse erfasst werden können, kartographisch veranschaulicht.

Das BFE hat die oben genannten Kriterien (Ressource Wind, technische Machbarkeit, rechtliche Einschränkungen und planerische Festlegungen auf Stufe Bund) miteinander verknüpft und analysiert, welche Gebiete aus Sicht des Bundes und im Hinblick auf die Ausbaupläne der Energiepolitik des Bundesrats für eine Windenergienutzung zu untersuchen wären. Das Resultat sind nicht scharf abgegrenzte Gebiete (vgl. Anhang A-3), sondern regionalisierte Hinweise, wo im Rahmen von kantonalen oder interkantonalen Planungen aus Sicht des Bundes vertieft abzuklären ist, ob Gebiete ausgeschieden werden können, die für die Windenergieproduktion geeignet sind. Die Bezeichnung der hauptsächlichen Windpotenzialgebiete durch den Bund erfolgte unter Berücksichtigung der Planungsgrundsätze zur räumlichen Konzentration und der Orientierung an hohen Windenergieerträgen (vgl. allgemeine Planungsgrundsätze P1 und P2; Kapitel 2.1).

Die kartografische Darstellung in Anhang A-3 stellt somit keine Positivplanung des Bundes dar. Dazu existiert keine rechtliche Grundlage. Zudem ist es materiell unmöglich, ohne konkrete Planungen von Windenergieanlagen alle massgeblichen Bundesinteressen zu berücksichtigen. Die Interessenabwägung ist immer in den konkreten Einzelfällen vorzunehmen. Im Rahmen der kantonalen Richtplanung und der Nutzungsplanung, in deren Verlauf auch die kantonalen beziehungsweise kommunalen Interessen und Schutzgebiete berücksichtigt werden, müssen deshalb jeweils weitere stufengerechte Abklärungen zu den betroffenen Bundesinteressen vorgenommen werden.

Die Anhänge A-1, A-2 und A-3 haben entsprechend keinen behördenverbindlichen Charakter, sondern sind als eine Grundlage des Bundes zu verstehen, die den Kantonen Hinweise zur Berücksichtigung der Bundesinteressen beziehungsweise auf zu untersuchende Windenergiepotenziale im Rahmen der kantonalen Richtplanung geben. Die Bezeichnung von Gebieten für die Windenergienutzung verbleibt in der Kompetenz der Kantone, wobei Art. 8*b* RPG eine Verpflichtung enthält, hierfür geeignete Gebiete im Richtplan festzulegen.[12]

Genehmigte Richtplaneinträge werden durch die Aussagen von Anhang A-3 nicht konkurrenziert. Sie basieren auf Abklärungen und Überlegungen, die umfassender und genauer sind als diejenigen, die der Darstellung in Anhang A-3 zugrunde liegen. Erst durch vertiefte Abklärungen und die Interessenabwägung im Rahmen von Richtplanarbeiten wird präzisiert, welche Gebiete beziehungsweise Standorte für die Windenergienutzung ausgeschieden werden können. Diese Arbeiten können auch zu Richtplaneinträgen führen, die nicht in den in Anhang A-3 hervorgehobenen Potenzialgebieten liegen.[13]

[12] Spezifische Ausführungen zur Art der Verpflichtung der Kantone durch Art. 8*b* RPG können dem Rechtsgutachten Jäger (2020) im Auftrag des ARE entnommen werden.

[13] Die Darstellung in Anhang A-3 beruht auf einer groben Analyse der Bundesinteressen durch den Bund und weist Unschärfen auf. Entsprechend hat sie Hinweischarakter und ist nicht behördenverbindlich. Sie schränkt die kantonalen Abklärungen und Richtplanarbeiten zur Ausscheidung von Gebieten beziehungsweise Standorten für die Windenergienutzung nicht a priori ein.

Anhaltspunkte aus Sicht des Bundes für den Ausbau der Windenergieproduktion in den Kantonen mit Bezug zum langfristigen Ausbau gemäss der Energiepolitik des Bundesrats

Der Bundesrat hat für die Windenergieproduktion einen Ausbau von 4.3 TWh/a im Jahr 2050 vorgesehen. Die Ausbau- und Standortplanung dazu erfolgt durch die Kantone im Rahmen der kantonalen Richtpläne. Die folgende Tabelle basiert auf der oben erwähnten Analyse des BFE und liefert den Kantonen aus Sicht des Bundes Anhaltspunkte über die Grössenordnung der kantonalen Anteile am Ausbau bis 2050:

Orientierungsrahmen[14] für den **Beitrag der Kantone** an den Ausbau der Windenergieproduktion bis **2050** gemäss der Energiepolitik des Bundesrats	**Liste der Kantone** (alphabetische Reihenfolge innerhalb jeder Klasse)
0 – 60 GWh/a	Appenzell Innerrhoden; Basel-Stadt; Glarus; Nidwalden; Obwalden; Schaffhausen; Tessin; Uri; Zug
40 – 180 GWh/a	Aargau; Appenzell Ausserrhoden; Basel-Landschaft; Genf; Jura; Schwyz; Solothurn; Thurgau; Zürich
130 – 400 GWh/a	Luzern; Neuenburg; St. Gallen; Wallis
260 – 640 GWh/a	Freiburg; Graubünden
570 – 1'170 GWh/a	Bern; Waadt

Die Aussagen dieser Übersicht bilden die Basis, um die kantonalen Windenergieplanungen mit dem langfristigen Ausbau gemäss der Energiepolitik des Bundesrats abzustimmen.[15]

[14] Die weit gesetzten, sich überlappenden Klassengrenzen sind aus Sicht des Bundes nicht dazu zu verwenden, bestehende kantonale Ziele für die Windenergieproduktion nach unten zu korrigieren. Würden sich alle Kantone an den unteren Klassengrenzen orientieren, so würde die für das Jahr 2050 vorgesehene Produktion gemäss der Energiepolitik des Bundesrats im Bereich Windenergie nicht erreicht.

[15] Es wird dabei darauf hingewiesen, dass der Zeithorizont bis 2050 mehr als eine Richtplan-generation mit entsprechenden Anpassungen umfassen kann. Deshalb und auch mit Blick auf die gesetzlich verankerten Richtwerte für den Ausbau erneuerbarer Energien im Jahr 2035 (Art. 2 EnG) können sich Richtplananpassungen zum Thema Windenergie vorerst auch an tieferen Werten für die beabsichtigte jährliche Wind-energieproduktion orientieren.

Anhang

Die Karten in Anhang A-1, A-2 und A-3 sind als Grundlagen des Bundes bei der Planung von Windenergieanlagen beziehungsweise der Evaluation von Windenergiegebieten zu verstehen und gehören nicht zum behördenverbindlichen Teil des Konzepts Windenergie. Die Karten sind mit Stand Juni 2020 abgebildet.

Die neueste verfügbare Form für die drei Karten kann unter map.geo.admin.ch > Thema «Sachpläne und Konzepte» > Konzept Windenergie abgerufen werden. Die Methodikbeschreibungen für die Karten sind unter www.are.admin.ch/windenergie abrufbar.

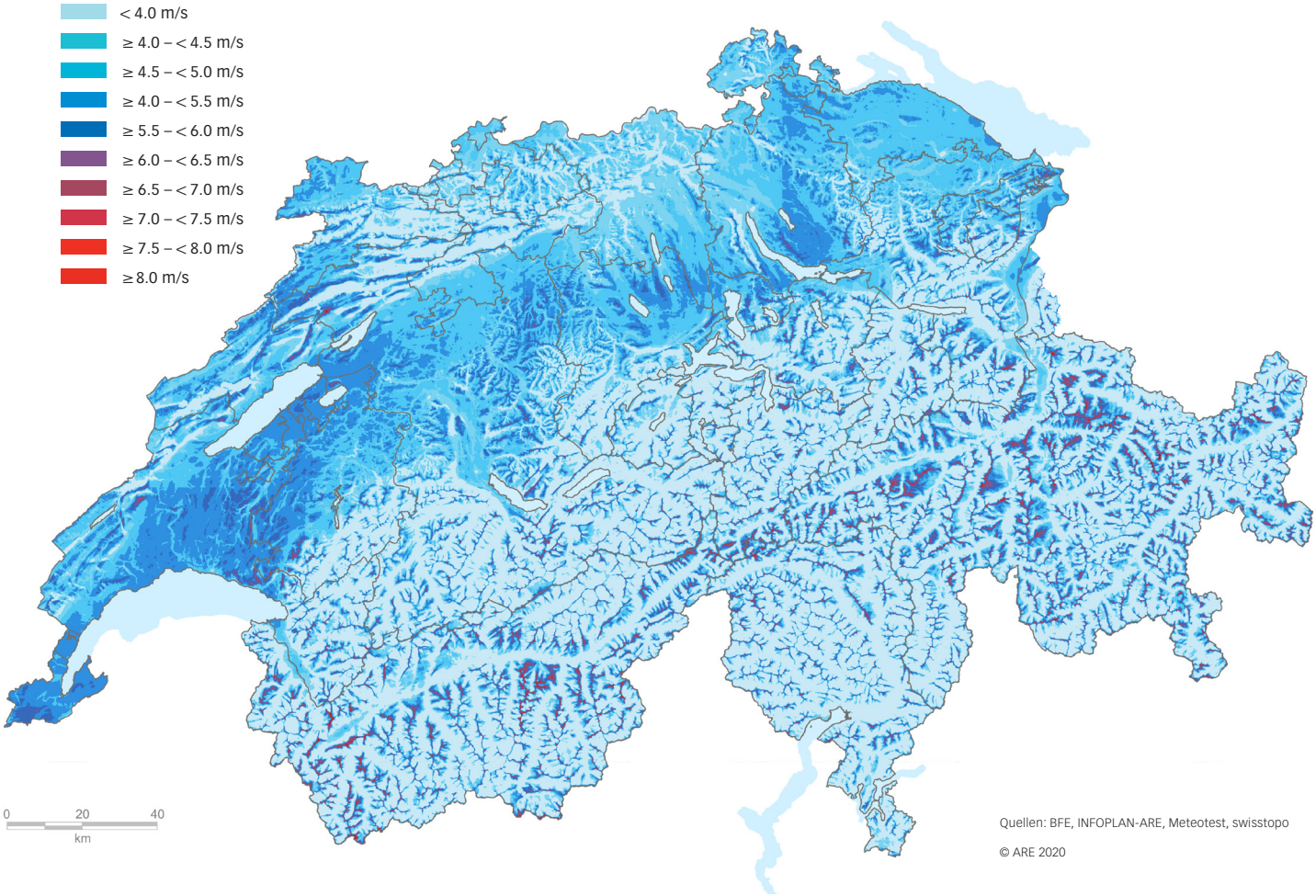
A-1 Karte der mittleren Windgeschwindigkeit

Diese Karte stellt die durchschnittliche Windgeschwindigkeit auf 125 m über Grund dar. Die dargestellten Geschwindigkeiten sind Teil des Windatlas Schweiz, der im Februar 2019 aktualisiert wurde (www.windatlas.ch), und beruhen auf einer Windfeldmodellierung.

Die Modellierung wurde durch ein spezialisiertes, externes Büro nach aktuellen wissenschaftlichen Standards durchgeführt, stellt jedoch keine offizielle klimatologische Analyse des Bundes dar.

Ein Windatlas dient der grossflächigen, möglichst homogenen Übersicht der Windbedingungen über eine ganze Region oder ein ganzes Land. Ungleich einer Windressourcenkarte steht bei dieser Anwendung weniger die absolute Genauigkeit an einem Punkt als die grossflächige homogene Verfügbarkeit der Angaben im Zentrum. Für eine grobe Einschätzung der Windbedingungen einer Region, wo höhere Windgeschwindigkeiten und wo tiefere Windgeschwindigkeiten herrschen, ist der Windatlas ein geeignetes Werkzeug. Aus diesem Grund werden die Daten eines Windatlas bevorzugt relativ und nicht absolut interpretiert. Der Zweck eines Windatlas ist die Identifikation von Gebieten innerhalb einer Region oder eines Landes, welche ein Potenzial für Windenergienutzung haben. Wenn genaue Werte gefordert sind, muss unbedingt eine Messung durchgeführt werden. Dies ist absolut unumgänglich und Messresultate sind viel höher zu werten als die Angaben aus einem Windatlas.

Mittlere Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 125 m über Grund



Quellen: BFE, INFOPLAN-ARE, Meteotest, swisstopo

© ARE 2020

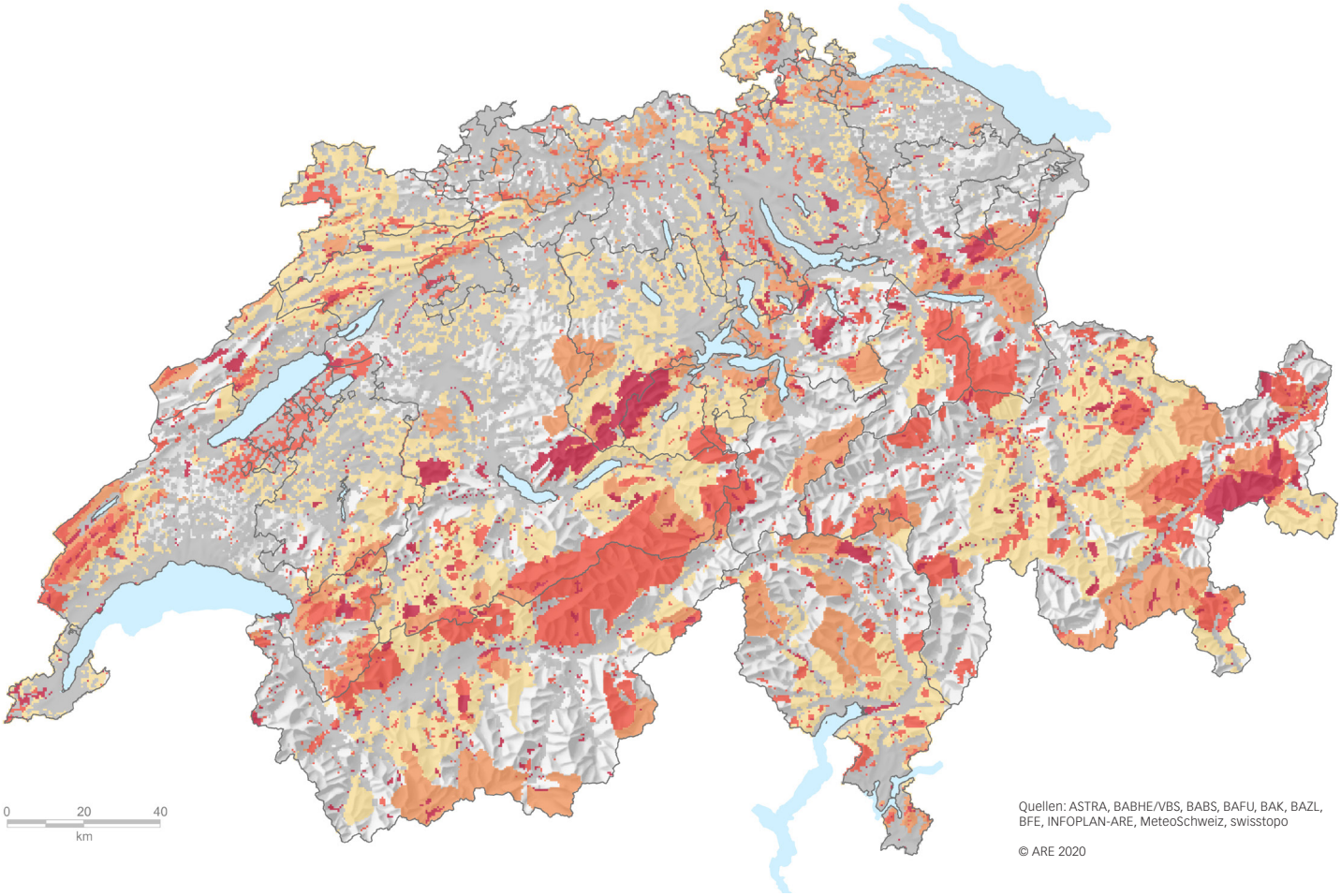
A-2 Hinweiskarte auf Bundesinteressen für die Planung von Windenergieanlagen

Diese Karte stellt eine generalisierte Synthese der Berücksichtigung verschiedener Bundesinteressen dar, die räumlich darstellbar und für die Planung von Windenergieanlagen von Bedeutung sind. Zu verschiedenen relevanten Bundesinteressen macht die Karte jedoch keine oder keine vollständigen Aussagen, unter anderem in den Bereichen Zivilluftfahrt, militärische Anlagen, Richtfunkstrecken, Naturschutz, Artenschutz und Sachplänen des Bundes.

Die Karte basiert auf Aussagen in Kapitel 2.2 des Konzepts Windenergie und berücksichtigt keine kantonalen oder kommunalen Interessen und Schutzgebiete. Die Karteninhalte stellen keine rechtsverbindliche Aussage dar. Einzelne Karteninhalte beruhen auf behördenverbindlichen Aussagen, z. B. auf Inventarobjekten des Bundes. Die Karte ist jedoch nicht behördenverbindlich und entfaltet ihre volle Aussagekraft nur unter Einbezug der Ausführungen im Konzept Windenergie sowie im dazugehörigen Erläuterungsbericht.

Gebiete mit Einschränkungen durch Bundesinteressen

- Bauzonen mit Puffer (Lärmschutz)
- Schutzgebiete ohne Interessenabwägung
- Grundsätzliche Ausschlussgebiete
- Gebiete mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse
- Vorbehaltsgebiete (nicht abschliessend)



Quellen: ASTRA, BABHE/VBS, BABS, BAFU, BAK, BAZL, BFE, INFOPLAN-ARE, MeteoSchweiz, swisstopo

© ARE 2020

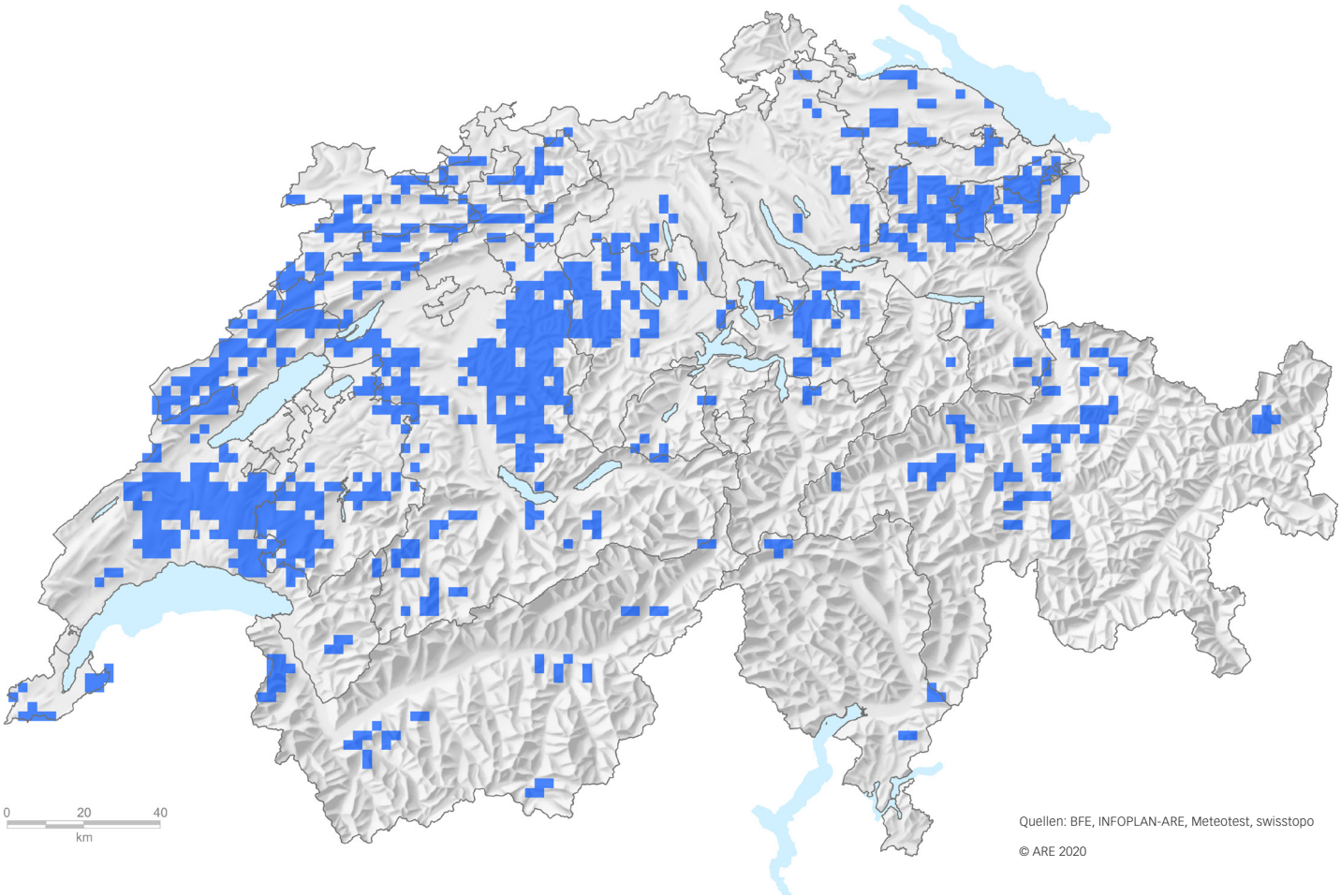
A-3 Grundlagenkarte des Bundes betreffend die hauptsächlichen Windpotenzialgebiete

Diese Karte enthält Hinweise auf Gebiete, in denen die Kantone aus Sicht des Bundes im Rahmen ihrer Richtplanung vertiefte Abklärungen für eine Windenergienutzung vornehmen sollten. Die Karte soll dabei insbesondere für jene Kantone Hinweise geben, welche noch keine Richtplanaussage zur Windenergie haben oder welche vorhaben, ein bestehendes Richtplankapitel zur Windenergie anzupassen. Die Karteninhalte beruhen auf einer groben Analyse des Bundes, welche mit Unsicherheit behaftete Daten verwendet und keine kantonalen und kommunalen Interessen berücksichtigt. Die Karteninhalte sind nicht behördenverbindlich und können genehmigte Richtplaneinträge nicht konkurrenzieren. Die Karte entfaltet ihre volle Aussagekraft nur unter Einbezug der Ausführungen im Konzept Windenergie sowie dem dazugehörigen Erläuterungsbericht.

Zuhanden der weiteren, an Windenergieplanungen interessierten Kreise wird festgehalten, dass die generalisierten, für Abklärungen im Rahmen der Richtplanung gedachten Hinweise der Karte keine Aussagen zur Realisierbarkeit von Windenergieanlagen beinhalten. Erst durch Abklärungen und die Interessenabwägung im Rahmen von Richtplanarbeiten wird klar, ob darin allenfalls Gebiete beziehungsweise Standorte zur Windenergienutzung ausgeschieden werden können. Die Richtplanarbeiten können auch zu Richtplaneinträgen führen, die ausserhalb der Potenzialgebiete gemäss der Grundlagenkarte des Bundes liegen.

Aus Sicht des Bundes im Rahmen der kantonalen Richtplanung abzuklärende Gebiete

Gebiete mit hohem Windpotenzial



Quellen: BFE, INFOPLAN-ARE, Meteotest, swisstopo

© ARE 2020

Liste der Abkürzungen
Begriffserklärungen

Liste der Abkürzungen

ARE Bundesamt für Raumentwicklung
armasuisse Bundesamt für Rüstung
BAFU Bundesamt für Umwelt
BAZL Bundesamt für Zivilluftfahrt
BFE Bundesamt für Energie
BGE Bundesgerichtsentscheid
BLN Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung
BV Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999; SR 101
CNS-Anlagen «Communication, Navigation, Surveillance systems», Kommunikations-, Navigations- und Überwachungssysteme (der zivilen Luftfahrt)
CVOR Konventionelles VOR
DME «Distance-measuring equipment», Entfernungsmessgerät
DVOR Doppler VOR
EleG Bundesgesetz vom 24. Juni 1902 betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz); SR 734.0
EnG Energiegesetz vom 30. September 2016; SR 730.0
EnV Energieverordnung vom 1. November 2017; SR 730.01
ENHK Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission
Espoo-Konvention UNECE-Übereinkommen über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im grenzüberschreitenden Rahmen
FMG Fernmeldegesetz vom 30. April 1997; SR 784.10
GBAS «Ground-Based Augmentation System», Bodengestütztes Ergänzungssystem
GSchG Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer(Gewässerschutzgesetz, GSchG); SR 814.20
GWh(/a) Gigawattstunden (pro Jahr)
ICAO «International Civil Aviation Organization», Internationale Zivilluftfahrtorganisation
ILS «Instrument landing system», Instrumentenlandesystem
ISOS Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung
IVS Bundesinventar historischer Verkehrswege der Schweiz
JSG Bundesgesetz vom 20. Juni 1986 über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (Jagdgesetz); SR 922.0
KGSG Bundesgesetz vom 20. Juni 2014 über den Schutz der Kulturgüter bei bewaffneten Konflikten, bei Katastrophen und in Notlagen; SR 520.3
LSV Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986; SR 814.41
MeteoSchweiz Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie
MetG Bundesgesetz vom 18. Juni 1999 über die Meteorologie und Klimatologie; SR 429.1
MG Bundesgesetz vom 3. Februar 1995 über die Armee und die Militärverwaltung (Militärgesetz); SR 510.10
NDB «Non-directional radio beacon», Ungerichtetes Funkfeuer
NHG Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz; SR 451
NHV Verordnung vom 16. Januar 1991 über den Natur- und Heimatschutz; SR 451.1
PäV Verordnung vom 7. November 2007 über die Pärke von nationaler Bedeutung; SR 451.36
RPG Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz); SR 700
RPV Raumplanungsverordnung vom 28. Juni 2000; SR 700.1
RVOG Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetz vom 21. März 1997; SR 172.010
SIL Sachplan Infrastruktur Luftfahrt
Skyguide «swiss air navigation services ltd», Schweizerische Aktiengesellschaft für zivile und militärische Flugsicherung
SPM Sachplan Militär
SÜL Sachplan Übertragungsleitungen
UNECE «United Nations Economic Commission for Europe», Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen
UNESCO «United Nations Organization for Education, Science and Culture», Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur
UVP Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPV Verordnung vom 19. Oktober 1988 über die Umweltverträglichkeitsprüfung; SR 814.011
VAEW Verordnung vom 25. Oktober 1995 über die Abgeltung von Einbussen bei der Wasserkraftnutzung; SR 721.821
VBLN Verordnung vom 10. August 1977 über das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler; SR 451.11
VBS Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport
VDF «Very high frequency direction-finding station», Ultrakurzwellen-Peilstelle
VHF COM «Very high frequency communication station», Hochfrequenz-Kommunikationsstation
VIL Verordnung vom 23. November 1994 über die Infrastruktur der Luftfahrt; SR 748.131.1
VISOS Verordnung vom 9. September 1981 über das Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz (SR 451.12)
VIVS Verordnung vom 14. April 2010 über das Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (SR 451.13)
VOR «Very high frequency omnidirectional radio-range», Ultrakurzwellen-Drehfunkfeuer
VPeA Verordnung vom 2. Februar 2000 über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen; SR 734.25
WaG Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (Waldgesetz); SR 921.0
WMO «World Meteorological Organisation», Weltorganisation für Meteorologie
WRG Bundesgesetz vom 22. Dezember 1916 über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte (Wasserrechtsgesetz); SR 721.80
WZVV Verordnung vom 21. Januar 1991 über die Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung; SR 922.32

Begriffserklärungen

Angrenzende Gebiete Es bestehen keine anerkannten Kriterien, die eindeutig definieren, in welchen Fällen ein Standort als «angrenzend» an ein bestimmtes Gebiet bezeichnet werden soll. Sind Auswirkungen auf den Landschaftscharakter betroffen, so geht der Bund aufgrund der Sichtbarkeit von grossen Windenergieanlagen (> 100 m Gesamthöhe) in erster Annäherung von bis zu 5 km (Richtwert) ab dem betroffenen Perimeter aus. Bei diesem Richtwert handelt es sich keinesfalls um eine vordefinierte Pufferzone. Eine Einzelfallbetrachtung ist immer nötig.

Empfindlichkeitsstufe (ES) Allgemeine raumplanerische Festlegung, durch welche Gebieten – gestützt auf ihre Nutzung – unterschiedliche Lärmschutzgrenzwerte zugeteilt werden (vgl. Art. 43 LSV).

Flugplatzperimeter Gebiet, das von den Flugplatzanlagen gemäss der Zweckbestimmung im SIL beansprucht wird.

Gebiet mit Hindernisbegrenzung Zone ausserhalb des Flugplatzareals, in welcher der für die Flugsicherheit erforderliche Luftraum nach unten abgegrenzt wird (entspricht den auf internationalen Standards basierenden Hindernisbegrenzungsflächen).

Gebiete (für die Windenergienutzung geeignete) Räumlich zusammenhängende, relativ ausgedehnte Flächen (> 1 km²), welche für die Installation von Windenergieanlagen in Frage kommen und nicht bereits auf Stufe Nutzungsplanung klar ausgeschieden sind.

Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse
Für die Einleitung von Windenergieplanungen in den als «Gebiet mit Interessenabwägung bei nationalem Interesse» bezeichneten Gebieten ist der stufengerechte Nachweis zu erbringen, dass das geplante Windenergievorhaben von nationalem Interesse ist (vgl. Art. 12 EnG sowie Art. 9 EnV). Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, wird beziehungsweise kann eine Interessenabwägung vorgenommen werden. Dies gilt insbesondere für Planungen, welche Objekte der Inventare des Bundes von Objekten mit nationaler Bedeutung gemäss Art. 5 NHG betreffen (BLN, ISOS, IVS). Neben dem Nachweis des nationalen Interesses ist im Hinblick auf die Aufnahme eines Richtplanverfahrens für ein einzelnes Vorhaben eine erste (summarische) Prüfung möglicher Alternativen vorzunehmen, welche die Zweckmässigkeit dieser Planung bestätigt. Bei der Interessensermittlung und Interessensbewertung ist eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem der Windenergienutzung entgegenstehenden Bundesinteresse erforderlich (beispielsweise mit den formulierten Schutzzielen eines Inventarobjekts gemäss Art. 5 NHG). Für die Festsetzung eines Windenergie-Vorhabens im kantonalen Richtplan ist im Rahmen der Interessenabwägung auch eine eingehende Prüfung von Alternativstandorten durchzuführen. Es ist unter Umständen mit längeren Verfahrensdauern zu rechnen.

Grundsätzlich Ausschlussgebiet Die als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» definierten Gebiete sind aus der Bundesgesetzgebung abgeleitet und dienen dem Schutz bedeutender Schutzgüter beziehungsweise Bundesinteressen, welche einer Realisierung von Windenergieanlagen klar entgegenstehen. Da teilweise der entsprechende Vollzug von Bundesrecht den Kantonen übertragen ist und eine Interessenabwägung durch die Kantone möglich ist, wurde der Begriff «grundsätzlich Ausschlussgebiet» geprägt. Die Kantone können in ihrer Richtplanung festlegen, diese Gebiete als Ausschlussgebiete für die Planung von Windenergieanlagen zu behandeln, oder aber ausnahmsweise im Rahmen des kantonalen Vollzugs von Bundesrecht entscheiden, in begründeten Fällen in einzelnen Gebieten eine Windenergieplanung durchzuführen. Dabei ist für den Bund innerhalb dieser als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» definierten Gebiete die Planung von Windenergieanlagen nur in Ausnahmefällen und unter fundierter Begründung denkbar. Um eine Planung in diesen Gebieten zu begründen und die Interessenabwägung vorzubereiten, braucht es entsprechend gute Argumente und eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Gründen, aus denen diese Gebiete als «grundsätzlich Ausschlussgebiet» bezeichnet worden sind.
Es ist unter Umständen mit längeren Verfahrensdauern zu rechnen.

Guichet unique Windenergie Für die Koordination von Stellungnahmen beziehungsweise Bewilligungsverfahren zuständige Verwaltungseinheit des Bundes im Bereich Windenergieanlagen. (vgl. Art. 14 Abs. 4 EnG)

Hindernisbegrenzungsflächen-Kataster Amtliche Feststellung der Hindernisbegrenzungsflächen nach Anhang 14 des Übereinkommens vom 7. Dezember 1944 über die internationale Zivilluftfahrt für einen Flugplatz, eine Flugsicherungsanlage oder einen Flugweg.

Immission Einwirkung von Luftverunreinigungen, Lärm, Erschütterungen, Strahlen sowie Verunreinigungen des Bodens und des Wassers auf Menschen, Flora, Fauna und Sachgüter.

Kumulierte Effekte Wenn sich Windenergieanlagen und -planungen regional häufen, stellt sich die Frage, ob und allenfalls wie sich die Auswirkungen der verschiedenen Planungen beziehungsweise Anlagen addieren. Diese Frage stellt sich beispielweise in den Bereichen Landschaft und Radaranlagen und sollte bereits im Rahmen der Richtplanung stufengerecht angesprochen werden. Dabei sollten auch die kantonsübergreifenden beziehungsweise grenzüberschreitenden Aspekte behandelt werden.

Line of sight – Haupt-Sichtrichtung Direkte, hindernisfreie Verbindung zwischen einem Flugplatz beziehungsweise einer Flugsicherungsanlage und einem Flugzeug / Helikopter. Relevant für Windenergieplanungen sind insbesondere die Verbindungen nahe des Horizonts.

Meteoanlage von MeteoSchweiz Anlage mit meteorologischen Messinstrumenten in der Kompetenz des Bundes. Es handelt sich dabei um Niederschlagsradare (= Radare), Windradare (= Windprofiler) und Bodenmessstationen.

Militärflugplatz Bundeseigener Flugplatz für die Luftwaffe.

Mitigationsmassnahmen Massnahmen zur Verminderung der Störungen von technischen Anlagen, die durch Windenergieanlagen verursacht werden können.

Projektträger Sammelbegriff für Privatpersonen, Organisationen, Ingenieur- und Planungsbüros sowie Investoren, welche Windenergieanlagen realisieren wollen und dafür eines oder mehrere konkrete Projekte entwickeln und planen sowie bei Behörden entsprechend als Gesuchsteller auftreten.

Repowering Das Ersetzen bestehender Windturbinen durch neue Anlagen mit dem Ziel, die Produktion eines Windparks zu erhöhen. Ist oftmals mit der Installation grösserer, höherer Turbinentypen verbunden.

Richtplan-Vorhaben Räumlich konkrete und örtlich begrenzte Planung im Bereich Windenergienutzung mit entsprechenden Ausführungen im kantonalen Richtplan.

Schutzgebiet ohne Interessenabwägung In den als «Schutzgebiet ohne Interessenabwägung» aufgeführten Gebieten sind aufgrund von Verfassungs- oder Gesetzesbestimmungen keine Windenergieanlagen erlaubt.

Struktureller und visueller Wirkungsbereich Räumlich nicht definierter Bereich von ISOS-Objekten von nationaler Bedeutung (z. B. Vorder- / Hintergrund, angrenzendes Kulturland, Talhänge, Uferpartien, Flussraum), welcher für die visuelle Integrität der ISOS-Objekte beziehungsweise

Begriffserklärungen

den Bezug zwischen den Bauten und der umgebenden Landschaft von Bedeutung ist. Für UNESCO Welterbestätten gelten analoge Überlegungen.

Standorte für Windenergieanlagen Klar definierte, konkrete Flächen für die Realisierung von Windenergieanlagen.

Vorbehaltsgebiet In den als «Vorbehaltsgebiet» definierten Gebieten besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass Bundesinteressen der Nutzung der Windenergie, welche mit der Energiestrategie 2050 auch ein Interesse des Bundes darstellt, entgegenstehen. Unter bestimmten Voraussetzungen ist jedoch auch eine erfolgreiche Abstimmung mit den Bundesinteressen möglich, weshalb in einem Vorbehaltsgebiet des Bundes die Aufnahme eines Richtplanverfahrens betreffend Windenergievorhaben möglich ist.

Windatlas Dient der grossflächigen, möglichst homogenen Übersicht der Windbedingungen über eine ganze Region oder ein ganzes Land. Für eine grobe Einschätzung der Windbedingungen einer Region, ist der Windatlas ein geeignetes Werkzeug.

Windenergieanlage Windenergieanlagen nutzen die kinetische Energie der anströmenden Luft zur Bewegung der Flügel (Rotorblätter). Die auf diese Weise erzeugte mechanische Energie wird von einem Generator in elektrische Energie umgewandelt (vgl. auch Windturbine).

Windenergieertrag Produktion von Windenergie in GWh pro Jahr und Turbine beziehungsweise Fläche.

Windpark Ensemble von mindestens 3 örtlich, funktional beziehungsweise konzeptionell zusammenhängenden Windturbinen.

Windressourcenkarte Resultat der kleinräumigen Extrapolation einer Windmessung ins Gelände eines geplanten Windparks. Auf der Basis einer Windressourcenkarte werden die Windbedingungen an den Standorten der einzelnen Windturbinen explizit bestimmt, die Energieertragsrechnungen durchgeführt und die Wirtschaftlichkeit bestimmt.

Windturbine Einzelne Windenergieanlage.

www.are.admin.ch

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zh
aw

Life Sciences und
Facility Management

IUNR Institut für Umwelt und
Natürliche Ressourcen

energieschweiz

Literaturstudie, 12. November 2021

Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf Biodiversität und Umwelt

EnergieSchweiz
Bundesamt für Energie BFE

Pulverstrasse 13
CH-3063 Ittigen

Postadresse:
CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444
energieschweiz.ch

Autor
Jürg Schlegel, ZHAW, Forschungsgruppe Umweltplanung (juerg.schlegel@zhaw.ch)

Begleitgruppe (alphabetisch)
Dr. Wieland Hintz, Bundesamt für Energie
Prof. Jürg Rohrer, ZHAW, Leiter Forschungsgruppe Erneuerbare Energien
Prof. Dr. Reto Rupf, ZHAW, Leiter Zentrum Ecosystems & Biodiversity
David Stickelberger, Geschäftsleiter Swissolar

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage 5

1.1 Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz 5

1.2 Situation der Biodiversität in der Schweiz 6

2. Auftrag und Projektorganisation 7

3. Methodisches Vorgehen 8

4. Ergebnisse der Literaturstudie 12

4.1 Allgemeines zu Umweltauswirkungen und Standorteignung von Freiflächen-PVA 12

4.1.1 Allgemeine Umweltauswirkungen 12

4.1.2 Standorteignung 13

4.2 Auswirkungen auf die Fauna 14

4.2.1 Allgemeine Auswirkungen 14

4.2.2 Säugetiere (ohne Nutztiere) 15

4.2.3 Vögel 17

4.2.4 Reptilien und Amphibien 21

4.2.5 Bestäuber-Insekten und Tagfalter 22

4.2.6 Andere Wirbellosen-Gruppen inkl. Mikroorganismen 25

4.3 Auswirkungen auf die Vegetation 27

4.4 Auswirkungen auf abiotische Umweltfaktoren 29

4.4.1 Bodeneigenschaften und -funktionen 29

4.4.2 Kontamination von Böden und Wasser 30

4.4.3 Lufttemperatur und -feuchtigkeit 31

4.5 Agro-Photovoltaik (APV) 32

4.5.1 Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion 32

4.5.2 Gesellschaftliche Akzeptanz 36

4.5.3 Ökosystemleistungen und Biodiversität 37

4.6 Floating Photovoltaik (FPV) 37

5. Synthese 39

5.1 Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf Umwelt und Biodiversität 39

5.1.1 Allgemeines 39

5.1.2 Vorteile 39

5.1.3 Nachteile 43

5.2 Agro-Photovoltaik (APV) 47

5.2.1 Vorteile 47

5.2.2 Nachteile 48

5.3 Floating Photovoltaik (FPV) 51

5.3.1 Vorteile 51

5.3.2 Nachteile 52

5.4 Spezialfall Photovoltaik im alpinen Raum 52

5.5 Spezialfall «Solarstrassen» und «Solarzäune» 55

5.5.1 «Solarstrassen» 55

5.5.2 «Solarzäune» 56

6. Forschungsbedarf und Ausblick 57

6.1 Forschungsbedarf 57

6.2 Ausblick 58

7. Literatur und Referenzen 60

8. Anhang: Voransicht Literaturliste 72

1. Ausgangslage

1.1 Bedeutung erneuerbarer Energien in der Schweiz

Mit der Energiestrategie 2050 hat die Schweiz den Atomausstieg, die Steigerung der Energieeffizienz sowie den Ausbau der erneuerbaren Energieproduktion beschlossen. Durch diese von der Stimmbevölkerung bestätigten Neuausrichtung soll die Schweiz nachhaltig und klimafreundlich mit erneuerbarer Energie versorgt und die Abhängigkeit von importierten Energien reduziert werden (BFE, 2018). Die Dekarbonisierungs-Strategie des Energiesystems gemäss dem Abkommen von Paris hat in der Schweiz bis zum Jahr 2050 einen zusätzlichen Bedarf an 45-50 TWh Strom zur Folge (Remund, Albrecht, & Stickelberger, 2019; Rohrer, 2020).

Durch das neue Ziel des Bundesrates, wonach in der Schweiz ab dem Jahr 2050 nicht mehr Treibhausgase ausgestossen werden, als natürliche und technische Speicher aufnehmen können («Netto-Null-Ziel»), muss die Energiestrategie 2050 weiterentwickelt werden. Insbesondere gilt es, im Verkehrs- und Wärmebereich die fossilen Energieträger zu einem grossen Teil durch umweltverträglich erzeugten Strom zu ersetzen. Für den Ausbau der erneuerbaren Energien ist in der Botschaft des Bundesrats vom 18.6.2021 ein neuer Zielwert von 17 TWh für das Jahr 2035 festgelegt worden (bisher: 11.4 TWh). Es ist vorgesehen, dass die Photovoltaik (PV) mit 14 TWh den grössten Teil dazu beiträgt. Als neuer Zielwert für 2050 sollen für die erneuerbaren Energien 39 TWh (bisher: 24.2 TWh) gesetzlich verankert werden (Schweizerischer Bundesrat, 2021).

2019 betrug die Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen ohne Wasserkraft knapp 4.2 TWh, was 6.2 % der gesamten Netto-Elektrizitätsproduktion ausmacht (exkl. Verbrauch durch Speicherpumpen). Die PV hat dabei vor allem seit 2010 anteilsmässig stark zugenommen und trägt, ohne Wasserkraft, mittlerweile 52 % zur erneuerbaren Stromproduktion bei (BFE, 2021).

Gemäss der kürzlich erschienenen *Statistik Sonnenenergie* für das Jahr 2020 (Hostettler & Hekler, 2021) ist der jährliche PV-Zubau in der Schweiz gegenüber dem Vorjahr um fast 50 % auf einen neuen Rekordwert angestiegen. Es wurden Panels mit einer Leistung von 476.3 MW installiert. Insgesamt waren per Ende 2020 Solarpanels mit einer Leistung von nahezu 3 GW installiert, die 4.7 % des Strombedarfs der Schweiz abdeckten (https://www.swissolar.ch/services/medien/news/detail/n-n/statistik-sonnenenergie-2020-50-prozent-marktwachstum).

Die PV-Potenziale in der Schweiz wurden in verschiedenen Studien analysiert und von Rohrer (2020) verglichen: Auf Dachflächen von Gebäuden in der Schweiz bestehe ein Potenzial von mindestens 25 TWh pro Jahr, auf anderen Infrastrukturen ein solches von 10 TWh pro Jahr. Bucher und Schwarz (2019) gehen bis 2035 von einem realisierbaren PV-Potenzial von rund 30 TWh auf Dachflächen und an Fassaden aus. Assouline, Mohajeri, & Scartezzini (2017) kamen bei ihren Modellberechnungen auf ein Leistungsvermögen von knapp 18 TWh für die Dachflächen in der Schweiz. Aktuelle Kosten-Potenzialkurven von verfügbaren Dachflächen zeigen, dass die technischen Voraussetzungen für die Stromproduktion aus Son-

nenenergie theoretisch bis zu 63 TWh pro Jahr betragen (noch ohne Fassaden), das wirtschaftliche Potenzial bei einer «Wirtschaftlichkeitsgrenze» von 15 Rp/KWh hingegen auf rund 10 TWh pro Jahr beschränkt bleibt. Bei abnehmenden Kosten und weniger Flächenbedarf könnte sich dieses jedoch vervielfachen (BFE, 2020).

Die aktuell vorliegenden Zahlen legen dar, dass die bestehenden Infrastrukturen kaum ausreichen dürften, um den Strombedarf für die Dekarbonisierung und den Ersatz der Kernkraftwerke bis ins Jahr 2050 zu decken (Rohrer, 2020). Nebst Suffizienz- und Effizienz-Massnahmen zur Senkung des Strombedarfs sollte deshalb eine vorausschauende Energieplanung die verschiedenen Möglichkeiten für die Erstellung von PV-Anlagen auf Freiflächen ausloten und diskutieren.

Studien zur Potenzialabschätzung der PV-Produktion losgelöst von Gebäuden sind in der Schweiz bisher kaum veröffentlicht worden. *Swissolar* und *Meteotest* rechnen mit einem Potenzial von 11.3 TWh (Strassen, Parkplätze, Autobahnböschungen), welches in den nächsten 30 Jahre realisiert werden könnte (Remund et al., 2019). Rohrer (2020) sieht in der Nutzung von bereits versiegelten Flächen, z.B. Strassen, Parkplätzen, Lärmschutzwänden, Perrons, Staumauern und Stauseen, diverse Ausbaumöglichkeiten. Zudem bestehe ein fast beliebig grosses Potenzial für grosse PV-Anlagen auf Freiflächen, zum Beispiel im Gebirge oder in Kombination mit der Landwirtschaft (Agro-Photovoltaik). Dass die PV unter den erneuerbaren Energien in ihrem ganzen Lebenszyklus den geringsten Flächenbedarf aufweist (Dhar, Naeth, Jennings, & Gamal El-Din, 2020), begünstigt deren Zukunftsperspektive zusätzlich.

1.2 Situation der Biodiversität in der Schweiz

Den Schutz der biologischen Vielfalt schreiben sowohl die Bundesverfassung (Art. 78) als auch internationale Verträge vor. So hat sich die Schweiz im Rahmen der *Biodiversitätskonvention* unter anderem dazu verpflichtet, das Aussterben bedrohter Arten zu unterbinden und die Erhaltungssituation für die am stärksten bedrohten Arten zu verbessern. Zu diesem Zweck wurde 2012 eine Biodiversitätsstrategie verabschiedet und 2017 in Form des *Aktionsplans Biodiversität* konkretisiert (BAFU, 2017a).

In den letzten 100 Jahren ist die Biodiversität in der Schweiz massiv zurückgegangen. Mehr als ein Drittel aller untersuchten Pflanzen- und Tierarten sowie knapp die Hälfte der bewerteten Lebensraumtypen gelten als bedroht und stehen auf den Roten Listen (BAFU, 2021). Besonders landwirtschaftlich genutzte Agrarökosysteme haben durch die intensive Bewirtschaftung einen starken Arten- und Lebensraumverlust erlitten. Dies ist vor allem zurückzuführen auf hohe Dünger- und Pestizidkonzentrationen in landwirtschaftlichen Gunstlagen und gleichförmige mechanische Bewirtschaftungsformen (BAFU, 2021).

Mit dem Verlust von Biodiversität gehen auch immense volkswirtschaftliche Kosten einher: In der EU wurden die jährlichen Kosten für die zu kompensierenden Ökosystemleistungen, die aus den Biodiversitätsverlusten resultieren, bis im Jahr 2050 auf rund 4 % des Bruttoinlandprodukts geschätzt (Guntern et al., 2014). Allein der Wert der Bestäubung durch Insekten beträgt in Europa rund 11 % des Produktionswerts der 100 meistgehandelten Nahrungsmittel (Guntern et al., 2014). Hinzu kommen unzählige weitere Öko-

systemleistungen, welche durch wildlebende Pflanzen und Tiere erbracht werden (z.B. natürliche Schädlingsregulation, Förderung der Bodenfruchtbarkeit, Abwasserreinigung, Rohstoffgewinnung, Erholungswert) (u.a. Widmer et al., 2021). Die Quantität und Qualität der erbrachten Ökosystemleistungen in der Schweiz sind mit denjenigen von EU-Ländern vergleichbar (BAFU, 2017b).

2. Auftrag und Projektorganisation

Die *Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)* wurde mit Vertrag vom 13.1.2021 durch das *Bundesamt für Energie (BFE)* mit einer transnationalen Literaturstudie zum Thema «Auswirkungen von Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf die Biodiversität» beauftragt. Im Verlaufe der Studie zeigte sich immer mehr, dass nebst der Biodiversität im engeren Sinne auch weitere Umwelteinflüsse, z.B. landwirtschaftliche und landschaftliche Aspekte, eine zentrale Funktion für den künftigen Ausbau der Freiflächen-PVA spielen. Deshalb wurden schwerpunktmässig auch die Themenbereiche *Agro-Photovoltaik* und, in geringerem Umfang, *Floating Photovoltaik* sowie einige weitere zukunftsträchtige Nutzungsformen miteinbezogen.

In der vorliegenden Studie wird ein Überblick über den Stand der internationalen Forschung vermittelt, wobei mögliche Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf die Biodiversität, auf einzelne Artengruppen sowie auf Ökosystemleistungen und landwirtschaftliche Nutzungsformen im Vordergrund stehen. Zusätzlich wird ausgeführt, welchen Einfluss Freiflächen-PVA auf mikroklimatische Standortfaktoren haben können (z.B. auf Boden- und Luftfeuchtigkeit, Boden- und Lufttemperaturen), um den direkten oder indirekten Einfluss dieser Faktoren auf die lokale Tier- und Pflanzenwelt abschätzen zu können. Ausserdem wird dargelegt, welche Lebensraumtypen innerhalb von Freiflächen-PVA biodiversitätsfördernd wirken und wie ein sachgerechter Unterhalt von Solarparks erfolgen könnte. Wissenslücken werden identifiziert, präzisiert und, wo immer möglich, in einen schweizerischen Kontext gebracht. Im Kapitel Synthese werden positive und negative Auswirkungen von Freiflächen-PVA gruppenübergreifend zusammengefasst und bewertet. Es werden Vorschläge gemacht, wie bestmögliche Voraussetzungen für ökologisch hochwertige Freiflächen-PVA geschaffen werden könnten. Abschliessend erste Vorschläge für das weitere Vorgehen formuliert.

Die Studie wurde durch eine Expertengruppe begleitet. Darin vertreten waren der PV-Spezialist Dr. Wieland Hintz vom *Bundesamt für Energie* und David Stickelberger, Geschäftsführer von *Swissolar*. Der Autor wurde zudem unterstützt durch Prof. Jürg Rohrer, Leiter Forschungsgruppe *Erneuerbare Energien* der ZHAW und durch Prof. Dr. Reto Rupf, Leiter Zentrum *Ecosystems and Biodiversity* der *ZHAW*. Simon Fankhauser, Praktikant und cand. BSc Umweltingenieurwesen ZHAW, führte ergänzende Recherchearbeiten durch und half bei der Finalisierung des Berichts und der Literaturliste.

3. Methodisches Vorgehen

Für die Literaturrecherchen wurden folgende Suchmaschinen und wissenschaftlichen Datenbanken konsultiert:

– *Web of Science* https://www.webofscience.com
– *Google Scholar* https://scholar.google.com
– *ScienceDirect* (Elsevier) https://www.sciencedirect.com
– *Swisscovery* (Plattform von rund 470 Schweizer Bibliotheken) https://swisscovery.slsp.ch

Der Basis-Suchstring ("photovoltaic*" OR "solar panel*" OR "solar module*" OR "solar energy" OR "solar power") wurde kombiniert mit folgenden Sub-Suchstrings:

… AND ("biodiversity" OR “species composition” OR “species community”)

… AND ("wildlife*" OR "animal*" OR "faun*")

… AND ("insect*" OR "bird*" OR "bat*")

… AND ("vegetation*" OR "flor*")

… AND ("microclimate*" OR "soil*")

… AND (fallow* OR "industrial area*")

Ein separater Suchstring wurde für das Thema Agro-Photovoltaik definiert:
("agrophotovoltaic*" OR "agriphotovoltaic*" OR "photovoltaic agriculture")

Bei der Recherche nach deutschsprachiger Fachliteratur wurden analoge deutschsprachige Termini verwendet.

Um die Anzahl der vielen unspezifischen Suchstring-Treffer einzuschränken, erfolgten in einem Folgeschritt präzisierende Abfragen, die sich entweder auf den jeweiligen Titel der Studie (*Google Scholar*) oder auf deren Zusammenfassung (Abstract) (*Web of Science* und *ScienceDirect*) reduzierten. In einigen Fällen musste auch der Zeitraum des Erscheinungsdatums auf aktuellere Studien beschränkt werden, um die Trefferquoten in Grenzen zu halten. Bei *Swisscovery* wurden vor allem Suchstring-Treffer durch Abfragen via *Key Words* ermittelt.

– Bei der englischsprachigen Literatur ergaben sich mit dem genannten methodischen Vorgehen total 5’436 zu verifizierende Publikationen und Berichte. Davon wurden 100 für unsere Zwecke als relevant erachtet und in die Excel-Literaturliste aufgenommen, darunter auch eine holländische Studie mit englischem Abstract.
– Von insgesamt 901 zu verifizierenden deutschsprachigen Publikationen und Berichten wurden 37 als relevant erachtet und in die Literaturliste aufgenommen. Darunter befinden sich auch einzelne Artikel aus Fachzeitschriften, welche durch separate Recherchen ermittelt und nicht über die oben genannten

Suchstrings gefunden wurden, z.B. ausgewählte Internetartikel aus dem Photovoltaik-Magazin *pv magazine* (www.pv-magazine.de). Zudem wurden auch vereinzelt Publikationen in die Literaturliste aufgenommen, die nur im Literaturverzeichnis der Publikationen enthalten waren, nicht jedoch im Output der Suchstrings.

Die Kerninhalte der ausgewählten Fachartikel wurden in einer Excel- Literaturliste zusammengefasst und präzisiert. Einzelne Studien decken verschiedene Themenbereiche ab, z.B. kombinierte Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf Fauna, Vegetation und Mikroklima. In solchen Fällen wurde für jeden einzelnen Themenbereich eine separate Zeile in der Literaturliste erstellt. Dadurch ergaben sich aus den 137 Fachartikeln total 180 Einträge (= Zeilen). Die Liste kann jederzeit aktualisiert und ergänzt werden.

Gliederung der Datenbank

Basisinformationen zur Publikation

- ID, Artikel ID
- Validität (mit Kategorien "Wissenschaftliches Paper mit Peer Review", "Fachartikel ohne Peer Review" und "Projektbericht/Buch/Internetartikel")
- Datentyp (mit Kategorien "empirische Primärdaten", "Sekundärdaten und Metastudien", "Modellberechnungen", "ohne Zuordnung")
- Autor(en)
- Titel
- Link (doi / URL)
- Jahr
- Name der Fachzeitschrift, des Berichts, der Heftreihe usw.
- Journal Typ (mit Kategorien "Energie", "Energie und Ökologie", "Ökologie allgemein", "Landwirtschaft", "Zoologie", "Diverses", "ohne Zuteilung")

Geografie und Habitattyp [Anmerkung: betrifft Verortung der Studie und betroffene Lebensraumtypen]

- Kontinent
- Land
- Habitattyp(en)

Beschrieb der Freiflächen-PVA

- Anlagentyp (mit Kategorien "PV-Anlage (PVA)", "Utility-Scale Solar Energy (USSE)", "Agro-Photovoltaik (APV)", "Floating Photovoltaik (FPV)", "andere")
- Spezifikation (z.B. Leistung in MWh)
- Grösse (Fläche der Anlage)

Fragestellung und Methodik der Studie

- Kernfrage(n)
- Indikator(en) (mit Kategorien "Fauna", "Vegetation", "Mikroorganismen", "Mikroklima/Boden/Wasser", "Landwirtschaft", "multifunktional")
- Taxon / Taxa (z.B. untersuchte Tiergruppe)

Haupterkenntnisse der Studie

– Auswirkungen auf Biodiversität/Landwirtschaft
– Effektstärke ("kein/gering", "mittel", "stark", "ohne Zuordnung")
– Präzisierung/Ergänzung

Begriffe

Utility-Scale Solar Energy (USSE)

Bei USSE-Anlagen handelt es sich um versorgungsrelevante, grossflächige Solarparks. Bezüglich Mindestfläche und -leistung bestehen keine einheitliche Definition. Die *Solar Energy Industries Association* als führende Handelsgruppe für Solarentwickler definiert USSE als Solarparks mit einer Leistung von mehr als 1 MW. Das *National Renewable Energy Laboratory* führt einen Schwellenwert von 5 MW auf, während die Website *Wiki-Solar* einen Schwellenwert von 10 MW angibt (https://www.greentechmedia.com/articles/read/what-does-utility-scale-solar-really-mean).

USSE-Anlage in den USA (Bild: https://energy.mit.edu)

Agro-Photovoltaik (APV) (= Agri-Photovoltaik)

Doppelnutzung von Agrarflächen für die Photovoltaik-Stromproduktion und die landwirtschaftliche Produktion, z.B. für den Anbau von Gemüse oder als Weidefläche für Nutztiere. Nahrungs- und Energiesicherheit werden als nicht konkurrenzierende Ziele betrachtet.

APV-Anlage in Deutschland (Bild: https://www.baywa-re.com)

Floating Photovoltaik (FPV)

Schwimmende PVA. Ihr Wirkungsgrad ist höher als derjenige von vergleichbaren Anlagen an Land, weil sie durch das Wasser gekühlt werden. FPV führt zu keinem Flächenverlust auf dem Kulturland.

FPV-Anlage in den Niederlanden (Bild: https://www.solarify.eu)

4. Ergebnisse der Literaturstudie

4.1 Allgemeines zu Umweltauswirkungen und Standorteignung von Freiflächen-PVA

4.1.1 Allgemeine Umweltauswirkungen

In einer interkontinental angelegten Metastudie wurden die Auswirkungen der Energiemixe von 150 Ländern u.a. auf mögliche negative Einflüsse auf die Biodiversität bewertet (Nematchoua, Asadi, & Reiter, 2020). Die negativen Effekte auf die biologische Vielfalt sind gemäss diesen Modellberechnungen in Subsahara-Afrika und im Nahen Osten viel gravierender als etwa in den USA oder in Europa. Solche Generalisierungen sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren, da jede Art oder Artengruppe einzigartige ökologische, verhaltensbezogene und lebensgeschichtliche Eigenschaften aufweist, die zusammengenommen ihre demografische Reaktion bestimmen (Moore-O'Leary et al., 2017). Auch im Falle von Freiflächen-PVA hat die Beurteilung der Umweltverträglichkeit deshalb immer standortspezifisch zu erfolgen (vgl. Kap. 4.1.2).

Eine Untersuchung von Turney & Fthenakis (2011) widmete sich den Umweltauswirkungen von PVA auf verschiedenen Ebenen. Im Vergleich zur traditionellen Stromerzeugung entpuppten sich 22 der 32 betrachteten Auswirkungen als positiv, von den verbleibenden 10 Auswirkungen waren 4 neutral und 6 erfordern gemäss den Autoren weitere Untersuchungen. Keine der Auswirkungen erwies sich als negativ. Im Vergleich zur traditionellen Stromerzeugung positiv hervorzuheben sind gemäss Autoren z.B. die um ein Vielfaches tieferen NO_x- und SO_2-Werte, die rund 30 x (z.T. bis zu 1000 x) geringeren Quecksilber-Emissionen und die rund 150 x geringeren Cadmium-Emissionen pro KWh produzierter Energie. Der Landverbrauch grosser USSE-Anlagen sei in etwa vergleichbar mit Kohlekraftwerken, wobei bei dieser Annahme wohl der Landverbrauch für die Kohlegewinnung miteingerechnet sein dürfte. Auch aus landschaftsästhetischen Überlegungen würden USSE-Anlagen im Vergleich zur traditionellen Stromerzeugung nicht negativ ins Gewicht fallen (pers. Anmerkung: sehr pauschale Aussage, nicht wissenschaftlich belegt). Katzner et al. (2013) weisen hingegen auf den hohen Landverbrauch und eine mögliche Landdegradation durch grössere Solaranlagen hin, was besonders in artenreichen, ökologisch sensiblen Gebieten mit vielen gefährdeten oder endemischen Arten ein grosses Konfliktpotenzial berge.

In Solarparks gibt es im Durchschnitt 70-95 % verfügbaren Boden, auf dem die Biodiversität gefördert werden kann, falls naturnahe Managementpraktiken umgesetzt werden (Esteves, 2016, zitiert in Taylor et al., 2019). Die deutsche Solarparkfirma *WES Green* gibt in ihren Bebauungsplänen vor, dass nur 50-60 % der Flächen mit PV-Modulen belegt sein dürfen. Die so entstehenden besonnten freien Flächen können sich zugunsten von Wildbienen und anderen Insekten ungestört entwickeln (https://www.sonnenseite.com/de/umwelt/solarparks-schaffen-neue-lebensraeume-fuer-bienen-und-insekten).

In einem Handlungsleitfaden für das deutsche Bundesland Baden-Württemberg wird vermerkt, dass generell ein Freiflächenanteil (Biotopfläche) von 25-50 % anzustreben sei. Diese Freiflächen seien als Gliede-

rungselemente zwischen den Modulfeldern und/oder randlich, also ausserhalb der Anlage, als Verbundelement zur Umgebung vorzusehen (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2019).

In einer Auftragsstudie von *Österreichs Energie* stellte Fechner (2020) fest, dass Solaranlagen einen grossen Beitrag zur regionalen Artenvielfalt liefern können und dass die Installation eines Solarparks eine deutliche ökologische Aufwertung der Flächen im Vergleich zur Acker- oder Intensivgrünlandnutzung ermöglicht. Dabei sei neben dem Alter der Solaranlagen die Nähe zu Lieferbiotopen der entscheidende Faktor für eine Zuwanderung und die Biodiversität einer Anlage.

Semeraro et al. (2020) entwickelten einen konzeptionellen Rahmen für Freiflächen-PVA in Synergie mit Ökosystemdienstleistungen auf begrünten Flächen in Apulien (Italien). Ihr Fokus richtete sich auf die Verbindung von wirtschaftlichem Erfolg mit sozialem und ökologischem Fortschritt, basierend auf dem Konzept der multifunktionalen Landnutzung. Die Modellapplikationen ergaben u.a. eine Erhöhung der Solarenergieproduktion, verbesserte Lebensraumbedingungen für Tiere und eine Minderung der hohen Lufttemperaturen.

Das wohl umfassendste Review zum Thema Solarparks und Umwelt führten Hernandez et al. (2014) durch. In den folgenden Kapiteln wird auf zahlreiche Originalpublikationen daraus Bezug genommen.

4.1.2 Standorteignung

Agha et al. (2020) messen der wohlüberlegten Standortwahl auch eine entscheidende Bedeutung für die gesellschaftliche Akzeptanz erneuerbarer Energien zu. Um eine verbesserte Naturverträglichkeit von Solarparks zu erreichen, sind bevorzugt Flächen mit geringer naturschutzfachlicher Bedeutung und hoher Vorbelastung (z.B. zuvor intensiv genutztes Ackerland) auszuwählen, verbunden mit einem qualitativ hochwertigen Flächenmanagement in der anschliessenden Betriebsphase (NABU & BSW Solar, 2021). Wagegg & Trumpp (2015) propagieren ebenfalls eine sorgfältige Flächen- und Typenevaluation für Solarparks. Das bestehende Terrain und die ursprüngliche Vegetation sollten besonders dann belassen werden, wenn es sich um einen ökologisch hochwertigen Lebensraum handelt (z.B. blütenreiche Glatthaferwiese, Halbtrockenrasen) (Wilkening & Rautenstrauch, 2019).

Im Bericht *Nationale Naturlandschaften und erneuerbare Energien* werden Anforderungen für eine natur- und landschaftsverträgliche Nutzung erneuerbarer Energien formuliert. Folgende Standorte werden dabei als potenziell geeignet bezeichnet (Gehrlein et al., 2017):

– Flächen, die in ihrer Biotopverbund- und Habitatfunktion bereits wesentlich beeinträchtigt sind.
– Flächen, deren Bodenfunktionen z. B. durch Versiegelung, Verdichtung oder Kontamination bereits stark vorbelastet sind.
– Flächen, deren Landschaftsbild durch Bebauung und/oder andere technische Objekte bereits erheblich verfremdet ist.
– Flächen, deren Bebauung keinen weiteren Freiraumverlust darstellen.

Dazu zählen beispielsweise Siedlungsbrachen, Flächen in grösseren Gewerbegebieten, Zonen entlang grosser Verkehrstrassen/Schienenwegen, Lärmschutzeinrichtungen, Abfalldeponien und Halden, Flächen

mit hoher Bodenverdichtung, Konversionsflächen mit hohem Versiegelungsgrad und ohne besondere naturschutzfachliche bzw. ästhetische Bedeutung sowie sonstige durch Infrastruktureinrichtungen veränderte Landschaftsausschnitte (Gehrlein et al., 2017; Peschel, Peschel, Marchand, & Hauke, 2019).

Kim et al. (2021) werfen einen kritischen Blick auf die aktuelle Standortwahl von Freiflächen-PVA in Japan. Sie behindere Naturschutz-Bemühungen, weshalb vermehrte Anreize für PVA in städtischen Gebieten notwendig seien. Global betrachtet, überlagern sich Anlagen für erneuerbare Energien mit über 1'600 Schutzgebieten und 40 Wildnisgebieten. Solche Überlagerungen sind v.a. in Westeuropa vorzufinden, zunehmend aber auch in Südostasien (Rehbein et al., 2020).

4.2 Auswirkungen auf die Fauna

4.2.1 Allgemeine Auswirkungen

In einer Metastudie aus dem Jahr 2013 fanden die Autoren keine verfügbaren wissenschaftlichen und peer-reviewten Studien zu den Auswirkungen von Solaranlagen auf die Fauna (Northrup & Wittemyer, 2013). Eine Literaturstudie von Moore-O'Leary et al. (2017) ergab , dass es bislang nur wenige von Fachleuten überprüfte Veröffentlichungen gibt, die sich mit den Auswirkungen von USSE-Anlagen auf bestimmte Tierarten befassen. Mit Blick auf Wildtiere (*wildlife impacts*) gelangten Fthenakis et al. (2011) zu einer vergleichbaren Schlussfolgerung: "In der Literatur wurden nur wenige Veröffentlichungen zum Thema PV gefunden, und diese waren kurz, qualitativ und basierten auf rein hypothetischen Analysen". Eine aktuelle, interkontinentale Metastudie fasst die Situation bezüglich Fauna und Flora folgendermassen zusammen: "Trotz einiger weniger Studien sind in der Literatur die Auswirkungen von Solarkraftwerken und ihrer Umgebung nicht umfassend behandelt worden" (Dhar et al., 2020).

Lovich & Ennen (2013) vermerken, dass die verfügbaren Daten bisher nicht ausreichen, um die kumulativen Auswirkungen von Solarparks auf regionale Wildtierpopulationen abzuschätzen (z.B. Einfluss des Anlagendesigns, Kriterien für Standortwahl) und dass sich die verfügbare Literatur v.a. auf nicht publizierte Reports beschränke. Als potenziell negativ erachten Lovich & Ennen (2013) sowie Northrup & Wittemyer (2013) die mit der Erstellung einer USSE-Anlage möglicherweise einhergehende Fragmentierung von Wildtier-Lebensräumen (Barrieren für Genfluss), den erhöhten Lärm, die Erzeugung elektromagnetischer Felder, die Veränderung des Mikroklimas, den möglichen Einsatz von Herbiziden und Staubbindungsmitteln, den erhöhten Wasserverbrauch und die grössere Gefahr für Feuer in Trockenperioden. Die genannten Faktoren werden jedoch nur ein einem hypothetischen Gesamtkontext betrachtet und basieren nicht auf empirisch erhobenen Daten.

Agha et al. (2020) diskutieren Massnahmen zur Minimierung negativer Einflüsse auf die Fauna. Sie postulieren einen reduzierten negativen Einfluss auf die Fauna bei der Erstellung von Anlagen auf belasteten Standorten (z.B. Industriebrachen), auf normal genutzten Landwirtschaftsflächen und auf Flughäfen, wo die Verringerung des Wildbestandes gesellschaftlich akzeptiert sei (Reduktion der Kollisionsgefahr mit Flugzeugen). Die ökologischen Auswirkungen des Ausbaus von erneuerbaren Energien auf die Fauna seien jedoch noch sehr unsicher, da BACI-Studien *(Before-After-Control-Impact)* fehlen würden.

Zum Thema Wildtierschutz in USSE-Anlagen wurde bei Fachleuten aus den Bereichen Ökologie, Naturschutz und Energie eine Umfrage in den USA durchgeführt. Die Quintessenz lautete wie folgt: "Unser derzeitiges Wissen über die Auswirkungen von Solaranlagen auf wildlebende Tiere ist trotz des Tempos und Umfangs der Entwicklung begrenzt" (Chock et al., 2021). Bei den Forschungsprioritäten und den Schlüsselfragen sollen gemäss Umfrage BACI-Studien im Vordergrund stehen. Die Zusammenarbeit zwischen Industrie, Forschung und Verwaltung sollte gefördert werden, ähnlich wie in der Windenergiebranche, wo diese bereits besser etabliert sei. Zudem gelte es, die Tierverhaltensforschung (Ethologie) zu verbessern, um die Zahl der tödlichen Unfälle mit Wildtieren zu reduzieren (Chock et al., 2021).

Landschaftsveränderungen durch Freiflächen-PVA, besonders wenn sie grossflächig sind, können sich direkt auf die Lebensraumqualität und Migrationsrouten auswirken und zu Lebensraumverlust und Fragmentierung führen. Hingegen ist es bei richtigem Management auch möglich, die Biodiversität zu vergrössern und neue Lebensräume für gefährdete Tiere und Pflanzen zu schaffen (Dhar et al., 2020). Gerade in den heiklen Wintermonaten könnten Solarparks Wildtieren neue Nahrungsquellen eröffnen (Wagegg & Trumpp, 2015). Als mögliche Fördermassnahmen für die Fauna erwähnen Taylor et al. (2019) die Installation und/oder Beibehaltung von Begrenzungselementen wie Hecken, Gräben, Steinmauern, Magerrasen, Feldrändern und Gebüsch, sowie die Schaffung von Wildblumenwiesen mit Pollen- und Nektarpflanzen und die Installation von künstlichen Strukturen wie Nistkästen, Überwinterungsplätzen und Holzstapeln.

Bei der Abschätzung der Umweltverträglichkeit und bei der Evaluation möglicher Auswirkungen eines Solarparks auf die lokale Fauna ist die umgebende Landschaft stets miteinzubeziehen. Falls nämlich Lebensräume, auf welche ein Solarpark erstellt werden soll, in Form von Ausweichhabitaten in genügender Ausdehnung und Dichte in unmittelbarer Umgebung vorkommen (intakter Lebensraumverbund), ist der mögliche negative Effekt auf die mobile Fauna viel geringer, als wenn auf dem zu bebauenden Gelände seltene und einzigartige Lebensräume vorkommen (Wilson & van Zyl, 2012). Zentral für die Zuwanderung und somit für die Biodiversität der Anlage ist die Distanz zu Lieferbiotopen, die möglichst unter 500 m betragen sollte (Fechner, 2020).

Vor Baubeginn sind seltene Arten zu evakuieren und ein temporärer Schutzzaun zu errichten, um eine Rückwanderung während der Bauphase zu verhindern. Das bestehende Terrain und die ursprüngliche Vegetation sollten möglichst belassen werden (Wilkening & Rautenstrauch, 2019).

4.2.2 Säugetiere (ohne Nutztiere)

Grundsätzlich bestehen keine Hinweise auf eine Meidung von PVA durch Mittel- und Grosssäuger (Günnewig, Sieben, Püschel, Bohl, & Mack, 2007; Herden, Rassmus, & Gharadjedaghi, 2009). Van der Zee et al. (2019) erwähnen Hasen, Kaninchen und Rehe, die innerhalb von Freiflächen-PVA beobachtet wurden, vermutlich begünstigt durch eine abwechslungsreiche Vegetation mit Wildblumen-Ansaaten. Möglicherweise könnten aber auch ursprünglich vorhandene, wertvolle Lebensräume durch die Erstellung eines Solarparks für Mittel- und Grosssäuger verloren gehen (Badelt et al., 2020).

In einer der weltweit grössten USSE-Anlagen, dem Topaz Solarpark in den USA (Gesamtleistung 550 MW), fanden sich Säugetier-Arten mit Schutzstatus wie der Amerikanische Dachs und der seltene Kitfuchs (Sinha, Hoffman, Sakers, & Althouse, 2018) .

Als Schutz vor Diebstahl und Vandalismus werden Solarparks oftmals eingezäunt. Mehrere Berichte weisen darauf hin, dass die Umzäunung grossflächiger USSE-Anlagen Kleinsäuger vor dem Zugriff durch externe Prädatoren und vor Störungen aus der Umgebung bewahren könnte (z.B. Moore-O'Leary et al., 2017). Die Berichte stützen sich jedoch nur auf persönliche Einschätzungen und Zufallsbeobachtungen ab, so etwa auf Angaben einer Solarbaufirma aus Kalifornien (Bruce, 2019). Wissenschaftlich erhärtete Informationen hierzu konnten keine vorgefunden werden.

Andere Autoren weisen auf die negative Barrierewirkung von Zäunen hin (Herden et al., 2009; Wagegg & Trumpp, 2015), z.B. in Wildwechseln, weshalb Migrationskorridore für Grosssäuger eingeplant werden müssten (Demuth et al., 2019).

Es wird vorgeschlagen, dass die Umzäunungen Öffnungen am unteren Rand aufweisen sollten, damit kleinere Wildtiere passieren können (Wilkening & Rautenstrauch, 2019). Die Höhe der Zaununterkante müsse zu diesem Zwecke mindestens 10-15 cm betragen. Auf Stacheldraht im Bodenbereich gelte es zu verzichten (Demuth et al., 2019). In NABU & BSW Solar (2021) werden zur Verbesserung der Durchgängigkeit für Kleinsäuger entweder ein angemessener Bodenabstand des Zaunes von 20 cm oder ausreichende Maschengrössen im bodennahen Bereich erwähnt. Für Grosssäuger seien ab einer "bestimmten Anlagengrösse" Querungsmöglichkeiten vorzusehen. Günnewig et al. (2007) betonen, dass auch mittelgrosse Säugetiere wie Feldhasen, Füchse oder Dachse einen ausreichend bemessenen Durchschlupf zur Verfügung haben sollten.

Eine ungestörtere Vegetationsentwicklung und das Fehlen einer mechanischen Bodenbearbeitung kann in Solarparks gemäss Herden et al. (2009) zu einer Aufwertung der Lebensraumfunktionen für Kleinsäuger führen, auch wenn baubedingte Störungen eine zeitweise Meidung verursachen könnten.

Im Gegensatz zu Windkraftanlagen gibt es keine Untersuchungen, die sich auf wissenschaftlicher Ebene mit den Auswirkungen von PVA auf Fledermäuse befassen (Taylor et al., 2019, Harrison, Lloyd, & Field, 2016). Erste Hinweise ergeben sich aus einer kleinen Vorstudie aus Südengland, wo innerhalb von acht Solarparks gleich viele Fledermaus-Arten vorgefunden wurden wie in den benachbarten Kontrollflächen, jedoch signifikant weniger Individuen. Aufgrund von Fehlfunktionen der Fledermaus-Detektoren sind diese Ergebnisse aber mit Vorsicht zu geniessen (Montag, Parker, & Clarkson, 2016).

Vereinzelte Beobachtungen zeigen, dass Fledermäuse horizontale Flächen mit Gewässern und vertikale Flächen mit offenen Flugwegen verwechseln können, aber es gibt keine Hinweise darauf, dass dadurch die Kollisionsgefahr erhöht ist (Taylor et al., 2019). Greif et al. (2017) stellten fest, dass Fledermäuse sowohl unter Laborbedingungen als auch in der Natur mit vertikal angeordneten reflektierenden Platten kollidierten. Obwohl keine Opfer zu beklagen waren, sollten deshalb glatte, vertikale Oberflächen an kritischen Orten wie Zugrouten, wichtigen Nahrungshabitaten oder Fledermauskolonien vermieden werden. Dies gilt auch für Solarpanels, die in einem steileren Winkel angeordnet sind.

Freiflächen-PVA könnten bei geeigneter extensiver Bewirtschaftung und dem dadurch zu erwartenden grösseren Insektenreichtum die Funktion als Jagdhabitate für Fledermäuse übernehmen (Peschel et al., 2019). Die in Kapitel 4.2.6 beschriebene Fehlinterpretation von spiegelnden PVA als Wasseroberfläche durch bestimmte Insektengruppen könnte eine Attraktionswirkung auf Fledermäuse ausüben, welche sich von Grossinsekten ernähren (Moore-O'Leary et al., 2017). Eine empirische Evidenz hierzu liegt jedoch nicht vor.

Für nachtaktive Insektivoren, so auch für Fledermäuse, kann sich das Nahrungsangebot in beleuchteten Solarparks verbessern, da Insekten wie beispielsweise Nachtfalter durch das Licht angelockt werden (Brunet et al., 2020). Quantitative Untersuchungen hierzu liegen jedoch bis anhin nicht vor.

GIS-Analysen werden als geeignetes Planungsinstrument für die Evaluation von unerwünschten Überlappungen zwischen dem Vorkommen schützenswerter und empfindlicher Wirbeltierarten (oder artenreichen Lebensräumen generell) und potenziellen USSE-Standorten empfohlen. Voraussetzung für die Erstellung von solchen Habitatmodellen ist jedoch die Verfügbarkeit von faunistischen Verbreitungskarten (Thomas et al., 2018).

Die Vor- und Nachteile von Freiflächen-PVA auf die Nutztierhaltung in der Landwirtschaft werden in Kapitel 4.5 näher erörtert.

4.2.3 Vögel

Eine Literaturrecherche zu den Auswirkungen von Windkraft- und Solaranlagen auf Vögel und Fledermäuse in den USA und Kanada ergab 193 Studien zu Windkraftanlagen, jedoch nur deren 10 zu Solaranlagen (inkl. Berichte und Gutachten) (Conkling, Loss, Diffendorfer, Duerr, & Katzner, 2021).

Auswirkungen wie direkte Mortalität (Stromschläge an Sammelleitungen, Kollisionen mit Spiegeln), Habitatverlust, Meidung und Verdrängung sind in der Regel additiv und treten gemeinsam mit anderen natürlichen oder anthropogenen Einflüssen auf (Dwyer, Landon, & Mojica, 2018). Dementsprechend sind oft nur vage Aussagen zu direkten Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf die Avifauna möglich.

Walston et al. (2016) führten in Südkalifornien, gemäss eigenen Angaben, die erste übersichtsmässige Einschätzung der Vogelsterblichkeit an bestehenden USSE-Anlagen durch. Aus den verfügbaren Vogelmonitoring- und Mortalitätsinformationen kamen sie zum Schluss, dass die geschätzte jährliche Gesamtmortalität an USSE-Anlagen ähnlich hoch sei wie im Windenergiesektor. Hochgerechnet ergeben sich demnach ca. 16'000 - 59'000 Todesfälle von Vögeln an USSE-Anlagen in Südkalifornien, was einer «capacity-weighted average mortality rate» von 2.7 bis 9.9 Vögeln pro MW und Jahr entspricht. Extrapoliert auf die gesamte USA ergibt sich so eine geschätzte jährliche Mortalität von 37'800 bis 138'600 Vögeln, basierend auf USSE-Projekten, die entweder installiert oder im Bau sind. Dies sei um Grössenordnungen niedriger als bei «anderen Formen der Mortalität» (Walston et al., 2016).

Auf eine ähnliche Grössenordnung kamen Kosciuch et al. (2020), welche die Vogelsterblichkeit in 10 USSE-Anlagen in Kalifornien und Nevada während 13 Jahren ermittelten. Sie schätzten die durchschnittliche jährliche Sterblichkeitsrate auf rund 2.5 Vögel pro MW und Jahr. Die Ursache der Mortalität konnte für ca. 61 % der intakten Kadaver nicht bestimmt werden. Bei einem nicht-tödlichen Aufprall könnten Vögel

durch Sedierung anfälliger gegenüber Fressfeinden sein (Dwyer et al., 2018). Harrison et al. (2016) und Herden et al. (2009) schätzen das Kollisionsrisiko für Vögel an PV-Panels als gering ein, v.a. im Vergleich zur begleitenden Infrastruktur wie etwa Freileitungen.

Bei einem Vergleich der Avifauna von Flugplätzen mit PVA und nahegelegenen Wiesen ohne PVA resultierte eine etwas höhere Anzahl an Vogel-Arten in Wiesen ohne PVA (46 Arten versus 37 Arten). Zudem war der Anteil grosser Vögel (≥ 1.125 kg) auf Flugplätzen mit PVA kleiner als in den nahegelegenen Wiesen ohne PVA. Die Aussagekraft dieser Studie ist jedoch beschränkt, da sie sich nur auf fünf Paarvergleiche abstützt (DeVault et al., 2014).

Insbesondere in ansonsten intensiv genutzten Agrarlandschaften könnten sich extensiv genutzte Freiflächen-PVA in Deutschland zu wertvollen avifaunistischen Lebensräumen entwickeln (Demuth et al., 2019), so etwa zugunsten von Feldlerche, Rebhuhn und Schafstelze, vermutlich aber auch für Wachtel, Ortolan und Grauammer. Möglicherweise könnten auch Wiesenbrüter profitieren, die keine grossen Offenlandbereiche benötigen, z.B. Wiesenpieper oder Braunkehlchen (Günnewig et al., 2007).

Das Braunkehlchen stand zusammen mit der Grauammer im Zentrum eines Forschungsprojekts auf einer 75 ha grossen Freiflächen-PVA in Deutschland (Bundesland Mecklenburg-Vorpommern). Nach deren Errichtung erfolgte eine Verlagerung der Braunkehlchen-Brutgebiete von der PVA in die Umgebung mit anschliessender Wiederbesiedlung der ursprünglichen Flächen. Der Rückgang des Grauammer-Bestands war nach Errichtung der PVA moderater als beim Braunkehlchen, jedoch erfolgte dann keine Erholung, sondern eine kontinuierliche Abnahme über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg (Heindl, 2016).

Moore-O'Leary et al. (2017) postulieren, dass vor allem verhaltensflexible Kulturlandvögel von Freiflächen-PVA profitieren. Wie Funde aus einer 39 ha grossen USSE-Anlage am Rand eines Industrieparks von Shell in den Niederlanden belegen, können aber durchaus auch seltene Lebensraumspezialisten unter den Vögeln vorkommen, so z.B. der Steinschmätzer und selten gewordene Kulturlandvögel wie die Feldlerche (Biesmeijer, van Kolfschoten, Wit, & Moens, 2020).

In einem deutschen Projekt wurden die Brutvögel von zwei grossflächigen PVA im Bundesland Brandenburg auf einer Fläche von 60 ha bzw. 54 ha erfasst. Dabei resultierten folgende Ergebnisse (Tröltzsch & Neuling, 2013):

– Die umliegenden, unbebauten Gebiete wiesen viel mehr Brutvogel-Arten auf als die Solarparks.
– Höhere Populationsdichten im Umland waren insbesondere bei Habitatspezialisten wie etwa Wiedehopf, Neuntöter, Steinschmätzer, Braunkehlchen, Ziegenmelker und Brachpieper zu verzeichnen. Zwischen den Sonnenkollektoren brüteten aber vereinzelt auch anspruchsvollere Arten, z.B. der Bluthänfling.
– Solarparks beherbergten vor allem Arten, die nur kleine Spalten oder Löcher für ihre Brut benötigen, z.B. Bachstelze und Hausrotschwanz.
– Strukturreichtum (Steinhaufen, Sandhaufen, Holzhaufen, offene Sandflächen) sowie naturschutzgerechtes Mähen zwischen den Panels werden als essenziell erachtet.

In einem weiteren deutschen Forschungsprojekt wurden im Bundesland Niedersachsen umfassende Informationen zur Vogel-Fauna von Freiflächen-PVA zusammengetragen. Zusammenfassend ergaben sich folgende Resultate (Badelt et al., 2020):

– 28 der in Niedersachsen gefährdeten Vogel-Arten des Offenlandes (62.2 %) konnten in Freiflächen-PVA nachgewiesen werden, darunter 16 Arten, welche diese als Bruthabitat nutzten: Wachtel, Rebhuhn, Neuntöter, Raubwürger, Turteltaube, Heidelerche, Feldlerche, Gelbspötter, Gartengrasmücke, Sperbergrasmücke, Braunkehlchen, Feldsperling, Baumpieper, Bluthänfling, Grauammer und Goldammer.
– Für Graureiher, Rohrweihe, Rotmilan, Baumfalke, Turmfalke, Rauchschwalbe und Star wurde die Nutzung als Nahrungshabitat nachgewiesen.
– Für Weissstorch, Wiesenweihe und Steinkauz wird die Nutzung zur Nahrungssuche in den Randbereichen als wahrscheinlich bis möglich eingeschätzt, wobei die Grösse und Form der nicht überbauten Fläche entscheidend seien.
– Arten, die grossflächiges Offenland benötigen, z.B. Grosser Brachvogel, Uferschnepfe, Rotschenkel und Kampfläufer, finden in Freiflächen-PVA keine geeigneten Bruthabitate vor und treffen nur möglicherweise auf artgerechte Nahrungshabitate.

Im deutschen Bundesland Thüringen fand 2011 eine Untersuchung zur Avifauna in einem 25 ha grossen Solarpark statt. Die Erkenntnisse waren vergleichbar mit den bereits oben vorgestellten Studien, so etwa, dass Offenland-Arten Solaranlagen zur Brutzeit regelmässig nutzen. Weitere Arten könnten hinzukommen, wenn grössere Gehölze vorhanden seien (Lieder & Lumpe, 2011).

In fünf Freiflächen-PVA im deutschen Bundesland Bayern, die zwischen 2001 und 2010 erstellt wurden und zwischen 3 und 12.5 ha messen, ergab sich eine Aufwertung durch den Betrieb der Solarparks im Vergleich zur vorherigen Acker- oder Intensivgrünland-Nutzung. Im Jahr 2013 fanden sich dort beachtliche 43 Vogel-Arten. Nebst weit verbreiteten und häufigen Vertretern wurden einzelne Anlagen auch durch Arten der Roten Liste in Beschlag genommen, z.B. durch Rebhuhn, Feldlerche, Baumpieper, Bluthänfling und Schafstelze (Raab, 2015).

In einem der grössten Solarparks Südafrikas (180 ha, 96 MW) waren Artenreichtum und Dichte von Vögeln innerhalb der USSE-Anlage tendenziell kleiner als in der Randzone und als im angrenzenden, nicht umgestalteten Land. Anscheinend wurden bisher keine bedrohten Arten beeinträchtigt, aber gemäss Autoren bestehe hierzu noch weiterer Forschungsbedarf (Visser, Perold, Ralston-Paton, Cardenal, & Ryan, 2019).

Die Abstände der Modulreihen scheinen einen erheblichen Einfluss auf die Individuenzahl und die erreichten Populationsdichten von gefährdeten, thermophilen Vögeln des Grünlands zu haben. Besonnte Streifen von 3 m und mehr sollen dabei besonders bestandsfördernd auf solche Habitatspezialisten wirken (Peschel et al., 2019).

Bodenbrütende Vögel könnten dank Sicherheitszäunen geschützte Brutareale innerhalb von PVA vorfinden (Taylor et al., 2019). Für die bodenbrütende Feldlerche konnte dies in 12 Solarparks im Süden Grossbritanniens jedoch nicht bestätigt werden, da gemäss Autoren diese Art (wie auch andere Bodenbrüter)

«freie Sicht» benötigen (Montag et al., 2016). Hingegen fanden die Autoren mehr Vogel-Arten innerhalb als ausserhalb der 12 Solarparks, jedoch ohne statistische Signifikanz.

Die in Kapitel 4.2.6 näher beschriebene Fehlinterpretation von spiegelnden PVA als Wasseroberfläche durch bestimmte Insektengruppen könnte eine Attraktionswirkung auf insektivore Vögel ausüben (Solarpark als Nahrungshabitat) (Moore-O'Leary et al., 2017). Medienberichte und Berichte aus der grauen Literatur weisen darauf hin, dass Wasservögel grosse Solaranlagen mit Gewässern verwechseln könnten (Taylor et al., 2019). Bernáth et al. (2001) beobachteten Vögel, die versuchten aus Plastikfolien zu trinken, d.h. sie könnten durch polarisiertes Licht angezogen werden. Vögel, die im Flug trinken, z. B. Schwalben, werden als besonders gefährdet für Kollisionen mit PV-Panels (die auch polarisiertes Licht reflektieren) eingestuft, während das Risiko für sitzend trinkende Vögel als kleiner bewertet wird (Taylor et al., 2019). Lichtreflexe der Anlage bei Sonnenschein könnten für Vögel störend wirken (Wagegg & Trumpp, 2015), was jedoch durch Günnewig et al. (2007) und Herden et al. (2009) als wenig relevant eingestuft wird. Günnewig et al. (2007) weisen auf eine mögliche Stör- und Scheuchwirkung («Silhouetteneffekt») durch Solarpanels hin, was zu einer Entwertung avifaunistisch wertvoller Lebensräume führen könnte, v.a. für typische Wiesenvögel wie den Kiebitz. Demuth et al. (2019) betrachten solche Störeffekte hingegen als noch zu wenig erforschtes Terrain.

Schattenwurf durch PVA wird als mögliche Gefahr für erhöhten Vogelschlag auf Flughäfen erachtet, weil es dort oft an Schatten spendenden Strukturen fehlt und die Vögel durch den Schattenwurf von Solarpanels angelockt werden könnten. Dies umso mehr, als dunkle PV-Panels eine Attraktionswirkung auf Insekten ausüben und insektivore Vogel-Arten von einem «reich gedeckten Tisch» profitieren könnten (Sreenath, Sudhakar, & Yusop, 2020).

Thermische Luftströmungen oberhalb von Freiflächen-PVA könnten Greifvögel anlocken (Dwyer et al., 2018). Gemäss Beobachtungen aus Grossbritannien wurden Turmfalke und Waldkauz in Solarparks beobachtet, Turmfalke und Rotmilan sogar bei der aktiven Nahrungssuche. Beim Schreiadler und auch bei anderen Greifvögeln wurde gemäss den Autoren kein ausgeprägtes Meideverhalten gegenüber PVA festgestellt.

Aus Deutschland sind zwar innerhalb von PVA keine brütenden Greifvögel bekannt, aber es wurden Überflüge und Nahrungssuchflüge von Rotmilan, Mäusebussard, Sperber, Wespenbussard und Baumfalke festgestellt. Dabei erfolgten auch Jagdflüge im unmittelbaren Randbereich der PVA und über einem ca. 20 m breiten Grünstreifen innerhalb der PVA, und die Modulkanten wurden als Sitzwarten genutzt (Scheller, Mika, & Köpke, 2020). Ob Greifvögel innerhalb von PVA jagen, hängt vom Abstand der Modulreihen und der Bewirtschaftung der Flächen ab, wobei sich eine extensive Grünlandbewirtschaftung positiv auf das Jagdverhalten auswirken soll (Scheller et al., 2020).

Verunreinigung durch Vogelkot auf Solarpanels wird eine drosselnde Wirkung auf die Stromproduktion zugeschrieben (Harrison et al., 2016).

Ein Forscherteam des *Argonne National Laboratory* in Illinois (USA) lancierte 2020 ein Projekt, um das Verhalten von Vögeln an grossen Solaranlagen zu untersuchen und mittels *Artificial Intelligence* Erklärungsmuster für Todesfälle zu finden. Das Team entwickelte dazu ein Kamerasystem, das klassifizieren

kann, ob es sich um einen Vogel handelt und, falls ja, ob dieser Vogel kollidiert (https://www.wired.com/story/why-do-solar-farms-kill-birds-call-in-the-ai-bird-watcher).

Anlässlich des GEO-Tags der Natur vom 12./13. Juni 2021 wurde im Solarpark Klein Rheide in Schleswig-Holstein der stark gefährdete Wiesenpieper nachgewiesen. Turmfalken wurden in verschiedenen Solarparks dabei beobachtet, wie sie ihren Nachwuchs in Solarparks führen, um ihnen die Jagd nach Kleinsäugern zwischen und unter den Modulen beizubringen. Beobachtungen von Kranichen auf Nahrungssuche im Solarpark Eberswalde in Brandenburg widerlegen die Ansicht, wonach diese Art Vertikalstrukturen stets meidet (https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Bildergalerien/Geo-Tag_der_Natur/21-10-18_bne_GEO_Tag_der_Natur_-_Solarparks_Auswertung.pdf).

4.2.4 Reptilien und Amphibien

Reptilien

Zu den Auswirkungen von Solarparks auf Reptilien und Amphibien liegen gemäss Literaturrecherche bislang keine quantitativen wissenschaftlichen Studien vor. Reptilien schätzen aber gemäss Beobachtungen von van der Zee et al. (2019) besonnte Streifen zwischen den Panelreihen, und Eidechsen sollen die sich schnell erwärmenden Oberflächen der PV-Panels regelmässig nutzen.

Bei sachgemässer extensiver Bewirtschaftung der PVA-Anlagen sind hohe Insektendichten möglich (vgl. Kap. 4.2.5 und 4.2.6), was sich positiv auf das Nahrungsangebot von Reptilien auswirken dürfte. Falls geeignete Versteckplätze und Eiablagehabitate vorkommen, sind durchaus hohe Individuendichten denkbar. Abstände von mindestens 3 m zwischen den Modulreihen sollten gemäss Einschätzung von Peschel et al. (2019) dank der höheren Sonneneinstrahlung einen positiven Einfluss auf die Populationsdichten von Reptilien haben. Reptilien könnten zudem innerhalb von umzäunten Solarparks besser vor menschlichen Störungen und Fressfeinden geschützt sein (Moore-O'Leary et al., 2017).

Anlässlich des GEO-Tags der Natur vom 12./13. Juni 2021 gelangen in mehreren deutschen Solarparks Nachweise der vielerorts sehr selten gewordenen Zauneidechse (https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Bildergalerien/Geo-Tag_der_Natur/21-10-18_bne_GEO_Tag_der_Natur_-_Solarparks_Auswertung.pdf).

Amphibien

Bei extensiver Nutzung eines Solarparks ohne Einsatz von Düngemitteln wären die Voraussetzungen für die Schaffung nährstoffarmer Amphibiengewässer gegeben. Trotzdem finden sich dort bis anhin kaum Fortpflanzungsbiotope für Amphibien.

Auch wenn das Vorkommen von Gewässern in Solarparks die Ausnahme ist, können sie sich bei entsprechender Ausgestaltung sehr wohl als Landlebensraum (Winter- oder Zwischenquartier) oder auch als Wanderroute eignen. Geringe Abstände zwischen den Modulreihen dürften vorteilhaft sein, da Amphibien insbesondere in der warmen Jahreszeit Beschattung vorziehen (Peschel et al., 2019). Abzäunungen sollten auf Amphibien keine Barrierewirkung ausüben, sofern ein angemessener Bodenabstand des Zaunes

von mindestens 20 cm oder ausreichende Maschengrössen im bodennahen Bereich vorhanden sind (NABU & BSW Solar, 2021).

In einer deutschen PVA, die Ende 2016 im Bundesland Brandenburg errichtet wurde, wurden die Ansprüche von dort vorkommenden Moorfröschen bei der Planung so berücksichtigt, dass Teile der Anlage selbst als Kompensationsflächen dienten (Peschel et al., 2019).

Die stark gefährdete Kreuzkröte profitierte im Solarpark Klein Rheide in Schleswig-Holstein von lückiger Vegetation mit Flachwasserbereichen (https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Bildergalerien/Geo-Tag_der_Natur/21-10-18_bne_GEO_Tag_der_Natur_-_Solarparks_Auswertung.pdf).

4.2.5 Bestäuber-Insekten und Tagfalter

Bestäuber-Insekten

Von "bestäuberfreundlichen" Nutzungsformen in Solarparks profitieren auch naheliegende Landwirtschaftsflächen (Walston et al., 2018). Unter der Annahme einer Bestäuber-Suchdistanz von 1.5 km wurde in den USA über 3'500 km^2 Agrarland in der Nähe bestehender und geplanter USSE-Anlagen identifiziert, das von einer erhöhten Bestäubungsleistung durch die Schaffung von Bestäuber-Habitaten profitieren könnte.

Graham et al. (2021) überprüften in den USA die Auswirkungen einer 18 ha grossen Solaranlage auf die Pflanzenzusammensetzung, den Blühzeitpunkt und das Nahrungsverhalten von Bestäubern nach der Hauptblütezeit zwischen Juni bis September. Dabei zogen sie folgende Schlussfolgerungen:

– Die Bepflanzung von Solaranlagen mit Pollen und Nektar produzierenden Pflanzen schafft Lebensraum für bestäubende Insekten.
– Die Häufigkeit und Vielfalt an Bestäubern in Plots mit voller Sonneneinstrahlung und im Halbschatten sind ähnlich, bei beiden jedoch grösser als im Vollschatten.
– Der Blühpunkt in den Teilschattenparzellen ist verzögert, was in wasserbegrenzten Ökosystemen von Vorteil sein könnte.
– Solaranlagen sollten mehrere Pflanzenarten enthalten, die schattentolerant sind oder in voller Sonne gedeihen, um die Nischendiversifizierung zu maximieren.
– Es bestehen Synergien zur umliegenden produzierenden Landwirtschaft (Bestäubungsleistungen von Kulturpflanzen).

In einem 39 ha grossen Solarpark mit 76'000 Panels am Rand eines Industrieparks in den Niederlanden wurden 54 Wildbienen- und Schwebfliegen-Arten beobachtet, darunter 5 Vertreter der Roten Liste. Auf besonnten Teilflächen fanden sich mehr Individuen. Die eingebrachten Saatgutmischungen hatten noch keinen signifikanten Einfluss auf die Bestäuber-Fauna, aber dies könnte sich gemäss Autoren im Verlaufe des Monitorings ändern, sofern sich mehr Blütenpflanzen etablieren. Es kamen mehr Bienen vor als in konventionellen Landwirtschaftsflächen, wobei eine hohe Sonneneinstrahlung mit genügend Raum zwischen den Panels, ein permanentes Blütenangebot und ein sachgerechter Unterhalt als entscheidend erachtet werden (Biesmeijer et al., 2020).

Semeraro et al. (2018), die das PV-Potenzial in Apulien (Italien) abschätzten, weisen darauf hin, dass bei geeigneter Ausgestaltung und Pflege die Ökosystemdienstleistungen durch Wiederbelebung der Bestäuber-Fauna gestärkt werden könnten («grüne Infrastruktur»).

In vier britischen Solarparks wurde der Einfluss verschiedener Managementpraktiken auf Hummeln untersucht. Die Vorstudie beruhte auf Quervergleichen von vier Solarparks mit unbebauten Kontrollflächen (Ackerland), die denselben Bewirtschaftungsregimen unterlagen wie die Solarparks vor deren Bau. Zwei Solarparks enthielten Wildblumeneinsaaten und wurden gemäht, die anderen beiden beweidet. Es ergaben sich signifikant höhere Abundanzen von Hummeln in Solaranlagen mit Wildblumenwiesen, nicht jedoch in beweideten Solaranlagen (kleine Stichprobengrösse und somit eher beschränkte Aussagekraft trotz statistischen Tests). Hummeln, die in den Solarparks beobachtet wurden, waren oftmals auf Nahrungssuche, diejenigen auf den Kontrollflächen eher auf der «Durchreise» (Parker & McQueen, 2013).

In USSE-Anlagen auf trockenem Grasland in den USA verdreifachte sich das Ressourcenangebot für Bestäuber-Insekten im Vergleich zur landwirtschaftlichen Nutzung vor dem Bau der Solaranlage (Walston et al., 2021).

Berechnungen zum Lebensraumverlust von Wildbienen in den USA (Bundesstaat Kansas) ergaben, dass Stadterweiterungen weit gravierender zu sein scheinen als die Errichtung von USSE-Anlagen (McCoshum & Geber, 2020).

Blaydes et al. (2021) liefern zehn evidenzbasierte Empfehlungen zur Förderung der Bestäuber-Fauna in Freiflächen-PVA mittels gezieltem Landmanagement, beispielsweise durch Verbesserung von Nahrungs- und Reproduktionsressourcen, Begünstigung der mikroklimatischen Vielfalt, Förderung der Lebensraumheterogenität und Vernetzung mit der umgebenden Landschaft.

Die Standorteignung von Freiflächen-PVA für Honigbienen wurde in einer spanischen Studie bewertet. Zwei grossen USSE-Anlagen (500 MW bzw. 50 MW) beherbergten 270 Bienenstöcke mit rund 13 Mio. Individuen. Daraus ergeben sich Vorteile bei der funktionellen Biodiversität (erhöhtes Potenzial für Bestäubungsleistungen), bei der Vermeidung von Agrochemikalien (dank Viehbeweidung) und auf ökonomischer Ebene durch den Anbau von aromatischen Kräutern zur Verbesserung der Honigqualität (Graham et al., 2021, Sánchez Molina, 2021).

Anlässlich des ersten Weltbienentags am 20. Mai 2018 wurden verschiedene Gründe genannt, weshalb Solarparks Honig- und Wildbienen zugutekommen könnten (https://www.ibc-solar.de/unternehmen/presse/presseartikel/news/detail/News/sechs-gruende-warum-solarparks-der-ideale-lebensraum-fuer-bienen-sind):

– Auf zuvor intensiv bewirtschafteten Flächen können sich Böden zum Teil schon nach kurzer Zeit erholen und die Wiederansiedlung von verschiedenen Tier- und Pflanzenarten ermöglichen.
– In Solarparks werden in der Regel keine Pestizide eingesetzt.
– Bienen, die sich im Solarpark ansiedeln, fliegen auch umliegende Flächen an und bestäuben Kulturpflanzen.

– In Solarparks besteht ein ausreichendes Futterangebot durch unterschiedliche Wildkräuter und Wildblumen
– Solarparks bieten sichere Standorte für Imker und ihre Völker.

Anlässlich des GEO-Tags der Natur vom 12./13. Juni 2021 fanden sich im Solarpark Rickelshausen in Baden-Württemberg 51 verschiedene Wildbienen-Arten, darunter eine stark gefährdete und drei gefährdete Arten (https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Bildergalerien/Geo-Tag_der_Natur/21-10-18_bne_GEO_Tag_der_Natur_-_Solarparks_Auswertung.pdf).

Tagfalter (= tagaktive Schmetterlinge)

Badelt et al. (2020) kommen zum Schluss, dass Freiflächen-PVA im Optimalfall eine ähnliche Tagfalter-Fauna wie extensiv bewirtschaftetes Grünland aufweisen können, wobei letzteres zu den artenreichsten Tagfalter-Habitaten überhaupt gehöre.

In 11 Solarparks im Süden Englands ergab sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Tagfaltern und dem botanischen Reichtum innerhalb eines Solarparks. Die Pflanzenvielfalt in den Solarparks wurde dabei zum Teil durch die Einsaat von Wildblumenmischungen gefördert. Die Kontrollflächen in der blütenärmeren Umgebung waren meistens signifikant ärmer an Tagfaltern. (Montag et al., 2016).

Erhebungen von Tagfaltern in britischen Solarparks durch Parker & McQueen (2013) erfolgten mit derselben Methodik wie die oben erwähnten Kartierungen von Hummeln. Auch die Resultate waren vergleichbar: Es fanden sich signifikant höhere Individuenzahlen von Tagfaltern in Solaranlagen mit Wildblumenwiesen im Vergleich zu den unbebauten Kontrollflächen (Ackerland). In beweideten Solaranlagen war der positive Effekt hingegen nicht so ausgeprägt.

Ein französischer Solarpark mit einer Fläche von 18 ha in einer ehemaligen Tongrube stellte für mobile Tagfalter kein Wanderhindernis dar, wie Kartierungen im Umfeld des Solarparks auf einer Fläche von 3 x 3 km belegten. Auf sesshafte Tagfalter in der Umgebung hatte der Solarpark keine Auswirkungen, da diese ihre Lebensräume kaum verliessen. Wegen fehlender Einwilligung des Betreibers durften innerhalb des Solarparks leider keine Vergleichserhebungen durchgeführt werden (Guiller et al., 2017).

In fünf deutschen Freiflächen-PVA im Bundesland Bayern mit Flächen zwischen 3 und 12.5 ha wurde die Artenvielfalt von Tagfaltern innerhalb der Solarparks mit derjenigen von Ackerkulturen bzw. intensiv genutztem Grünland verglichen. Dabei resultierte eine deutliche Aufwertung im Vergleich zur vorherigen Intensivnutzung mit Fortpflanzungsnachweisen einiger seltener und bedrohter Arten, z.B. Zahnflügel-Bläuling (*Polyommatus daphnis*), Kleiner Schlehen-Zipfelfalter (*Satyrium acaciae*), Lilagold-Feuerfalter (*Lycaena hippothoe*) und Wegerich-Scheckenfalter (*Melitaea cinxia*). Als besonders vorteilhaft erwiesen sich Hecken im Randbereich oder im näheren Umfeld mit Vorkommen von einheimischen «Schmetterlingsgehölzen», z.B. Schwarzdorn, Rote Heckenkirsche, Kreuzdorn und Faulbaum (Raab, 2015).

Eine Metastudie, basierend auf 75 deutschen Solarparks, fasst die Ergebnisse aus Montag et al. (2016) und Parker & McQueen (2013) zusammen und ergänzt sie mit den Ergebnissen aus Gutachten von drei Solarparks im Bundesland Brandenburg (Peschel et al., 2019). Dort wurden zwischen 2012 und 2016 insgesamt 44 Tagfalter-Arten nachgewiesen, was rund 40 % aller nachgewiesenen Arten des Bundeslands

Brandenburg entspricht, darunter etwa auch der in Deutschland stark gefährdete Violette Feuerfalter (*Lycaena alciphron*). Die Autoren beurteilen besonnte Streifen von mindestens 3 m Breite als besonders positiv. Auf diese Weise könne die Tagfalter-Diversität erheblich erhöht werden. Sie weisen aber auch auf den noch bestehenden Forschungsbedarf zu diesem Thema hin (Peschel et al., 2019).

4.2.6 Andere Wirbellosen-Gruppen inkl. Mikroorganismen

Terrestrische Wirbellose

Je nach Wirbellosen-Gruppe sind durch die Erstellung und den Betrieb von Freiflächen-PVA positive oder negative Effekte zu erwarten. Wirbellose dürften sogar noch stärker von der Nutzungsform abhängig sein als viele Wirbeltiere, vor allem von den Mahd- und Beweidungszeitpunkten (Fartmann, Jedicke, Streitberger, & Stuhldreher, 2021). Positive Auswirkungen auf Heuschrecken, Tagfalter, Spinnen und Laufkäfer sind dann zu erwarten, wenn die Fläche zuvor ackerbaulich genutzt wurde und dann in Kombination mit der Freiflächen-PVA neu als extensives Grünland bewirtschaftet wird (evtl. mit begleitender Einsaat, bestehend aus regionalem Blumenwiesen-Saatgut). Negative Effekte dürften sich primär dann ergeben, wenn eine Freiflächen-PVA auf zuvor bereits extensiv genutztem Grünland, wie etwa auf einem Magerrasen, erstellt wird, was zu einer Beeinträchtigung der bestehenden, vielfältigen Wirbellosen-Fauna führen kann (Demuth et al., 2019).

Bei der naturschutzfachlichen Bewertung von Solarparks weisen auch Herden et al. (2009) darauf hin, dass verallgemeinernde Aussagen zu den einzelnen Umweltwirkungen auf die Wirbellosen-Fauna nur eingeschränkt möglich und deshalb individuelle Beurteilungsverfahren notwendig seien. Sie sind jedoch der Ansicht, dass dank der teilweisen Beschattung durch die Solarpanels ein kleinräumiges Nebeneinander von verschiedensten Lebensräumen entstehen kann, welches dank unterschiedlichen Mikroklimata mehr Arten Platz bietet als uniforme Lebensräume. Herden et al. (2009) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass viele Heuschrecken die stärker besonnten Stellen zwischen den Panel-Reihen bevorzugen würden. So fand sich 2021 im bayerischen Solarpark Ohling die in Bayern als gefährdet eingestufte Blauflüglige Ödlandschrecke (*Sphingonotus caerulans*) (https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/Bildergalerien/Geo-Tag_der_Natur/21-10-18_bne_GEO_Tag_der_Natur_-_Solarparks_Auswertung.pdf).

Für Heuschrecken, auch bedrohte Arten, ergab sich durch den Betrieb von Solarparks eine Aufwertung im Vergleich zur vorherigen Acker- oder Intensiv-Grünlandnutzung. 18 verschiedene Arten konnten in 5 USSE-Anlagen in Deutschland (Fläche zwischen 3 und 12.5 ha) nachgewiesen werden, darunter Feldgrille (*Gryllus campestris*), Gestreifte Zartschrecke (*Leptophyes punctatissima*), Sumpfschrecke (*Stethophyma grossum*) und Heidegrashüpfer (*Stenobothrus lineatus*) (Raab, 2015).

In städtischen Gebieten können mit PV-Panels überdeckte Parkplätze die Artenvielfalt und Abundanz von Arthropoden fördern. In den USA zeigte sich in zwei kalifornischen Städten, dass die Anzahl der Arthropoden-Familien und deren Individuenzahlen auf begrünten «Solar Carports» besonders hoch waren (Armstrong, Ostle, & Whitaker, 2016).

Beleuchtete USSE-Anlagen können nachts Insekten anlocken, die dann um die Lichtquellen schwirren und an diesen verenden (Owens et al., 2020).

Bei einer fest installierten Solaranlage in Chile wurden mehr Veränderungen der Artenzusammensetzung von Arthropoden festgestellt als bei einer nachgeführten Anlage (Suuronen et al., 2017).

Da nur spärliche Informationen zur Wirbellosen-Fauna von Freiflächen-PVA vorliegen, sei an dieser Stelle eine israelische Studie zu PVA auf Flachdächern erwähnt. Hier wurde die Wirbellosenfauna von begrünten, nicht bewässerten Dächern mit und ohne PV-Panels verglichen und in Bezug zu nicht begrünten Dächern mit PV-Panels gesetzt. Interessenterweise unterschied sich die Abundanz der verschiedenen einbezogenen Wirbellosen-Gruppen (z.B. Käfer, Zweiflügler, Wespen, Ameisen, Schmetterlinge) nicht zwischen den drei Dachtypen. Die PV-Panels hatten auch keinen wesentlichen Einfluss auf den Artenreichtum insgesamt, zeigten aber v.a. im Sommer einen leicht negativen Effekt (Schindler et al., 2018).

Aquatische Wirbellose

PV-Panels können horizontal polarisiertes Licht so stark reflektieren, dass sie für bestimmte wassergebundene Gliederfüssler wie Wasserflächen erscheinen und sie zur Eiablage auf den Panels verleiten («ökologische Fallen») (Horváth et al., 2010). Bei bestimmten Einfallswinkeln reflektieren Panels das Licht fast vollständig (Polarisationsgrad d ≈ 100 %) und übertreffen die typischen Polarisationswerte für Wasser (d ≈ 30-70 %) deutlich (Horváth et al., 2010). Matte Antireflexionsbeschichtungen (ARB) können bei sachgerechter Anwendung diesen negativen Effekt auf einzelne Wasserinsektengruppen vermindern. Der Effekt von ARB erwies sich in einer ungarischen Untersuchung bei Bremsen als am deutlichsten, bei Zuckmücken als eher indifferent, bei Eintagsfliegen jedoch als negativ. Bei bedecktem Himmel gab es vermehrt Eiablagen auf den Panels, z.B. durch Eintagsfliegen. Die Autoren empfehlen generell, auf PVA in Gewässernähe zu verzichten (Száz et al., 2016). Auch Günnewig et al. (2007) äussern die Befürchtung, dass flugfähige Wasserinsekten durch PV-Module angelockt werden könnten.

PV-Panels mit weisser Rückseitenfolie waren 10 bis 26x weniger attraktiv für Wasserinsekten als Panels ohne weisse Streifen zwischen den Solarzellen (Horváth et al., 2010).

Dass glatte und glänzende Oberflächen in Wassernähe eine Attraktionswirkung auf polarotaktische Wasserinsekten und ihre Fressfeinde ausüben, bestätigte sich bei einer Untersuchung an Glasfassaden in Ungarn (Pereszlényi, Horváth, & Kriska, 2017).

Horváth et al. (2020) überprüften auf einem ungarischen Pferdehof, welchen Effekt schwarz glänzende PVA-Oberflächen auf Bremsen in Abhängigkeit des Lichteinfallswinkels ausüben. Die Gesamtzahl der Bremsen war am höchsten bei horizontaler Oberfläche, am tiefsten bei einem Neigungswinkel von 75 Grad, wobei die Verweildauer auf der schwarz glänzenden horizontalen Oberfläche mit steigenden Temperaturen abnahm. Dunkle PV-Panels erreichten in Ungarn Temperaturen von über 55 °C (Horváth et al., 2020).

Einen innovativen Ansatz wählten Fritz et al. (2020), indem sie den Einfluss von bioreplizierten PV-Beschichtungen (analog der Oberflächenmikrotextur von Rosenblättern) auf das Eiablageverhalten von Bremsen und Eintagsfliegen überprüften. Die bioreplizierten PV-Beschichtungen erwiesen sich für die untersuchten Arten als unattraktiv, was auf eine reduzierte polarisierte Lichtverschmutzung hindeutet.

Anhand von zwei marinen Kleinkrebs-Arten und einer Seeigel-Art wurde die Toxizität von PV-Panels der älteren Generation ermittelt. Dazu wurden die 21-jährigen, monokristallinen PV-Panels mechanisch in Kleinststücke zerlegt. Die Freisetzung an Elektrolyten (Natrium, Calcium und Magnesium) ergab eine Konzentration unterhalb des akzeptierten maximalen Schadstoffgehalts, die Nickel-Freisetzung war in einer potenziell toxischen Konzentration. Dies führte zu einer höheren Mortalität bei der Kleinkrebs-Art *Daphnia magna* sowie zu Entwicklungsstörungen beim Salinenkrebs (*Artemia salina*) und bei der Seeigel-Art *Paracentrotus lividus* (Motta et al., 2016).

Mikroorganismen

Tanner et al. (2020) untersuchten mikrobielle Bakterien und Pilze auf PV-Panels. Sie beobachteten im Jahresverlauf eine tendenzielle Zunahme von spezialisierten Vertretern. Die unspezialisierten, generalistischen Taxa nahmen hingegen im Jahresverlauf ab.

Bei der Evaluation der Toxizität von organisch-anorganischen Perowskit-Solarzellen auf Mikroorganismen zeigten verschiedene Arten vergleichbare Reaktionen (Wang et al., 2020). Die Bakterien-Art *Vibrio fischeri* wird als besonders geeigneter Indikator bezeichnet, da sie im Vergleich zu den anderen getesteten Organismen eine höhere Sensitivität, geringe Kosten und einen relativ hohen Durchsatz aufweisen soll.

4.3 Auswirkungen auf die Vegetation

Das Konfliktpotenzial zwischen Pflanzenvielfalt und Freiflächen-PVA hängt massgeblich von der Wertigkeit der in Anspruch genommenen Flächen ab. Bei bestehender artenreicher Flora, so wie sie etwa in vielen Magerwiesen (z.B. blütenreiche Glatthaferwiesen, Halbtrockenrasen) und -weiden vorkommt, ergeben sich vor allem Konflikte durch direkten Flächenverlust während der Bautätigkeit, durch Veränderung der Bodenstruktur, durch Beschattung heliophiler Arten sowie durch die Überschirmung von Flächen, was wiederum zu veränderten Niederschlagsmengen unter den Modulen führt (vgl. Kap. 4.4.1) (Demuth et al., 2019). Andererseits sind durch Umwandlung von zuvor intensiv genutzten Ackerflächen in extensiv genutztes Grünland deutliche Lebensraumaufwertungen für die Flora innerhalb von Freiflächen-PVA möglich (Herden et al., 2009).

Die Beschattung durch PV-Panels beeinflusst die Vegetation vor allem hinsichtlich Wuchshöhe, Blühhäufigkeit und Deckungsgrad der vorhandenen Pflanzen, wobei ab einem Bodenabstand von mehr als 0.8 m genügend Streulicht für die pflanzliche Primärproduktion auf dem Boden ankommen soll (Kitt, 2020).

Artspezifische Vegetationskartierungen von Solarparks liegen nur spärlich vor. In fünf deutschen Freiflächen-PVA (Bundesland Bayern) mit Flächen zwischen 3-12.5 ha wurde die Artenvielfalt und -veränderung der Flora im Vergleich zur vorherigen Acker- oder Intensiv-Grünlandnutzung ermittelt. Die Artenvielfalt war dabei sehr unterschiedlich auf die Probeflächen verteilt. Insgesamt beurteilten die Autoren die Wertigkeit der zwischen 2001 und 2010 erstellten Solarparks aus floristischer Sicht als noch relativ gering, obschon immerhin 231 Pflanzenarten nachgewiesen werden konnten, davon 10 Arten der Roten Liste Bayerns. Die Arten der Roten Liste waren oft nur randlich vorzufinden, was auf eine allmähliche Einwanderung hindeutet. Eine hohe Vielfalt ergab sich z.B. durch Steinschüttungen mit Pioniervegetation (Raab, 2015).

In 11 Solarparks im Süden Grossbritanniens wurde der Einfluss von Managementpraktiken auf die Vegetation bewertet. Solarparks wurden mit unbebauten Kontrollflächen verglichen, welche demselben Bewirtschaftungsregime unterlagen wie die Solarparks vor deren Bau. Die Solarparks wiesen eine signifikant höhere Artenvielfalt auf als die Kontrollflächen, v.a. zurückzuführen auf die Einsaat von Wildblumen und den (höchstens) limitierten Herbizideinsatz. Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen der Pflanzenvielfalt unter den PV-Panels und zwischen den Reihen festgestellt, die Artenzusammensetzung war jedoch verschieden (Montag et al., 2016).

In einer 2.8 ha grossen USSE-Anlage in den USA ermittelten Beatty, Macknick, McCall, Braus, & Buckner (2017) die Vegetationszusammensetzung unter Einbezug verschiedener Saatgutmischungen und Beschattungseffekte. Die Vegetationsdecke wurde während des Baus vollständig entfernt und dann wiederbegrünt. Dabei zeigte sich, dass niedrig wachsende Gräser (mit oder ohne schattentolerante Arten) und Leguminosen innerhalb von drei Jahren eine umfangreiche neue Pflanzendecke bilden können. Die Bedingungen für das Pflanzenwachstum seien dank des Nachführmechanismus der Süd-Nord ausgerichteten Panels vermutlich besser als bei fixen USSE-Anlagen ohne Nachführmechanismus, die in Ost-West-Richtung verlaufen.

In einem tschechischen Forschungsprojekt wurden in einer 3.7 ha grossen Solaranlage die Pflanzengesellschaften zwischen und unter PV-Panels aufgenommen. Es handelte sich um eine Ruderalfläche, die mit einer Grasmischung angesät wurde. Die Bedingungen für artenreiche Pflanzengemeinschaften werden als günstig taxiert, falls eine regelmässige Mahd stattfinde. Niedrig wachsende Pflanzen würden einen guten Erosionsschutz bieten. Zwischen den PV-Panels seien mehrjährige Gräser und Kräuter empfehlenswert, unter den PV-Panels v.a. mehrjährige Kräuter (Uldrijan, Kováčiková, Jakimiuk, Vaverková, & Winkler, 2021).

Am Rande eines 39 ha grossen Solarparks in den Niederlanden zeigten sich zwischen Ende April und Anfang August 2019 103 blühende Pflanzen-Arten. Der Erfolg von fünf verschiedenen Ansaat-Mischungen auf den Blütenreichtum soll in einem weiterführenden Monitoring genauer untersucht werden, da die Etablierung Zeit benötige (Biesmeijer et al., 2020).

Die Umzäunung von Freiflächen-PVA könnte wegen geringeren Störungen einen positiven Effekt auf die Vegetationsentwicklung ausüben. Diese Aussage stützt sich aber nur auf eine persönliche, nicht wissenschaftlich erhärtete Einschätzung durch Bruce (2019) aus einer umzäunten USSE-Anlage in den USA.

In einer spanischen Freiflächen-PVA ermittelten Pérez-de-los-Reyes et al. (2013) das Wachstum von bodendeckenden Pflanzen unter PV-Panels. Nur zwei von acht Arten, die unter den PV-Panels gepflanzt wurden, hatten einen Überlebensprozentsatz von über 50 %, nämlich die Montpellier-Zistrose *(Cistus monspeliensis*) mit 62.5 % und die Schmalblättrige Steinlinde *(Phillyrea angustifolia)* mit 97.9 %.

Dhar et al. (2020) weisen in ihrer Metastudie darauf hin, dass Solarparks durch anthropogene Veränderungen und Störungen evtl. anfälliger für das Aufkommen exotischer Arten, z.B. unerwünschter Neophyten, sein könnten. Die Erholung der Vegetation könne länger dauern als in naturnahen Ökosystemen.

Diese Ansicht wird durch Moore-O'Leary et al. (2017) gestützt. Sie weisen zudem darauf hin, dass standortgebundene Arten «stabiler» Lebensräume, die vor dem Bau einer USSE-Anlage vorhanden waren, evtl. das Nachsehen haben, besonders dann, wenn Umsiedlungsbemühungen fruchtlos bleiben.

Der Einfluss von Beschattung und Substratmächtigkeit auf die Pflanzenvielfalt begrünter Dächer wurde in den Niederlanden untersucht (van der Kolk, van den Berg, Korthals, & Bezemer, 2020). Eine grössere Substratmächtigkeit und eine stärkere Beschattung erhöhten additiv die floristische Vielfalt. Die erwünschte Beschattung könnte durch eine Überdeckung mit PV-Panels erzielt werden. Ein Vegetationsvergleich zwischen begrünten Dächern mit und ohne PV-Panels in Israel ergab keinen eindeutigen Effekt auf die Pflanzenarten-Vielfalt insgesamt, jedoch wurden verlängerte Blühzeiten bei einjährigen Pflanzen und ein stärkeres Wachstum von Mauerpfeffer *(Sedum)* auf Dächern mit PV-Panels festgestellt (Schindler et al., 2018). Die Schlussfolgerungen der Autoren beziehen sich auf Flachdächer, liefern aber auch Hinweise auf die Ausgestaltung von Freiflächen-PVA zugunsten einer möglichst hohen floristischen Vielfalt, was auch Bestäuber-Insekten zugutekommen dürfte (vgl. Kap. 4.2.5).

4.4 Auswirkungen auf abiotische Umweltfaktoren

4.4.1 Bodeneigenschaften und -funktionen

Mikroklimatische Einflüsse auf den Boden sind für Solaranlagen weit weniger gut dokumentiert als für Windkraftwerke (Agha et al., 2020). Die Autoren erwähnen, dass Anlagen für erneuerbare Energien allgemein das Potenzial haben, den Kohlenstoffkreislauf zwischen Pflanzen und Boden durch Veränderungen des Mikroklimas in Bodennähe zu verändern.

Mit Bezug auf Deutschland stellen Badelt et al. (2020) fest, dass bisher kaum Informationen vorliegen, wie sich Freiflächen-PVA auf das Sickerverhalten, den Bodenwasserhaushalt und damit die Grundwasserneubildung auswirken. In ihrer Dissertation gelangte Makaronidou (2020) ebenfalls zur Schlussfolgerung, dass die Auswirkungen von Solarparks auf das lokale Klima und die Ökosystemfunktionen generell nur unzureichend geklärt seien. Ihre eigenen Messungen auf einer britischen Freiflächen-PVA während der Vegetationsperiode ergaben auf Grasland kühlere Bodentemperaturen und eine höhere Bodenfeuchtigkeit unter den Panels im Vergleich zu den Lücken zwischen den Panelreihen. Ein solcher «Cooling-Effekt» der Substratoberfläche direkt unter den PV-Panels wurde auch durch Schindler et al. (2018) festgestellt.

In 30 USSE-Anlagen mit einer Leistung von mindestens je 1 MW wurden die potenziellen Ökosystemleistungen untersucht. Im Vergleich zur landwirtschaftlichen Nutzung vor dem Bau der Solaranlagen führte die Wiederherstellung der natürlicher Grünlandvegetation innerhalb der Anlagen zu einer Steigerung des Kohlenstoffspeicherpotenzials um 65 %. Die Zunahme des Sediment- und Wasserrückhaltevermögens betrug über 95 % bzw. 19 % (Walston et al., 2021).

In einem Forschungsprojekt auf nicht bewässerten Schafweiden mit Wasserstress in den USA wiesen Böden direkt unterhalb der PV-Panels höhere Feuchtigkeitswerte auf und waren signifikant wassersparender (328 % effizienter) als vergleichbar beweidete Referenzböden ausserhalb der Solaranlage (Elnaz Hassan-

pour Adeh, Selker, & Higgins, 2018). Eine ausgeprägtere Heterogenität der Substratfeuchte bei Vorhandensein von PV-Panels erwähnen auch Schindler et al. (2018), jedoch war bei ihnen keine höhere durchschnittliche Substratfeuchte zu verzeichnen.

Schatten unter den PV-Panels kann die Albedo der Umgebung erhöhen, was lokale Temperatur- und Niederschlagsmuster durch Modifizierung der Windgeschwindigkeit und Evapotranspiration verändern kann. Das Ausmass hängt von lokalen Bedingungen und der Grösse der Solaranlage ab (Dhar et al., 2020). Badelt et al. (2020) weisen auf eine höhere Evapotranspiration in den feuchteren Randbereichen der Module und auf eine verminderte Evapotranspiration unter den Modulen hin. Da die Randbereiche der PV-Module stärkeren Regeneinflüssen unterliegen (Abtropfbereich), könne es dort bei Starkniederschlägen zu Bodenerosion kommen. In den tieferen Bodenschichten gleiche sich die Wasserverteilung allmählich wieder an, wobei grössere Modulabstände zum Boden einer unregelmässigen Verteilung der Niederschläge entgegenwirken und zu mehr pflanzenverfügbarem Wasser unter den Modulen führen würden (Badelt et al., 2020; Elamri, Cheviron, Lopez, Dejean, & Belaud, 2018).

Während Solarmodule gemäss Cook Lauren M. & McCuen Richard H. (2013) selbst keinen signifikanten Einfluss auf Wasser-Abflussmengen oder auf Spitzenwerte haben, kann sich der Spitzenabfluss bei verdichteten Böden unter und zwischen den PV-Panels erhöhen. Deshalb seien sachgemäss gepflegte Grünflächen in Solarparks von zentraler Bedeutung.

In einer USSE-Anlage in den USA erfolgte während des Baus ein Abtrag der Vegetationsdecke mit anschliessender Wiederbegrünung. Sieben Jahre nach der Begrünung waren die Kohlenstoff- und Stickstoff-Konzentrationen in den Böden tiefer als in den Referenzböden ausserhalb der Anlage. Die PV-Module förderten die Heterogenität in der Verteilung der Bodenfeuchtigkeit, da sich der Niederschlag entlang der unteren PV-Modulränder ansammelte. Die Modulanordnung könnte in Verbindung mit Bepflanzungsstrategien dazu genutzt werden, das Pflanzenwachstum zu maximieren oder die Bodenerosion zu minimieren (Choi et al., 2020).

In einem neu entwickelten, innovativen Umsetzungsbeispiel beschreiben George, Kanavas, & Zissopoulos (2013), wie Regenwasser an der Unterkante von PV-Panels gesammelt und in einem Tank gespeichert werden kann. Mit diesem Wasser kann man anschliessend Böden für die landwirtschaftliche Produktion bewässern, Wasser vor Ort sammeln oder für andere Zwecke ableiten. Es ist aber auch möglich, die PV-Panels mit dem gesammelten Wasser zu kühlen oder damit die Panel-Oberflächen zu reinigen.

Beim Bau von Kabelgräben kommt es zu Bodenumlagerungen und gegebenenfalls Bodenvermischungen, was unter Umständen eine Zerstörung der vorhandenen Bodenstruktur bedeuten kann (Günnewig et al., 2007).

4.4.2 Kontamination von Böden und Wasser

Die Gefahr einer Bodenkontamination durch PVA mit Blei oder Cadmium wird bei intakten Solarmodulen als sehr gering eingestuft. Sind Halbleiterschicht, Kontakte oder Lötstellen aufgrund von Beschädigungen durch Hagel oder Brand der Witterung ausgesetzt, ist jedoch eine Auslaugung von Blei oder Cadmium

denkbar. Deshalb müssen defekte Modulteile im Sinne des präventiven Bodenschutzes aus der Anlage entfernt werden (AL-agele, Proctor, Murthy, & Higgins, 2021).

Eine Kontamination mit Schadstoffen aus verzinkten Modulhalterungen und -tragkonstruktionen ist gemäss Badelt et al., (2020) zwar denkbar, aber es gebe dazu bisher keine Literaturhinweise. Falls die Stahlkonstruktion bis in den Grundwasser-Schwankungsbereich reichen würde, sei jedoch eine Beeinflussung des Grundwassers möglich. Trotzdem stufen Badelt et al. (2020) die betriebsbedingten Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf den Boden und den Wasserhaushalt im Allgemeinen als unerheblich ein.

Böden in der Nähe chinesischer Freiflächen-PVA zeigten erhöhte Fluorid- und Chlorid-Belastungen (Wu et al., 2016). Trotzdem stellten die Autoren vielfältige Mikroorganismen-Gemeinschaften fest und vermuten, dass diese wahrscheinlich gegen hohe Fluorid- und Chlorid-Konzentrationen resistent seien.

Tammaro et al. (2016) eruierten die potenzielle Umweltgefährdung durch PV-Panels, die in den letzten 30 Jahren in Italien eingesetzt wurden. Freisetzbare Mengen einiger gefährlicher Metalle (Blei, Chrom, Cadmium, Nickel) zeigten z.T. eine Überschreitung der gesetzlichen italienischen und europäischen Grenzwerte für Boden und Wasser.

Bei der ökologisch-energetischen Bilanzierung einer polnischen PVA werden Silber, Nickel, Kupfer, PA6, Blei und Cadmium als besonders problematisch für Gesundheit und Umwelt bezeichnet (Piasecka, Bałdowska-Witos, Piotrowska, & Tomporowski, 2020).

Versuche zu den Auswirkungen von freigesetzten Schwermetallen aus Perowskit-Solarzellen auf den Zebrafisch (*Danio rerio*) zeigten einen unerwarteten Vergiftungsweg in Form von Versauerung. Auf Zinn basierte Perowskite sind demnach vermutlich nicht das ideale Blei-Surrogat (Babayigit et al., 2016).

In der Schweiz sind jedoch kaum Solarmodule mit Cadmium und Nickel auf dem Markt und Module auf Siliziumbasis enthalten kein Cadmium und Nickel. Perowskit-Module kommen bisher nicht serienmässig zum Einsatz (Auskunft David Stickelberger, *Swissolar*, vom 11.10.2021 und Jürg Rohrer, ZHAW, vom 21.10.2021).

4.4.3 Lufttemperatur und -feuchtigkeit

Makaronidou (2020) ermittelte in einer britischen Freiflächen-PVA kühlere Lufttemperaturen unter den Panels während der Vegetationsperiode im Vergleich zu Messungen zwischen den Panelreihen.

In einem rund 12 ha umfassenden Solarpark in Grossbritannien erfolgten Messungen der Lufttemperatur und -feuchtigkeit unter PV-Panels. Im Sommer ergab sich eine Abkühlung von bis zu 5.2 °C und eine stärkere Austrocknung unter den Panels im Vergleich zu den Lücken- und Kontrollflächen. Die Lücken zwischen den Panels waren im Winter um bis zu 1.7 °C kühler als die Flächen direkt unter den Panels bzw. als die Kontrollflächen ausserhalb der Anlage (Armstrong et al., 2016).

In einer kleinflächigen Agro-Photovoltaik-Anlage von 0.3 ha in Deutschland waren bezüglich Lufttemperatur und -feuchtigkeit keine relevanten Unterschiede zur externen Referenzfläche feststellbar. Dies könnte

damit zusammenhängen, dass die Solarmodule, wie bei APV-Anlagen üblich (vgl. Kap. 4.5), ca. 6 m oberhalb der Bodenoberfläche montiert waren und dadurch eine bessere Durchlüftung unter den Panels gewährleisteten (Weselek, Ehmann, ZIkeli, Lewandowski, & Högy, 2019).

Die Temperaturen über USSE-Anlagen waren in einem semiariden Gebiet in den USA nachts regelmässig 3-4 °C höher als in der freien Natur (Barron-Gafford et al., 2016). Ein vergleichbarer Wärmeinsel-Effekt ergab sich auch bei Messungen in Deutschland, mit Nachttemperaturen von "einigen Grad" über der Umgebungstemperatur. Dies könnte Frostschäden vorbeugen, andererseits aber aus naturschutzfachlicher Sicht auch einen Konflikt mit sich bringen, falls die Anlagen auf Flächen errichtet werden, auf denen aktuell Kaltluft mit klimatischer Ausgleichsfunktion produziert wird (Günnewig et al., 2007).

4.5 Agro-Photovoltaik (APV)

4.5.1 Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion

Allgemeine Bewertung

APV wird von verschiedenen Autoren als geeignete und zukunftsträchtige Ergänzung zur konventionell produzierenden Landwirtschaft betrachtet (u.a. AL-agele et al., 2021; Barron-Gafford et al., 2019; ISE, 2020; Maia et al., 2020; Marrou et al., 2013; Photovoltaic Austria, 2020; Rösch, 2016; Weselek et al., 2019). Durch kombinierte Energie- und Pflanzenproduktion kann APV die Produktivität einer Landwirtschaftsfläche um bis zu 70 % steigern (Weselek et al., 2019). Die Harmonisierung von Energieerzeugung, Landwirtschaft und verbesserten Ökosystemleistungen ist essenziell (Semeraro et al., 2018) und das Potenzial scheint unerschöpflich: global betrachtet könnte der gesamte Energiebedarf der Menschheit mit APV auf knapp 1 % der Ackerfläche gedeckt werden (Elnaz Hassanpour Adeh et al., 2018). Miskin et al. (2019) erachten das globale Potenzial der APV als ausreichend für die Energieversorgung von mehr als 10 Milliarden Menschen.

In einem Review zum Stand der Technik, den mikroklimatische Veränderungen und den Auswirkungen von APV-Anlagen auf die landwirtschaftliche Produktion kommen Weselek, Ehmann, Zikeli, et al. (2019) zusammenfassend zu folgenden Schlussfolgerungen: Der Anbau von Nutzpflanzen unter APV-Anlagen kann zu sinkenden Ernteerträgen führen, da die Sonneneinstrahlung unter den Panels um etwa ein Drittel reduziert sein dürfte. Demgegenüber seien potenzielle Vorteile für die Pflanzenproduktion dank zusätzlicher Beschattung und beobachteter Verbesserungen der Wasserproduktivität zu beobachten (Abfederung Klimawandel). Barron-Gafford et al. (2019) weisen in einem integrativen Ansatz auf mehrere additive und synergetische Vorteile der Beschattung hin, einschliesslich reduziertem Trocken- und Hitzestress der Pflanzen sowie verbesserter Nahrungsmittelproduktion.

Ackerland zeigte in den USA mit einem Median von ca. 28 W pro m^2 das grösstes Solarpotenzial unter den Landwirtschaftsflächen (Elnaz H. Adeh, Good, Calaf, & Higgins, 2019).

Da Solarpanels meistens in 3-6 m Höhe errichtet werden, bleibt die Fläche darunter, mit Ausnahme der Stützen, weiterhin für die landwirtschaftliche Nutzung verfügbar. Betriebe können auf zwei Etagen ernten

und dank dieser Doppelnutzung ein Zusatzeinkommen als «Energiewirte» generieren. Landwirte können aber auch «Energieflächen» verpachten oder Energiegemeinschaften mit anderen Betrieben eingehen (Photovoltaic Austria, 2020). Die APV-Unterkonstruktion könnte gleichzeitig auch für Schutznetze oder -folien verwendet werden (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2020).

Wenn der Abstand der Stützen so gewählt wird, dass er einem Vielfachen der Breite einer gängigen Landmaschine entspricht, bleiben mehr als 95 % der Fläche weiterhin landwirtschaftlich nutzbar und mit Traktoren befahrbar (Photovoltaic Austria, 2020). Da die Stützen in Reihenform angelegt sind, ergibt sich jedoch in Kombination mit dem Ackerbau trotzdem der Nachteil, dass ein rund 0.5 - 1 m breiter Saum entsteht, der nicht bewirtschaftet werden kann (Badelt et al., 2020).

Das österreichische PV-Unternehmen *Eco-Tec* kooperiert mit dem Start-up *Meine Blumenwiese*, um Standorte von Freiflächen-PVA ökologisch aufzuwerten. Dabei werden schon in der Projektierungsphase Blumenwiesen mit einheimischen Wildpflanzen angelegt, die dann Insekten und vielen anderen Wildtieren einen neuen Lebensraum bieten (https://www.pv-magazine.de/2020/08/28/photovoltaik-kraftwerke-ermoeglichen-artenreichen-lebensraum).

Auswirkungen auf die pflanzliche Produktion

Modellberechnungen aus Frankreich ergaben im Optimalfall eine Steigerung der Produktivität in APV-Anlagen um bis zu 60-70 % (Dupraz et al., 2011).

Ein Feldexperiment in Süddeutschland ermittelte die Unterschiede zwischen APV und Referenzflächen ohne APV bei den Kultursorten Knollensellerie, Winterweizen, Kartoffeln und Kleegras. Dabei ergaben sich folgende Resultate (Weselek et al., 2021):

– Die photosynthetisch aktive Strahlung war unter APV um ca. 30 % verringert.
– Während des Sommers waren die Bodentemperaturen unter APV tiefer.
– Die Bodenfeuchte und Lufttemperatur unter APV waren generell tiefer.
– Erträge im Vergleich zu Referenzstandort: -19 bis +3 % für Winterweizen, -20 bis +11 % für Kartoffeln und -8 bis -5 % für Grasklee.
– Im heissen, trockenen Sommer 2018 konnten die Erträge von Winterweizen und Kartoffeln durch APV um 2.7 % bzw. 11 % gesteigert werden.

Bei der pflanzlichen Produktion verringert die Beschattung v.a. bei schnell bodendeckenden Kulturen die Bodenverdunstung, steigert die Biomasse und dadurch auch den landwirtschaftlichen Ertrag. Wenn das verfügbare Licht unter einer APV-Anlage noch 50-70 % der vollen Sonneneinstrahlung beträgt, wird die Evatranspiration von Kulturpflanzen um 10-30 % reduziert (Marrou et al., 2013), was gerade im Kontext mit dem Klimawandel zunehmend von Vorteil für die landwirtschaftliche Produktion sein dürfte. Auch Dupraz et al. (2011) erwähnen einen möglichen Schutz vor den Auswirkungen des Klimawandels durch APV, z.B. vor Hagel und Überhitzung.

In ihrem kurzen Review über die Auswirkungen der APV-Beschattung auf Nutzpflanzen kommen Touil et al. (2021) zum Schluss, dass die Beschattungsintensität von zentraler Bedeutung für die Produktion ist.

Während bei einem APV-Deckungsgrad von weniger als 25 % kein hemmender Einfluss auf das Pflanzenwachstum festzustellen war, ergab sich ein negativer Effekt bei Deckungsgraden von 50-100 %, ausser bei ausgewählten Kulturen wie Erdbeeren und Spinat.

Auf einer deutschen APV-Anlage, die mit Solarpanels auf ca. 6 m Höhe über Winterweizen und Kleegras bestückt war (30 % Deckung durch Panels), untersuchten Weselek et al. (2019) in einem einjährigen Versuch die Ertragsveränderungen. Beim Kleegras resultierten nur geringe Ertragseinbussen bei der Gesamttrockenmasse von 5.3 %, beim Winterweizen betrug der Rückgang 18.7 %. Der volumetrische Wassergehalt des Bodens auf der mit PV-Panels bestückten Fläche war im Vergleich zur Referenzfläche beim Weizen leicht erhöht (4.1 %) und beim Kleegras reduziert (-6.4 %). Die Bodentemperatur auf der Referenzfläche war geringfügig höher (6.1 % bzw. 8.9 %).

Auf einer französischen APV-Anlage, welche auf 4 m Höhe erstellt wurde und vier Salatsorten überdeckte, wurden in einem zweijährigen Versuch die Auswirkungen der unterschiedlichen Beschattungsintensität auf den Ernteertrag überprüft (50 % bzw. 70 % der einfallenden Strahlung). Dabei ergab sich bei einer geringeren Sonneneinstrahlung von 50 % ein Salatertrag, der gleich oder höher ausfiel als gemäss Berechnung zu erwarten gewesen wäre. Die Autoren postulieren, dass der Salatertrag dank einer verbesserten *Radiation Interception Efficiency* im Schatten aufrecht erhalten werden kann, da Salat im Schatten grössere Blätter bildet (Marrou et al., 2013).

Die bisherigen Untersuchungen lassen tendenziell den Schluss zu, das schattenliebende Kulturen wie etwa Salat von der Beschattung durch APV profitieren, der Ertrag von lichtliebenden Pflanzenarten wie etwa Weizen hingegen eher sinkt (Rösch, 2016). Photovoltaic Austria (2020) bezeichnet Kartoffeln, Hopfen, Spinat, Salat, Ackerbohnen und Leguminosen als landwirtschaftliche Kulturen, die von der APV profitieren könnten. Vergleichbare Erträge sollen bei Roggen, Gerste, Raps, Erbsen, Spargel, Karotte, Kohl, Rettich und Tabak resultieren. Einen eher negativen Effekt soll sich bei Weizen, Dinkel, Mais, Speisekürbis, Wein, Obstkulturen, Sonnenblumen, Erdbeeren, Kohl und Hirse ergeben. BenGhida & BenGhida (2019) nennen in diesem Zusammenhang Kartoffeln, Spinat, Salate und Bohnen als schattentolerante, «APV-fähige» Kulturpflanzen.

Dass andererseits auch traditionell als schattenintolerant geltende Kulturpflanzen in sonnigeren Zwischenräumen von APV-Anlagen gut gedeihen können, zeigen Messungen an Tomatenpflanzen mit zwei verschiedenen Bewässerungsbehandlungen (voll und defizitär) in den USA (Solarpanels in 3 m Höhe). Die Produktivität zwischen den Panelreihen war bei Wasserdefizit höher als in den Kontrollflächen ohne PV-Panels (AL-agele et al., 2021). Vergleichbare Schlussfolgerungen lassen sich auch aus einem Experiment in einer deutschen APV-Anlage ziehen, in welchem Kartoffeln, Knollensellerie, Kleegras und Winterweizen angebaut wurden (Solarpanels in 5.5 – 8 m Höhe) (Trommsdorff et al., 2021). Die Flächenproduktivität war 2017 unter den APV-Panels um 56-70 % höher als auf der Referenzfläche, im trockenen Hitzesommer 2018 sogar um 90%. APV kann demnach die Widerstandsfähigkeit von landwirtschaftlichen Systemen gegen zukünftige Trockenperioden erhöhen. In einer kleinen APV-Anlage in Frankreich (0.17 ha) verringerte sich der Wasserverbrauch der darunter angebauten Salate um ca. 20 % bei einer Verzögerung von 3 - 7 Tagen in der Pflanzenreife (Elamri et al., 2018). Das Potenzial von APV scheint denn auch am

höchsten in ariden und semiariden Klimaregionen mit begrenzten Wasserressourcen und hoher Sonneneinstrahlung (Trommsdorff et al., 2021).

Auf einer niederländischen Himbeerfarm wurden speziell angefertigte, semitransparente kristalline Module verwendet, die etwa 25 % des Sonnenlichts durchlassen. Zwar waren die Himbeer-Erträge unter den semitransparenten Modulen (Gesamtleistung 150 KW) um ca. 20 % geringer als unter den Folientunneln, jedoch konnten sie vor Sonnenbrand bewahrt werden. Die Erntearbeiten waren zudem berechenbarer und konnten kontinuierlicher durchgeführt werden, weil die Durchschnittstemperatur unter den Modulreihen rund 5 °C tiefer war. Mit diesem Verfahren könnten Erntespitzen mit schlechten Preisen vermieden werden, und den Pflückerinnen und Pflückern bieten die tieferen Temperaturen angenehmere Arbeitsbedingungen, so dass auch über die heissen Mittagsstunden gearbeitet werden kann. Ein weiterer Vorteil bestehe darin, dass die Modulaufständerung 30 Jahre lang halte, Folientunnel jedoch alle sechs Jahre ausgewechselt werden müssten (https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/himbeeren-unter-solarmodulen-statt-unter-folientunneln).

In einer aktuellen ZHAW-Bachelorarbeit ging Horica (2021) der Frage nach, wie APV im Rebbau eingesetzt werden könnte. Seine Messungen in einer kleinen Versuchsanlage in Walenstadt (50 Panels auf 64 m^2) ergaben tiefere Durchschnittstemperaturen und eine höhere mittlere relative Luftfeuchtigkeit unter den PV-Modulen. Die Temperaturschwankungen in der freistehenden Kontrollfläche waren höher, hingegen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in einer Frostnacht. Es ergaben sich keine relevanten negativen Auswirkungen auf den Ernteertrag oder auf die Weinqualität, der Zuckergehalt auf der Kontrollfläche war jedoch um 11 % höher als jener der APV-Versuchsfläche. Der Verlust des Zuckergehaltes und die dadurch resultierende Entwicklungsverzögerung kann jedoch gemäss Horica (2021) durch eine spätere Ernte kompensiert werden. Aufgrund der kleinflächigen singulären Versuchsanlage sind die Resultate aber mit Vorsicht zu interpretieren.

Im Weinbau bietet APV den Vorteil, dass der Alkoholgehalt gesteuert und Sonnenbrand bei den Trauben vermieden werden kann. Winzer in Deutschland sind zunehmend mit dem Problem konfrontiert, dass sich die Weinernte aufgrund des Klimawandels um drei bis vier Wochen verfrüht und die Weine einen zu hohen Zucker- und Alkoholgehalt haben, ihnen jedoch die Säure und innere Reife fehlt (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2020). Im Obstbau und bei Beerenkulturen kann APV vor Hagelschäden schützen, was bei Kosten von rund 22'000 Euro pro ha für Hagelschutznetze wirtschaftlich bedeutend ist (https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/himbeeren-unter-solarmodulen-statt-unter-folientunneln).

Auswirkungen auf die Nutztierhaltung

Dank der Beschattung können APV-Anlagen, die in Milchvieh-Weidesysteme integriert werden, den Hitzestress bei Kühen lindern und die Effizienz der Landnutzung verbessern (Sharpe, Heins, Buchanan, & Reese, 2021).

Solar grazing (APV mit Beweidung) gewinnt in Teilen der USA zunehmend an Popularität. Es führt zu einem Zusatzeinkommen für Landwirte und mindert den Verbrauch fossiler Brennstoffe durch Mähmaschinen. *Solar grazing* wird zudem als probate Nutzungsform für die Insektenförderung erachtet, besonders wenn auf den Grünflächen Blumenwiesen-Saatgut ausgebracht wird (https://www.pressherald.com/2021/07/04/at-solar-farms-sheep-come-back-for-mower).

Beobachtungen aus den USA zeigen, dass Kühe und Kälber die schattigen Bereiche unter den APV-Panels regelmässig nutzen (https://www.dairybusiness.com/solar-panels-double-as-summer-cow-shades).

Die geringe Wärmestrahlung unter PV-Panels, ca. minus 40 W pro m^2 im Vergleich zu Textiltüchern, führte in Brasilien dazu, dass Schafe und Lämmer weniger als 1 % ihrer Zeit unter dem Schatten von Textiltüchern verbrachten, verglichen mit 38 % unter dem Schatten von PV-Panels (Maia et al., 2020). Die Beweidung mit Schafen ist viel effizienter als die zeitaufwändige Mahd, da viel Handarbeit zum Ausmähen rund um die Stützen entfällt (https://amp.abc.net.au/article/100254256).

Falls die Grünflächen unter den APV-Panels beweidet werden, wird eine Umtriebsweide im Wechsel mit Mahd als bestmöglicher Kompromiss hinsichtlich naturschutzfachlicher Belange betrachtet (Schalow, 2013).

4.5.2 Gesellschaftliche Akzeptanz

In der weltweit ersten Studie zur Akzeptanz von APV in der breiten Bevölkerung wurden in Deutschland mehr als 2'000 Personen zwischen 18 und 80 Jahren befragt (Ketzer, Weinberger, Rösch, & Seitz, 2020). Insgesamt zeigte sich eine positive Grundhaltung gegenüber der APV, die Akzeptanz sank jedoch, wenn ausserhalb des Kulturlands noch freie Flächen vorhanden waren, z.B. Dächer und Industrieareale. Die Befragten zeigten eine gewisse Skepsis, dass Landwirte die Nahrungsmittelproduktion vernachlässigen könnten, sobald eine APV-Anlage installiert sei, weshalb verbindliche Regelungen notwendig seien. Es sollten landschaftlich weniger attraktive Gebiete für die APV genutzt werden, um nicht das Landschaftsbild und den Tourismus zu schädigen. Weiter gelte es, stets die lokalen Besonderheiten zu berücksichtigen, weshalb Entscheidungen über APV-Standorte auf kommunaler Ebene gefällt werden müssten. Ein frühzeitiger Einbezug der Interessensgruppen und der lokalen Bevölkerung wird auch durch das Fraunhofer-Institut als wichtig erachtet (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2020). Rösch (2016) betont, dass APV-Anlagen naturverträglich in das Landschaftsbild integriert werden sollten, um eine grössere Akzeptanz zu erreichen, etwa mit kaschierenden Hecken und Bäumen.

Die Gewinnung von Solarenergie geniesst eine höhere Akzeptanz in der Bevölkerung als der Bau von Windkraftanlagen (Bosch & Peyke, 2011).

Solarkraftwerke erwiesen sich in strukturierten Befragungen besonders dann als umstrittene Blickfänge in der Landschaft, wenn die Befragten die Landschaft als idyllische, ländliche Szene wahrnahmen. Umgekehrt akzeptierten diejenigen, welche die Landschaft unter utilitaristischen Gesichtspunkten sahen, gut in die Landschaft integrierte Anlagen (Bevk & Golobič, 2020).

APV könnte zu einer höheren Akzeptanz für die Energiewende in der Gesellschaft sorgen, da durch APV keine landwirtschaftliche Nutzfläche verloren geht und der Importdruck nicht steigt. Zudem bietet sich APV

als Alternative zum umstrittenen Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion an. APV hat zwar eine geringere Leistung als konventionelle PV, da nur ein Teil der Fläche mit Modulen bestückt ist, trotzdem ist sie deutlich höher als der Flächenstromertrag von Biogasanlagen (Rösch, 2016).

4.5.3 Ökosystemleistungen und Biodiversität

Es fanden sich im Rahmen dieser Literaturrecherche keine quantitativen wissenschaftlichen Untersuchungen zu den direkten Auswirkungen der APV auf Ökosystemleistungen und Biodiversität. Dank der Reduktion von Düngung und Pflanzenschutzmitteln sei aber generell mit einer positiven Wirkung auf die Insektenvielfalt und die lokale Biodiversität zu rechnen (Photovoltaic Austria, 2020). Besonders wenn die Fläche direkt unter bzw. um die APV-Anlage herum naturnah bewirtschaftet würden, erhielten sie einen zusätzlichen Mehrwert für die Nützlingsförderung. Allgemeine Effekte von Freiflächen-PVA auf Ökosystemleistungen und Biodiversität wurden bereits in den Kapiteln 4.1 bis 4.4 thematisiert.

4.6 Floating Photovoltaik (FPV)

FPV hat sich in den letzten fünf Jahren stark verbreitet und kommt inzwischen in 35 Ländern zum Einsatz (Exley, 2021). Die meisten Anlagen wurden bisher in Asien erstellt, in den letzten Jahren ist aber auch in Europa ein zunehmendes Interesse feststellbar (Lammerant et al., 2020). Die zehn grössten schwimmenden Solarkraftwerke stehen alle in Asien. Das weltweit grösste befindet sich in China und weist eine Leistung von 2.1 GW auf (https://www.power-technology.com/features/worlds-biggest-floating-solar-farms/).

Zu den Auswirkungen von schwimmenden Solaranlagen auf Natur und Umwelt gibt es nur spärliche Literatur. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die Umweltauswirkungen gering sind und die Sauberkeit des Wassers nicht beeinträchtigt wird. Studien hierzu sind im Gange, Aussagen sind jedoch gemäss Lammerant et al. (2020) bisher noch eher spekulativ.

FPV-induzierte Änderungen der Windgeschwindigkeit auf dem Wasser und der Einfluss der Sonneneinstrahlung auf die thermische Struktur eines Sees erwiesen sich in Computersimulationen als stark abhängig vom Systemdesign. Je nach Gewässertyp und Anwendungsbereich habe FPV das Potenzial, die Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässer abzumildern oder aber auch schädlich auf das Gewässerökosystem einzuwirken (Exley, Armstrong, Page, & Jones, 2021). In einem konkreten Anwendungsbeispiel wurde für eine englischen See errechnet, dass sich durch FPV eine Reduktion der Windgeschwindigkeit und der Sonneneinstrahlung auf dem gesamten See um je 10 % ergeben (Exley, 2021). Damit könnte gemäss Autor eine Dekade der Erwärmung durch den Klimawandel ausgeglichen werden, und das kühlere Wasser würde gleichzeitig toxische Algenblüten verringern. Auch Rosa-Clot (2020) erwähnt in diesem Zusammenhang die bei höheren Wassertemperaturen (Erderwärmung) stärker auftretenden Algenblüten. Diese könnten zwar durch FPV nicht vollständig beseitigt, aber einfach und effizient (kein Landverbrauch) reduziert werden. Solche Algenblüten treten vermehrt auch an Schweizer Seen auf und haben im Sommer 2021 zu mehreren tödlichen Vergiftungen bei Hunden am Zürcher Obersee geführt (Tages-Anzeiger vom 4.8.2021). Auf dem Hüttnersee im Kanton Zürich hat eine starke Algenblüte die Behörden dazu veranlasst, den See für Badende vorübergehend zu sperren (NZZ vom 24.8.2021).

Dank des Kühleffekts des Wassers ist der Wirkungsgrad von FPV-Systemen um bis zu 12.5 % höher als bei landbasierten PVA. Damit verbunden ist ein geringerer Flächenbedarf für dieselbe Stromerzeugung (Exley, 2021). Sahu et al. (2016) beziffern die Vorteile wie folgt: Der Wirkungsgrad von FPV-Anlagen sei 11 % höher und die Wasserverdunstung 70 % kleiner als bei vergleichbaren Solarkraftwerken an Land. Dafür sei mit rund 20 % höheren Investitionskosten zu rechnen.

Bei der Bestückung von sieben Trinkwasser-Reservoirs mit Flächen von 3 bis 272 ha in den Niederlanden ergab sich ein maximales FPV-Potenzial von rund einem Fünftel bis zu einem Drittel der Wasserfläche (Mathijssen et al., 2020). Die Autoren stellten nur eine geringe Freisetzung von Schwermetallen und keinen Eintrag von organischen Mikroverunreinigungen ins Wasser fest und argumentieren, dass durch die Trinkwasseraufbereitung die freigesetzten Schwermetalle (teilweise) wieder entfernt werden könnten.

Vögel scheinen durch FPV-Anlagen nicht gestört zu werden, was wiederum zu einem Problem durch Kotverschmutzung auf den Solarpanels führen kann. Fische halten sich gerne unter und zwischen FPV-Anlagen auf (Beschattung, spezielle Algenfauna) und entziehen sich so zum Teil den Fischern (Rosa-Clot, 2020). Schon bestehende Flosse für Fischzuchten könnten dabei ohne grossen Aufwand mit Solarpanels bestückt werden.

Die britische Firma *Aquatera* (zitiert in Lammerant et al., 2020) vergleicht die potenziellen Auswirkungen von FPV-Anlagen auf Binnenland-Seen mit solchen im Meer. Im Binnenland wird eine leichte Störung des Benthos erwartet, entweder durch den direkten Verlust von benthischem Lebensraum oder durch Sedimentfahnen, die die Atmungssysteme oder Nahrungsanhänge von benthischen Organismen blockieren könnten. Ein positiver Effekt wird hingegen für Fische erwartet, da Unterwasserstrukturen (z. B. Geräte und Verankerungen) einen «Riffeffekt» erzeugen können. Es ist denkbar, dass die Anlagen Hindernisse für die Schleppnetzfischerei schaffen, was zum Schutz der lokalen Fischbestände beitragen könnte.

Chang et al. (2014) erforschten in Taiwan die Auswirkungen von kleinflächigen FPV-Systemen auf Algen und aquatische Insekten in Süssgewässern. Sie errichteten dazu kleine, je 60 x 60 cm messende *Green Energy Artificial Floating Islands* (GAFI) und bestückten diese mit PV-Panels. GAFI können die Wasserschichtung aufbrechen, das Wasser homogenisieren und das Wachstum von Algen hemmen. Die Autoren sind der Ansicht, dass die Wasserqualität schnell verbessert und die Artenvielfalt bzw. Häufigkeit der aquatischen Wirbellosen-Fauna erhöht werden könnte.

5. Synthese

5.1 Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf Umwelt und Biodiversität

5.1.1 Allgemeines

Bei einer gesamtheitlichen Betrachtung der in Kapitel 4 aufgeführten positiven und negativen Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf Umwelt und Biodiversität **überwiegen die Vorteile**, vorausgesetzt, dass die Solaranlage **weder direkt noch indirekt ökologisch sensible Lebensräume beeinträchtigt** und bei deren Erstellung in erster Linie **bereits versiegelte oder intensiv genutzte Flächen** berücksichtigt werden (Demuth et al., 2019). Dank der teilweisen Beschattung durch die Solarpanels entsteht ein **kleinräumiges Nebeneinander von verschiedensten Lebensräumen**, das dank unterschiedlichen Mikroklimata mehr Arten Platz bietet als uniforme Lebensräume (Herden et al., 2009).

Falls in unmittelbarer Umgebung hochwertige Ausweichhabitate in genügender Ausdehnung und Dichte vorkommen (**intakter Lebensraumverbund**), ist die Erstellung eines Solarparks weniger kritisch, als wenn das zu überbauende Gelände seltene und einzigartige Lebensräume enthält (Wilson & van Zyl, 2012). Mit zunehmender Fragmentierung gewinnt der Lebensraumverbund an Bedeutung (Fartmann, Stuhldreher, Streitberger, & Helbing, 2021). Zentral für die Zuwanderung und somit für die Biodiversität einer Anlage ist die **Distanz zu Lieferbiotopen**, die möglichst unter 500 m betragen sollte (Fechner, 2020). Diese Distanz kann stark variieren und ist abhängig von der zu betrachtenden Art sowie von den vorhandenen Habitattypen.

Da jede Tierart oder Artengruppe spezifische Ansprüche an ihren Lebensraum stellt, muss bei der Beurteilung der faunistischen Umweltverträglichkeit eines Solarparks immer **situativ** entschieden werden, welche Ziel- und Indikatorgruppen (Moore-O'Leary et al., 2017) und welche Beurteilungsverfahren (Herden et al., 2009) im Vordergrund stehen. Zur **Förderung der Projektakzeptanz** einer Freiflächen-PVA in der Öffentlichkeit, für die Geldbeschaffung und für die Medienarbeit empfiehlt sich der Einbezug von Flaggschiff-Arten (*flagship species*) als **Sympathieträger**, z.B. Schmetterlinge, attraktive Vogel-Arten oder Säugetiere wie etwa Iltis und Feldhase (Schlegel & Rupf, 2010).

In der Projektierungsphase und während der Errichtung einer Freiflächen-PVA hat eine **kompetente Umweltbaubegleitung** zu gewährleisten, dass **negative Auswirkungen auf Fauna und Flora möglichst frühzeitig erkannt** und in der Folge **vermieden bzw. minimiert** werden können (Demuth et al., 2019). Dies kann beispielsweise durch Baustellenerschliessung mittels bodenschonender Schotterrasen, durch fachgerechte Bepflanzungen und Ansaaten oder durch Rücksichtnahme auf die Fortpflanzungszeiten von Vögeln und anderen Tiergruppen erfolgen.

5.1.2 Vorteile

Zusammenfassend ergeben sich die folgenden hauptsächlichen positiven Effekte von Freiflächen-PVA auf Umwelt und Biodiversität im Allgemeinen und auf die spezifische Förderung ausgewählter Zielarten im Speziellen:

Förderung des ökologischen Ausgleichs in der Agrarlandschaft

In Solarparks gibt es im Durchschnitt 70-95 % verfügbaren Boden, auf dem die Biodiversität gefördert werden kann, falls naturfördernde Managementpraktiken umgesetzt werden (Esteves, 2016, zitiert in Taylor et al., 2019). **Ein solch hoher Anteil an potenziellen Biodiversitätsförderflächen findet sich in der konventionell genutzten Kulturlandschaft praktisch nie**. In der Schweiz beträgt der durchschnittliche Anteil an Biodiversitätsförderflächen 18.8 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche, in der Talzone 14.5 % (BLW, 2020).

Refugien für störungsempfindliche Wildtiere

Eine naturnahe Vegetationsentwicklung und das Fehlen einer mechanischen Bodenbearbeitung in Solarparks kann gemäss Herden et al. (2009) zu einer **Aufwertung der Lebensraumfunktionen für störungsempfindliche Wildtiere** führen, auch wenn baubedingte Störungen eine zeitweise Meidung wahrscheinlich machen.

Mehrere Berichte weisen anekdotisch darauf hin, dass die Umzäunung grossflächiger Solarparks dem **Schutz von Kleinsäugern vor externen Prädatoren und Störungen** aus der Umgebung dienen (z.B. Moore-O'Leary et al., 2017), ohne sich jedoch dabei auf aussagekräftige quantitative Daten abstützen zu können.

Bodenbrütende und störungsempfindliche Vögel finden dank Sicherheitszäunen geschützte Brutareale innerhalb von Freiflächen-PVA vor (Taylor et al., 2019). Insbesondere in intensiv genutzten Agrarlandschaften haben extensiv genutzte Solarparks das Potenzial, sich zu wertvollen avifaunistischen Lebensräumen zu entwickeln (Demuth et al., 2019), vor allem für verhaltensflexible Kulturlandvögel (Moore-O'Leary et al. 2017). Brutnachweise von 16 gefährdeten Vogel-Arten des Offenlands in niedersächsischen Freiflächen-PVA, darunter Wachtel, Rebhuhn, Neuntöter, Braunkehlchen und Grauammer (Badelt et al., 2020) bestätigen die Aussage von Günnewig et al. (2007), wonach auch **Wiesenbrüter und andere anspruchsvollere Lebensraumspezialisten von störungsarmen Solarparks profitieren** können. Gestützt wird diese Aussage durch eine Untersuchung aus Thüringen mit Vorkommen von Feldlerche und Baumpieper während der Brutzeit (Lieder & Lumpe, 2011) und eine solche aus Bayern mit Nachweisen von Rebhuhn, Feldlerche und Baumpieper (Raab, 2015).

Genügend grosse Abstände zwischen den Modulreihen dürften einen erheblichen Einfluss auf die Individuenzahl und die erreichten Populationsdichten von gefährdeten, thermophilen Vögeln des Grünlands haben. Besonnte Streifen von 3 m und mehr sind besonders förderungswürdig (Peschel et al., 2019).

Es wird davon ausgegangen, dass **Reptilien** innerhalb von umzäunten Solarparks vor menschlichen Störungen und Fressfeinden besser geschützt sind (Moore-O'Leary et al., 2017). **Genügend grosse Abstände zwischen den Modulreihen** dürften dank höherer Sonneneinstrahlung auch im Falle von Reptilien einen positiven Einfluss auf die Populationsdichten haben (Peschel et al., 2019).

Auch wenn das Vorkommen von Gewässern in Solarparks die Ausnahme ist, können sich die Grünflächen bei entsprechender Ausgestaltung und Nutzung sehr wohl als **Landlebensraum oder auch als Wander-**

route für Amphibien eignen. **Geringe Abstände zwischen den Modulreihen** dürften in diesem Fall vorteilhaft sein, da Amphibien insbesondere in der warmen Jahreszeit Schatten bevorzugen (Peschel et al., 2019).

Verbesserte Nahrungsgrundlage für Herbivoren und räuberische Wirbeltiere

Die **extensive Bewirtschaftung** von Grünlandflächen, gegebenenfalls ergänzt mit **Wildblumen-Ansaaten,** fördert die pflanzliche Artenvielfalt und, damit direkt verbunden, auch die **Insektenvielfalt** (Fartmann, Jedicke, et al., 2021). Mittels **naturnaher Begrenzungselemente** wie Hecken, Gräben und Steinmauern ergeben sich weitere Fördermöglichkeiten für Wirbellose, ebenso durch die Installation von **künstlichen Strukturen** wie Nistkästen, Überwinterungsplätzen und Holzstapeln (Taylor et al., 2019).

Ein reicheres Insektenangebot verbessert wiederum die Nahrungsgrundlage für viele Sekundärkonsumenten unter den Säugetieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien und räuberischen Wirbellosen. So können Freiflächen-PVA dank des zu erwartenden grösseren Insektenreichtums etwa die Funktion als Nahrungshabitate für Fledermäuse übernehmen (Peschel et al., 2019). Für Graureiher, Rohrweihe, Rotmilan, Baumfalke, Turmfalke, Rauchschwalbe und Star wurde die Nutzung deutscher Freiflächen-PVA als Nahrungshabitat nachgewiesen. Für Weissstorch, Wiesenweihe und Steinkauz wird deren Nutzung zumindest in den Randbereichen als möglich oder wahrscheinlich erachtet (Badelt et al., 2020).

Förderung der Vegetationsvielfalt und der Bestäuber-Fauna

Diverse Untersuchungen zeigen die enorme Bedeutung von Wildbienen und Schwebfliegen bei der Bestäubung von Kulturpflanzen. Wegen den in den letzten Jahren zunehmenden, krankheitsbedingten Ausfällen von Honigbienen können diese funktionellen Leistungen nicht genügend hoch eingeschätzt werden (Albrecht, Schmid, Hautier, & Müller, 2012). Solarparks, die reich and Pollen und Nektar produzierenden Pflanzen sind, können die Funktion als **Lebensraum und Ausbreitungszentrum für solche Bestäuber-Insekten (inkl. Honigbiene)** erfüllen, insbesondere dann, wenn über einen längeren Zeitraum blühende Pflanzen mit einem entsprechenden Nektar- und Pollenangebot vorhanden sind. Wo **gemischte Bestände von schattentoleranten und heliophilen Pflanzen** vorkommen, wird eine maximale Nischendiversifizierung erzielt (Graham et al., 2021). Die Häufigkeit und Vielfalt an Bestäubern auf Plots mit voller Sonneneinstrahlung und Plots im Halbschatten waren in einer Untersuchung in den USA ähnlich, bei beiden jedoch grösser als auf Plots im Vollschatten (Graham et al., 2021). Auch falls kein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl Pflanzen-Arten unter und zwischen den PV-Panels festgestellt wird, darf davon ausgegangen werden, dass die **Artenzusammensetzung verschieden und das Spektrum an Bestäuber-Pflanzen erhöht** ist (Montag et al., 2016).

Voraussetzung für den Blütenreichtum einer Freiflächen-PVA ist ein **sachgerechter, extensiver Unterhalt der Grünflächen**. So korrelierte zum Beispiel die Häufigkeit von Hummeln mit dem botanischen Reichtum eines Solarparks (Montag et al., 2016). Beweidete Flächen in britischen Solarparks erwiesen sich gegenüber gemähten Wildblumenwiesen als weniger attraktiv für Hummeln (Parker & McQueen, 2013). Die Beweidungsintensität entscheidet über die floristische Vielfalt und den Blütenreichtum einer

Weide und beeinflusst auf diese Weise direkt die Zusammensetzung der Bestäuber-Fauna (Sjödin, Bengtsson, & Ekbom, 2008).

Ökosystemleistungen zugunsten der umliegenden Landwirtschaftsflächen

Wie im vorhergehenden Abschnitt und verschiedentlich im Text erwähnt, können extensiv genutzte Grünflächen in Solarparks blütenreiche Habitate für eine vielfältige Insekten-Fauna liefern. Unter der Annahme einer Bestäuber-Suchdistanz von 1.5 km (Walston et al., 2018) ergeben sich deshalb grosse **Synergien mit der umliegenden produzierenden Landwirtschaft**. Rund 14 % der heimischen Acker- und Dauerkulturflächen auf ca. 43'000 ha sind von Bestäubungsleistungen abhängig (BFS, 2021).

Blütenreiche Lebensräume zeigen eine hohe Wirksamkeit bei der **natürlichen Schädlingsregulation**. So konnten in der Schweiz beispielsweise Schäden durch Getreideplattkäfer in umliegenden Winterweizen-Beständen dank blütenreichen Randstreifen um 61 % reduziert werden (Tschumi, Albrecht, Entling, & Jacot, 2015). Blütenreiche Lebensräume stellen somit eine **praktikable Alternative zu Pflanzenschutzmitteln** dar.

Mittels **naturnaher Begrenzungselemente** wie Hecken, Gräben und Steinmauern ergeben sich weitere Lebensräume für räuberische Arten, welche Schädlinge auf den angrenzenden Landwirtschafsflächen dezimieren können.

Bestäubungsleistungen und natürliche Schädlingsbekämpfung sind beides wichtige Argumente für die **Projektpromotion und Akzeptanz** von Solarparks. Da gerade die Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Nutzflächen für Freiflächen-PVA bei einem Teil der Bevölkerung auf Skepsis stösst (Ketzer et al., 2020), können solche Argumente «machtentscheidend» sein.

Beitrag zum faunistischen Artenschutz am Beispiel der Tagfalter

Freiflächen-PVA können eine **ähnliche Tagfalter-Fauna wie extensives Grünland** aufweisen (Badelt et al., 2020), wobei letztere zu den artenreichsten Tagfalter-Lebensräumen zählen (Monnerat, Thorens, Walter, & Gonseth, 2007). Bestandserhebungen im deutschen Bundesland Brandenburg ergaben in Solarparks Nachweise von 44 Tagfalter-Arten, was rund 40 % aller Tagfalter-Arten dieses Bundeslands entspricht (Peschel et al., 2019). In bayrischen Solarparks resultierte eine deutliche Aufwertung im Vergleich zur vorherigen Intensivnutzung mit **Fortpflanzungsnachweisen einiger seltener und bedrohter Tagfalter-Arten**. Als besonders vorteilhaft erwiesen sich Hecken im Randbereich oder im näheren Umfeld mit Vorkommen von standorttypischen «Schmetterlingsgehölzen», z.B. Schwarzdorn, Rote Heckenkirsche, Kreuzdorn und Faulbaum (Raab, 2015). **Besonnte Streifen von mindestens 3 m Breite** sollen die Tagfalter-Diversität erheblich erhöhen, wobei hierzu noch Forschungsbedarf besteht (Peschel et al., 2019). Zudem eignen sich Schmetterlinge hervorragend als **Sympathieträger für die Projektpromotion** (vgl. Kap. 5.1.1).

Erosionsprävention, heterogeneres Mikroklima und Klimaschutz

Nach einer allfälligen Entfernung der Vegetationsdecke während des Baus eines Solarparks können niedrig wachsende Gräser (mit oder ohne schattentolerante Arten) und Leguminosen innerhalb von drei Jahren eine umfangreiche neue Pflanzendecke bilden und so der **Bodenerosion vorbeugen** (Beatty et al., 2017; Uldrijan et al., 2021).

Der Schattenwurf durch die PV-Panels führt zu einem «Cooling-Effekt» und zu einer höheren Luftfeuchtigkeit unter den PV-Panels, was die **mikroklimatische Vielfalt eines Solarparks vergrössert** und, wie bereits oben erwähnt, die **Habitat-Heterogenität zugunsten von Fauna und Flora erweitert**. Die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion und die Nutztierhaltung werden in Kapitel 5.2 näher ausgeführt.

Die Wiederherstellung einer naturnahen Grünlandvegetation innerhalb von USSE-Anlagen kann gemäss Modellberechnungen im Vergleich zur landwirtschaftlichen Nutzung vor dem Bau zu einer **Steigerung des Kohlenstoffspeicherpotenzials** um 65 % führen (Walston et al., 2021). Messungen in einer amerikanischen Solaranlage widersprechen hingegen dieser Aussage, da sieben Jahre nach der Begrünung die C- und N-Konzentrationen in den Böden noch immer tiefer waren als in den Referenzböden (Choi et al., 2020).

5.1.3 Nachteile

Nachfolgend werden die hauptsächlichen negativen Effekte von Freiflächen-PVA auf Umwelt und Biodiversität aufgeführt. Spezifische Lösungsansätze zeigen auf, wie mit diesen Problemen umgegangen werden könnte.

Barrierewirkung von Maschengitterzäunen für grössere Wildtiere

Die gängige Praxis, Solarparks als Schutz vor Diebstahl und Vandalismus mit Maschengitterzäunen zu umgrenzen, kann bei grossflächigen Solarparks eine **Barrierewirkung für grössere Wildtiere** zur Folge haben (Herden et al., 2009; Wagegg & Trumpp, 2015). Die **Fragmentierung von Lebensräumen** durch «gekappte» Migrationsrouten kann den Genfluss behindern und Populationen mittel- bis langfristig schädigen (Csencsics et al., 2014).

Problementschärfung:

→ Vorgängige **Planung von Migrationskorridoren und «Ablenkstrukturen»** (z.B. Hecken und Krautsäume) für mobile Arten, welche durch die Zäune in ihrer Bewegungsfreiheit wesentlich eingeschränkt werden könnten (Demuth et al., 2019), v.a. in bedeutenden Wildwechseln. Als Grundlage dafür empfehlen sich Raumnutzungsanalysen (Thomas et al., 2018).

→ Der **Bodenabstand des Zauns muss mindestens 15-20 cm** betragen und auf Stacheldraht in Bodennähe gilt es zu verzichten, um die Durchgängigkeit für Kleintiere zu gewährleisten (z.B. für mittelgrosse Säugetiere wie Feldhase oder Dachs, Kleinsäugetiere wie Hermelin oder Igel, aber auch für Reptilien und migrierende Amphibien) (Demuth et al., 2019; NABU & BSW Solar, 2021; Wilkening & Rautenstrauch, 2019).

Erhöhte Kollisionsgefahr für Vögel und Fledermäuse

Aus den verfügbaren Vogelmonitoring- und Mortalitätsdaten kamen Walston et al. (2016) zum Schluss, dass die geschätzte jährliche **Gesamtmortalität an USSE-Anlagen in Südkalifornien ähnlich hoch sei wie im Windenergiesektor**. Sie errechneten eine «capacity-weighted average mortality rate» von 2.7 bis 9.9 Vögeln pro MW und Jahr. Kosciuch et al. (2020) kamen mit ca. 2.5 auf einen ähnlichen Wert. Herden et al. (2009) schätzen das **Kollisionsrisiko für Vögel an PV-Panels als gering ein, v.a. im Vergleich zur begleitenden Infrastruktur** wie etwa Freileitungen. Bei einem nicht-tödlichen Aufprall könnten aber Vögel durch Sedierung anfälliger gegenüber Fressfeinden sein (Dwyer et al., 2018).

Medienberichte und Berichte aus der grauen Literatur weisen darauf hin, dass **Wasservögel grosse Solaranlagen mit Gewässern verwechseln** und durch polarisiertes Licht angezogen werden könnten (Taylor et al., 2019). Vögel, die im Flug trinken, z.B. Schwalben, könnten deshalb für Kollisionen mit PV-Panels besonders anfällig sein. Günnewig et al. (2007) weisen auf eine mögliche Stör- und Scheuchwirkung («Silhouetteneffekt») durch Solarpanels hin, was zu einer Entwertung avifaunistisch wertvoller Lebensräume führen könnte.

Fledermäuse können mit vertikal angeordneten, reflektierenden Platten kollidieren, wodurch auch **Solarpanels, die in einem steileren Winkel** angeordnet sind, zu Risikoobjekten werden. Die bereits mehrfach erwähnte Fehlinterpretation von spiegelnden PV-Panels als Wasseroberfläche durch bestimmte Insektengruppen könnten eine Attraktionswirkung auf Fledermäuse ausüben, die sich von Grossinsekten ernähren. Dies erhöht die Kollisionsgefahr zusätzlich. Eine kleine Vorstudie in englischen Solarparks ergab im Vergleich zu benachbarten Kontrollflächen gleich viele Fledermaus-Arten, jedoch bedeutend tiefere Individuenzahlen (Montag et al., 2016).

Problementschärfung:

→ **Keine Erstellung von Solarparks an sensiblen Orten** wie Zugrouten, wichtigen Nahrungshabitaten oder Kolonien von Vögeln und Fledermäusen.

Veränderung der Lebensraumbedingungen für spezialisierte Arten am Beispiel der Avifauna

Obschon die Vorteile naturnah gestalteter und unterhaltener Grünflächen in Solarparks gegenüber konventionellen landwirtschaftlichen Nutzflächen überwiegen (vgl. Kap. 5.1.2), sind nachteilige Effekte auf Lebensraumspezialisten möglich, so auch bei Vögeln. Dies ist beispielsweise dann zu erwarten, wenn eine Freiflächen-PVA auf einer **ökologisch sensiblen Fläche mit Vorkommen von Lebensraumspezialisten** errichtet wird, **ohne dass für diese Arten genügend Ausweichhabitate in der Umgebung** vorkommen. In Deutschland zeigte sich ein differenziertes Bild: Während in einigen Solarparks nebst Generalisten auch spezialisierte stenotope Vogel-Arten brüteten (Badelt et al., 2020; Lieder & Lumpe, 2011), fanden sich in anderen fast nur anspruchslose Lebensraumgeneralisten (Tröltzsch & Neuling, 2013). Eine konkrete Untersuchung hierzu betrifft die stenotope Grauammer, eine vielerorts seltene Vogelart, die nach Errichtung eines Solarparks in Deutschland über Jahre kontinuierlich abnahm (Heindl, 2016).

Problementschärfung:

→ **Keine Erstellung von Freiflächen-PVA auf ökologisch sensiblen Flächen**, insbesondere wenn für lokal vorkommende Lebensraumspezialisten nicht genügend Ausweichhabitate der näheren Umgebung vorkommen.

→ Den **Strukturreichtum innerhalb oder am Rand von Solaranlagen verbessern** (z.B. Steinhaufen, Beeren- und Dornensträucher, Nistgelegenheiten mit Bruthöhlen).

→ **Blütenreiche und nährstoffarme Grünflächen** zwischen den Panels fördern und schonend mähen bzw. beweiden.

«Ökologische Fallen» für aquatische und phototrophe Insekten

PV-Panels können horizontal polarisiertes Licht so stark reflektieren, dass sie für bestimmte wasser-gebundene Gliederfüssler **wie Wasserflächen erscheinen und diese zur Eiablage auf den Panels verleiten** («ökologische Fallen») (Horváth et al., 2010). Beleuchtete Solaranlagen könnten nachts Insekten anlocken, die dann um die Lichtquellen schwirren und an diesen verenden (Owens et al., 2020).

Problementschärfung:

→ **Keine PVA in Gewässernähe**.

→ **Bioreplizierte PV-Beschichtungen** mit spezieller Mikrotextur und **hell umrandete Solarzellen (weisse Rückseitenfolie)** können bei einzelnen aquatischen Tiergruppen die Attraktionswirkung vermindern.

→ **Verzicht auf eine Beleuchtung** der Anlage.

Freisetzung toxischer Substanzen

Durch **Freisetzung von Nickel** aus monokristallinen **PV-Panels "der ersten Generation"** ergaben sich höhere Mortalitätsraten bzw. Entwicklungsstörungen bei aquatischen Invertebraten (Motta et al., 2016). Freisetzbare Mengen einiger **gefährlicher Metalle** (Blei, Chrom, Cadmium, Nickel) zeigten z.T. eine Überschreitung der gesetzlichen Grenzwerte für Boden und Wasser (Tammaro et al., 2016). Im Umfeld chinesischer Freiflächen-PVA ergaben sich erhöhte Belastungswerte durch Fluorid und Chlorid (Wu et al., 2016). Bei der ökologisch-energetischen Bilanzierung einer polnischen PVA werden Silber, Nickel, Kupfer, PA6, Blei und Cadmium als besonders problematisch für Gesundheit und Umwelt bezeichnet (Piasecka et al., 2020). Freigesetzte Schwermetalle aus Perowskit-Solarzellen führten beim Zebrafisch (*Danio rerio*) zu unerwarteten **Vergiftungen in Form von Versauerung** (Babayigit et al., 2016). In der Schweiz sind jedoch kaum Solarmodule mit Cadmium und Nickel auf dem Markt und Module auf Siliziumbasis enthalten kein Cadmium und Nickel. Perowskit-Module kommen bisher nicht serienmässig zum Einsatz (Auskunft David Stickelberger, *Swissolar*, vom 11.10.2021 und Jürg Rohrer, ZHAW, vom 21.10.2021).

Badelt et al. (2020) hingegen stufen die betriebsbedingten Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf den Boden und den Wasserhaushalt **im Allgemeinen als unerheblich** ein, auch wenn eine Kontamination mit Schadstoffen aus den verzinkten Modulhalterungen und -tragekonstruktionen denkbar sei. Ebert & Müller

(2011) vertreten den Standpunkt, dass die Gefahr einer Bodenkontamination durch PVA mit Blei oder Cadmium bei intakten Solarmodulen sehr gering sei.

Problementschärfung:

→ Beurteilung der Umweltverträglichkeit durch **frühzeitige Abklärung der möglichen Gefahren** einer Auswaschung potenziell toxischer Substanzen in Boden, Oberflächengewässer und Grundwasser.

Beeinträchtigung der gewachsenen Vegetation und Aufkommen von Neophyten

Solarparks haben aufgrund anthropogener Veränderungen und Störungen ein höheres Risiko für das **Aufkommen unerwünschter Neophyten** (Dhar et al., 2020). Standortgebundene Arten «stabiler» Lebensräume, wie sie vor dem Bau einer Freiflächen-PVA vorhanden waren, drohen zu verschwinden, falls Umsiedlungsbemühungen fruchtlos bleiben oder Neuansaaten nicht den gewünschten Erfolg zeigen (Moore-O'Leary et al., 2017).

Problementschärfung:

→ Falls durch den Bau einer Freiflächen-PVA ein Abtrag oder eine Verletzung der Grasnarbe erfolgt, ist eine **rasche Wiederbegrünung mit Verwendung von regionalem Wildblumen-Saatgut** (lokale Ökotypen) und anschliessender **schonender, extensiver Nutzung** vorzusehen.

→ Offene, vegetationsarme Böden als mögliche **Keimstellen für Neophyten sind regelmässig zu überwachen** (offene Bodenstellen und Kies-/Sandflächen sind für wärmeliebende Insekten und spezialisierte Ruderalpflanzen jedoch sehr wichtig, deshalb möglichst nicht ganz darauf verzichten, vgl. dazu z.B. Fartmann, Stuhldreher, et al. (2021)).

→ **Auf Pflanzenschutzmittel verzichten**, höchstens Einzelstockbehandlung von invasiven Neophyten.

Erhöhter Wasser-Spitzenabfluss bei verdichteten Böden und Erosionsgefährdung

Während Solarmodule gemäss Cook Lauren M. & McCuen Richard H. (2013) selbst keinen signifikanten Einfluss auf Wasser-Abflussmengen oder auf Spitzenwerte haben, kann sich der **Spitzenabfluss bei verdichteten Böden unter und zwischen den PV-Panels erhöhen**. Die Randbereiche der PV-Module unterliegen stärkeren Regeneinflüssen, was bei Starkniederschlägen zu **Bodenerosion** führen kann (Badelt et al., 2020). Bodenverdichtungen können durch Errichtung von Baupisten, Lager- und Abstellflächen, Bodenumlagerungen und -durchmischungen während des Baubetriebs entstehen (Badelt et al., 2020).

Problementschärfung:

→ **Grössere Modulabstände** wirken einer unregelmässigen Verteilung der Niederschläge entgegen.

→ Mit einer **bodenkundlichen Umweltbaubegleitung** während den Erstellungsarbeiten möglichen Schäden bestmöglich vorbeugen.

→ **Sachgemäss gepflegte Grünflächen** beugen der Erosion vor und verhindern längerfristig unerwünschte Bodenverdichtungen.

5.2 Agro-Photovoltaik (APV)

5.2.1 Vorteile

Wie in Kapitel 4.5 detailliert ausgeführt wurde, kann die kombinierte Nutzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche für die Produktion und die Energiegewinnung mittels APV verschiedene Vorteile mit sich bringen. Die hauptsächlichen Vorteile lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

→ **Mehr als 95 % der Fläche** unter den Solarpanels bleiben, mit Ausnahme der Stützen, für die land-wirtschaftliche Nutzung erhalten und sind mit Traktoren befahrbar (i.d.R. Montage der APV-Panels in 3-6 m Höhe). Durch diese **Doppelnutzung** kann ein Landwirtschaftsbetrieb ein **Zusatzeinkommen als «Energiewirt»** generieren (Photovoltaic Austria, 2020).

→ Falls unter einer APV-Anlage **extensiv genutzte Grünflächen** vorkommen und im Randbereich der Anlage **naturnahe oder künstliche Strukturen** angelegt werden, kann sich eine artenreiche Fauna und Flora ausbilden (Demuth et al., 2019; Raab, 2015). Davon profitieren auch «Nützlinge», die dann auf den umliegenden Landwirtschaftsflächen zur **natürlichen Schädlingsregulation** beitragen können.

→ Bei Verzicht auf Düngung und Pflanzenschutzmittel ist generell mit einer **positiven Wirkung auf die Insektenvielfalt und auf die lokale Biodiversität** zu rechnen (Photovoltaic Austria, 2020).

→ Gemäss Modellberechnungen ergeben sich in APV-Anlagen **im Optimalfall Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft von bis zu 60-70 %** (Dupraz et al., 2011; Weselek et al., 2019).

→ Die Evapotranspiration von Kulturpflanzen kann um 10-30 % reduziert sein, wenn das verfügbare Licht nur noch 50-70 % der vollen Sonneneinstrahlung entspricht (Marrou et al., 2013). In einer deutschen APV-Anlage war die Flächenproduktivität 2017 unter APV-Panels um 56-70 % höher als auf der Referenzfläche, im trockenen Hitzesommer 2018 sogar um 90 % (Trommsdorff et al., 2021). Dies ist **im Kontext mit dem Klimawandel vor allem für trockenheitsgefährdete Regionen von zentraler Bedeutung**.

→ Dupraz et al. (2011) erwähnen ebenfalls einen möglichen **Schutz vor den Auswirkungen des Klimawandels durch APV**, z.B. vor Hagel und Überhitzung. Auch Barron-Gafford et al. (2019) weisen auf additive und synergetische Vorteile der Beschattung durch APV-Panels hin, einschliesslich reduziertem Trocken- und Hitzestress für die Kulturpflanzen.

→ Dank **verringerter Bodenverdunstung sind deshalb v.a. bei schnell bodendeckenden Kulturen und schattentoleranten Nutzpflanzen Ertragssteigerungen** möglich (Rösch, 2016). Schattenliebende Kulturen wie etwa Erdbeeren und Spinat (Touil et al., 2021), Kartoffeln und Bohnen (BenGhida & BenGhida, 2019) profitieren tendenziell von der Beschattung durch APV. Die Erträge beim Salat fielen bei geringerer Sonneneinstrahlung von 50 % zum Teil höher aus als erwartet (*Radiation Interception Efficiency*: Salat bildet im Schatten grössere Blätter) (Marrou et al., 2013).

→ Dass unter Umständen **auch heliophile Nutzpflanzen durch die APV profitieren** können, zeigte sich exemplarisch im Hitzesommer 2018, wo die Erträge von Winterweizen und Kartoffeln in Süddeutschland dank APV um 2.7 % bzw. 11 % gesteigert werden konnten (Weselek et al., 2021).

→ Traditionell als **schattenintolerant geltende Kulturpflanzen** können unter Umständen auch **in sonnigeren Zwischenräumen** von APV-Anlagen gut gedeihen, wie Messungen an Tomatenpflanzen in den USA ergaben. Die Produktivität zwischen den Panelreihen war bei Wasserdefizit höher als in den Kontrollflächen ohne PV-Panels (AL-agele et al., 2021).

→ Winzer in Deutschland sind zunehmend mit dem Problem konfrontiert, dass sich die Weinernte aufgrund des Klimawandels um drei bis vier Wochen verfrüht und die Weine einen zu hohen Zucker- und Alkoholgehalt haben, ihnen jedoch die Säure und innere Reife fehlt. APV bietet die **Chance, den Alkoholgehalt durch unterschiedliche Beschattungsintensitäten zu steuern** (https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/himbeeren-unter-solarmodulen-statt-unter-folientunneln).

→ APV eröffnet neue Chancen bei der **Kultivierung von Beeren**. Ein Pilotprojekt aus den Niederlanden zeigt, dass zwar der Ertrag bei Himbeeren gegenüber konventionellen Folientunneln leicht rückläufig ist, **dank Beschattung und tieferen Temperaturen unter den APV-Modulen dafür die Qualität steigt** (weniger Sonnenbrand) und Erntespitzen mit tieferen Preisen umgangen werden können. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Modulaufständerung 30 Jahre lang hält, die Folientunnel jedoch alle sechs Jahre ausgewechselt werden müssen (https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/himbeeren-unter-solarmodulen-statt-unter-folientunneln).

→ Die Beschattung durch APV-Module kann den **Hitzestress bei Nutztieren lindern**, z.B. bei Schafen (Maia et al., 2020) und in Milchkuh-Weidesystemen (Sharpe et al., 2021). *Solar grazing* führt zu einem **geringeren Verbrauch fossiler Brennstoffe durch Mähmaschinen** und trägt zur Insektenförderung bei (https://www.pressherald.com/2021/07/04/at-solar-farms-sheep-come-back-for-mower).
Zudem entfällt die zeitaufwändige Handarbeit zum Ausmähen rund um die Stützen.

→ APV kann zu einer allgemein höheren Akzeptanz für die Energiewende in der Gesellschaft führen, da durch APV **keine landwirtschaftliche Nutzfläche verloren geht** und eine Alternative zum umstrittenen Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion zur Verfügung steht (Rösch, 2016).

5.2.2 Nachteile

Mögliche Nachteile und Vorbehalte gegenüber der APV können wie folgt zusammengefasst werden:

→ Die photosynthetisch aktive Strahlung und die Bodentemperaturen während des Sommers sind unter APV-Modulen tiefer (Weselek et al., 2021), was vor allem den **Ertrag von lichtbedürftigen Kulturpflanzen wie etwa Weizen mindern** kann (Rösch, 2016). Ein eher negativer Effekt soll sich gemäss Photovoltaic Austria (2020) bei Weizen, Dinkel, Mais, Speisekürbis, Wein, Obstkulturen, Sonnenblumen, Erdbeeren, Kohl und Hirse ergeben, ohne jedoch weitere Angaben zur Beschattungsintensität zu liefern. Vergleichbare Erträge sollen bei Roggen, Gerste, Raps, Erbsen, Spargel, Karotte, Kohl, Rettich und Tabak resultieren.

→ Umfragen in Deutschland ergaben eine gewisse Skepsis in der Bevölkerung, dass Landwirte die **Nahrungsmittelproduktion vernachlässigen** könnten, sofern sie künftig vermehrt auf APV setzen. Zudem scheint die Akzeptanz von APV zu sinken, wenn **ausserhalb des Kulturlands noch freie Flächen vorhanden** sind, z.B. auf Dächern und Industriearealen (Ketzer et al., 2020).

→ Um mögliche negative Folgen auf das Landschaftsbild und den Tourismus zu vermeiden, sollten nur **landschaftlich weniger attraktive Gebiete** für die APV genutzt und **lokale Besonderheiten** berücksichtigt werden. Entscheidungen über APV-Standorte sind auf kommunaler Ebene zu fällen (Ketzer et al., 2020), mit verbindlichen Vorgaben für eine bestmögliche Integration in das Landschaftsbild, z.B. mit umgebenden Gehölzen (Rösch, 2016).

APV in der Schweiz: wie weiter?

Aufgrund der Weiterentwicklung technischer Lösungsansätze im Ausland und politischer Vorstösse, die APV in der Schweiz näher zu prüfen, hat das Bundesamt für Landwirtschaft Ende 2020 einem interdisziplinären Team der ZHAW den Auftrag für die Durchführung einer **Machbarkeitsstudie zum Thema *Agro-Photovoltaik in der Schweizer Landwirtschaft*** erteilt. Die Studie ist in Erarbeitung und soll Potenziale sowie Risiken für die Integration von Energieerzeugungssystemen in die landwirtschaftliche Produktion untersuchen (Jäger, 2021).

Die rechtlichen Hürden für Freiflächen-PVA «auf der grünen» Wiese sind in der Schweiz sehr hoch. 2012 verwies der Bundesrat in einer Antwort auf ein Postulat auf das noch **vorhandene grosse Potenzial für PV an Gebäudeflächen**. Das geltende **Raumplanungsrecht** schliesse freistehende Solaranlagen zwar nicht ausdrücklich aus. Die Standortgebundenheit solcher Anlagen ausserhalb der Bauzone sei aber mit Blick auf das grosse Potenzial auf bestehenden Gebäuden **«nur in den allerseltensten Fällen»** gegeben (https://www.sses.ch/de/clevere-doppelnutzung-der-landflaeche/).

Das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) hat am 11. Oktober 2021 die **Vernehmlassung zur Änderung der Raumplanungsverordnung** eröffnet. Zum Revisionspaket gehören Klärungen in Bezug auf Solaranlagen ausserhalb der Bauzonen. Nach Art. 32c Abs 1 Bst c der revidierten RPV könnten Solaranlagen mit Anschluss ans Stromnetz ausserhalb der Bauzonen insbesondere dann standortgebunden (Art. 24 Bst. a RPG) sein, wenn sie in Gebieten erstellt werden, die "an Bauzonen angrenzen, in Strukturen integriert werden, die an Bauzonen angrenzen, in **Strukturen integriert werden, die Vorteile für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung bewirken oder die entsprechenden Versuchs- und Forschungszwecken dienen**" (https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/dl/proj/2021/102/cons_1/doc_2/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-dl-proj-2021-102-cons_1-doc_2-de-pdf-a.pdf).[1]

[1] Jürg Rohrer vermerkt hierzu, dass nach Meinung von Fachleuten der Passus *"…die Vorteile für die landwirtschaftliche Bewirtschaftung bewirken…"* als Begründung für die APV viel zu kurz greife. Er verweist dabei auf die bereits bestehende deutsche Norm ***DIN SPEC 91434 "Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung"***. Diese könnte in angepasster Form evtl. auch in der Schweiz Verwendung finden (Auskunft Jürg Rohrer, ZHAW, vom 8.11.2021).

Der erläuternde Bericht präzisiert die Vorgaben zu Art. 32c Abs 1 Bst c folgendermassen: "Es reicht nicht, dass *trotz* der Solaranlagen noch Landwirtschaft betrieben werden kann. Es geht vielmehr darum, dass *dank* der Solaranlagen höhere Erträge erzielt werden sollen als ohne solche Anlagen. **Zulässig sind einerseits Forschungsanlagen, die aufgrund berechtigter Erwartungen in der Fachwelt entsprechende Erkenntnisse liefern sollen. Andererseits können Anlagen bewilligt werden, welche gesicherte Erkenntnisse aus den Forschungsanlagen nutzen**." (https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/dl/proj/2021/102/cons_1/doc_8/de/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-dl-proj-2021-102-cons_1-doc_8-de-pdf-a.pdf). Das Inkrafttreten der Änderung ist für den 1. Juli 2022 geplant (https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/news-und-medien/medienmitteilungen/mm-test.msg-id-85276.html).

Es ist davon auszugehen, dass ein Ausbau der APV auch in Kreisen des Landschaftsschutzes auf Kritik stossen wird. Eine technische Innovation könnte dieser Kritik entgegenwirken: Die ***organische Photovoltaik* ermöglicht eine grössere farbliche Flexibilität** und dezentere Farbwahl der Panels und somit eine bessere Integration ins Landschaftsbild. Organische PV-Panels sind zudem deutlich lichtdurchlässiger als kristalline Module. Diesen Vorteilen stehen der derzeit geringe Wirkungsgrad und die bisher kurze Haltbarkeit gegenüber (https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/solar/himbeeren-unter-solarmodulen-statt-unter-folientunneln).

In der Schweiz gilt der limitierende Passus, wonach **Freiflächen-PVA, und somit auch APV, per Definition nicht zur landwirtschaftlichen Nutzfläche gehören** (*Landwirtschaftliche Begriffsverordnung LBV* Art. 16). Da Direktzahlungen via *Direktzahlungsverordnung DZV* nur für Flächen innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche entrichtet werden (DZV Art. 35 Abs. 1), gibt es für APV-Flächen demnach keinerlei DZV-Beiträge. Dies bedeutet, dass durch die Landwirtschaft weder Basis- noch Biodiversitätsbeiträge beansprucht werden können, selbst wenn die Flächen unter den Panels extensiv bewirtschaftet werden und dadurch einen Beitrag an die lokale Biodiversität leisten. Eine erfolgreiche Promotion der APV in der Schweizer Landwirtschaft setzt aber voraus, dass die finanziellen Rahmenbedingungen für die Bauernbetriebe stimmen. **Ein Lösungsansatz könnte darin liegen, dass Grünflächen unter APV zwingend als Biodiversitätsförderflächen (BFF) bewirtschaftet werden müssen, dafür im Gegenzug der landwirtschaftlichen Nutzfläche angerechnet werden dürfen und entsprechend beitragsberechtigt sind.** Infrage kämen dafür primär die BFF-Typen *Extensiv genutzte Wiese* und *Extensiv genutzte Weide*. In Anhang 4 der DZV sind die jeweiligen Bewirtschaftungsvorgaben für alle BFF-Typen definiert, in Anhang 7 die Beitragsansätze aufgelistet. Ein direktzahlungsberechtigter Betrieb in der Talzone erhält beispielsweise für eine *Extensiv genutzte Wiese* je nach Qualitätsstufe derzeit einen Betrag von 1'080 bzw. 1'920 Fr. pro ha und Jahr. Dazu kommen dann je nach Ausgangslage noch weitere Direktzahlungen wie etwa der Basisbeitrag (für BFF 450 Fr. pro ha und Jahr), allfällige Vernetzungsbeiträge (1'000 Fr. für *Extensiv genutzte Wiesen* bzw. 500 Fr. für *Extensiv genutzte Weiden* pro ha und Jahr) sowie Landschaftsqualitätsbeiträge (max. 120 Fr. pro ha und Jahr). Eine **Erstellung von APV-Anlagen auf bereits bestehenden BFF oder auf anderen ökologisch sensiblen Flächen sollte von vornherein ausgeschlossen** werden.

Da sich **Biodiversitätsförderflächen auf Ackerland** (Buntbrachen, Rotationsbrachen, Ackerschonstreifen, Blühstreifen, Saum auf Ackerfläche) **unter APV-Anlagen** weniger gut mit der produzierenden Landwirtschaft vereinbaren lassen als die oben genannten Grünflächen, erscheint eine **vergleichbare BFF-Verpflichtung wenig zielführend**. Für die landwirtschaftliche Produktion genutzte Ackerflächen unter APV könnten unter Umständen deshalb weiterhin von der landwirtschaftlichen Nutzfläche und damit von den Direktzahlungen ausgenommen bleiben. Die Landwirte sollten jedoch generell dazu ermuntert werden, den ökologischen Ausgleich auf ihrem Betrieb nicht nur auf Grünflächen zu konzentrieren, sondern auch BFF auf Ackerland miteinzubeziehen.

Ein Blick ins **Ausland** beweist, dass sich die APV-Technologie in den letzten Jahren vielerorts sehr **dynamisch entwickelt** hat. Die installierte APV-Leistung stieg exponentiell von ca. 5 MW im Jahr 2012 auf ca. 2.9 GW im Jahr 2018, mit staatlichen Förderprogrammen in Japan (seit 2013), China (ca. 2014), Frankreich (seit 2017), den USA (seit 2018) und zuletzt Korea (https://www.axpo.com/ch/de/ueber-uns/magazin.detail.html/magazin/erneuerbare-energien/Oben-Solarstrom-unten-Haerdoepfu.html).

Seit 2017 werden in **Deutschland** dank einer erweiterten Flächentyp-Definition in definierten Gebieten sowohl Ackerland als auch Grünland als Standorte für Freiflächen-PVA akzeptiert (Riedl et al., 2020). Solarstrom ist z.B. auf Ackerflächen förderfähig, wenn diese in einem Abstand von mindestens 110 m zu Autobahnen oder Schienenwegen liegen (https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/haeufige-rechtsfrage/45).

Die Hürden für die Umsetzung von APV-Projekten in Kombination mit ökologischer Aufwertung sind jedoch auch in Deutschland noch hoch (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, 2020). Bislang gilt die stark einschränkende Vorgabe, dass Projektierende von Solarparks ökologische Ausgleichsmassnahmen ausserhalb der APV-Anlagen ergreifen müssen. Zumindest im Bundesland Bayern soll sich dies künftig ändern, dann sollen auch ökologische Ausgleichsmassnahmen innerhalb von Freiflächen-PVA erlaubt sein (https://www.pv-magazine.de/2020/11/13/bayern-wird-demnaechst-oekologische-ausgleichsmassnahmen-innerhalb-von-photovoltaik-freiflaechen-erlauben).

5.3 Floating Photovoltaik (FPV)

FPV befindet sich global im Aufwind, zu den unmittelbaren Auswirkungen auf Natur und Umwelt gibt es jedoch bisher nur wenig Literatur (Lammerant et al., 2020). Je nach Gewässertyp und Anwendungsbereich hat FPV das Potenzial, **Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässer abzumildern oder aber auch schädlich auf das Gewässerökosystem einzuwirken** (Exley et al., 2021).

Ein Fallbeispiel für eine alpine FPV-Anlage auf dem Lac des Toules im Kanton Wallis wird in Kapitel 5.4 präsentiert.

5.3.1 Vorteile

→ Höhere Wassertemperaturen durch die Erderwärmung können zwar durch FPV nicht vollständig beseitigt, aber einfach und effizient (kein Landverbrauch) reduziert werden (Rosa-Clot, 2020). Damit könnte

auch stärker auftretenden, **potenziell toxischen Algenblüten entgegengewirkt** werden, die auch in der Schweiz wiederholt zu Vergiftungen geführt haben (Tages-Anzeiger vom 4.8.2021).

→ **Vögel scheinen durch FPV-Anlagen nicht gestört** zu werden. **Fische halten sich gerne unter und zwischen FPV-Anlagen auf** (Beschattung, spezielle Algenfauna, «Riffeffekt»), kommen so zu einem neuen Lebensraum und entziehen sich zum Teil den Fischern (Rosa-Clot, 2020).

→ FPV-Anlagen haben einen **geringeren Flächenbedarf**, da deren Wirkungsgrad dank dem Kühleffekt des Wassers 11 % höher und die Wasserverdunstung 70 % kleiner ist als bei vergleichbaren Solarkraftwerken an Land (Sahu et al., 2016).

→ In einer holländischen Untersuchung stellten Mathijssen et al. (2020) nur eine **geringe Freisetzung von Schwermetallen und keinen Eintrag von organischen Mikroverunreinigungen** ins Wasser fest.

5.3.2 Nachteile

→ Da FPV-Anlagen anscheinend durch Vögel nicht gemieden werden, kann es zu Problemen durch **Kotverschmutzung von Solarpanels** kommen (Rosa-Clot, 2020).

→ Es bestehen noch **zahlreiche offene Fragen und Unsicherheiten**, z.B. bezüglich Wirkungsmechanismen auf die Durchmischung von Seen, möglichen negative Effekten auf die Unterwasservegetation in Flachwasserbereichen, Einflüssen auf das Phytoplankton und auf die Primärproduktion sowie auf die Nahrungsnetze in Seen im Allgemeinen.

5.4 Spezialfall Photovoltaik im alpinen Raum

Remund et al. (2019) beziffern aufgrund von Überlegungen zur Nähe von Einspeisemöglichkeiten sowie unter Weglassung von Schutzgebieten ein ausschöpfbares PV-Potential von 16.4 TWh für alpine Freiflächen in Höhenlagen zwischen 1'500 und 2'500 m ü. M.. Die Autoren weisen darauf hin, dass alpine Freiflächen-PVA den Vorteil haben, dass diese – wenn 70° oder steiler montiert – in jeder Jahreszeit praktisch gleich viel Energie produzieren und die Maximalproduktion gegen Ende Winter (Februar-März) erreicht wird, was bezüglich der Integration in das bestehende Schweizer Stromsystem vorteilhaft sei.

Die ZHAW betreibt auf der Totalp in Davos auf rund 2'500 m ü. M. eine Photovoltaik-Versuchsanlage. Messungen aus den Jahren 2018 und 2019 ergaben eine ca. 1.5 bis 2x höhere Flächeneffizienz im Vergleich zu PVA im Schweizer Mittelland (Anderegg et al., 2019). Bei Modulneigungen ab 70° kann mehr als 50 % der Energie im Winterhalbjahr produziert werden, was nebst der nebelarmen Lage vor allem auf die Schneebedeckung des umgebenden Geländes zurückzuführen sei. Den höchsten absoluten Ertrag im Winterhalbjahr verzeichneten bifaziale Module mit 70° Neigung. Während dieser Zeit konnten diese eine solch grosse Strommenge produzieren wie eine Mittelland-Anlage mit vergleichbarer Grösse während des gesamten Jahres. Im Winter ergab sich sogar ein 3 bis 3.5x höherer Stromertrag verglichen mit einer gleich grossen PVA im Mittelland (Anderegg et al., 2019).

Anlagen in offenem Gelände, wie es sie in den Nachbarländern gibt, gelten in der Schweiz wegen des Eingriffs in die Landschaft gegenwärtig noch als tabu (Tages-Anzeiger vom 3.9.2021). Mit der in Kapitel 5.2.2 erwähnten Revision der Raumplanungsverordnung (Art. 32c Abs 1 Bst c) könnten sich jedoch schon in naher Zukunft Chancen für grössere Forschungs- und Versuchsanlagen auf Freiflächen im alpinen Raum ergeben. Solche Projekte sollten von Beginn weg mit Untersuchungen zu den Auswirkungen auf die lokale Biodiversität begleitet werden. Dies ist deshalb zentral, weil die bestehenden Kenntnisse zu den Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf Flora und Fauna (vgl. Kap. 4.2 und 4.3) nicht direkt auf die Verhältnisse im alpinen Raum appliziert werden können.

Nachfolgend werden drei Fallbeispiele von alpinen Schweizer Solaranlagen präsentiert. Die Anlagen stehen zwar nicht «auf der grünen Wiese», zeigen jedoch das Innovationspotenzial der PV im alpinen Raum.

Fallbeispiel Solaranlage Muttsee-Staumauer (GL)

An der südlich ausgerichteten Muttsee-Staumauer in den Glarner Alpen entsteht derzeit auf 2'500 m ü.M. die bisher grösste alpine Solaranlage der Schweiz. Sie ist Teil des Pumpspeicherwerks Limmern. Im Endzustand werden die fast 5'000 Solar-Module rund 10'000 m^2 der Staumauer bedecken und eine Leistung von rund 2.2 MW liefern (https://www.alpinsolar.ch/ch/de/home.html). Der Wirkungsgrad von Solarmodulen ist bei tiefen Temperaturen höher und die nebelfreie Lage führt gerade in den Winter-monaten mit grossem Energiebedarf zu relativ vielen Sonnentagen. Hinzu kommt in hohen Lagen der sogenannte «Albedo-Effekt»: Sonnenlicht wird von der Schneedecke reflektiert, was zu einer höheren Solarstrom-Produktion führt. Im Vergleich zum gesamten Kraftwerk Linth-Limmern liefert die Solaranlage an der Stauseemauer aber nur einen Bruchteil der Leistung: wenn alle Turbinen laufen, wird das Kraftwerk auf eine Kapazität von rund 1'540 MW kommen, was in etwa dem Kernkraftwerk Leibstadt entspricht. Die Produktionskosten für den Solarstrom sind zudem etwa doppelt so hoch wie für Solarstrom unten im Tal, nicht zuletzt wegen den hohen Kosten für die Bauarbeiten im Hochgebirge (Tages-Anzeiger vom 3.9.2021).

Solaranlage an der Muttsee-Staumauer (GL) (Visualisierung: https://www.alpinsolar.ch)

Fallbeispiel Lac des Toules (VS)

In den Walliser Alpen ist 2020 die weltweit erste hochgelegene schwimmende Solaranlage in Betrieb gegangen. Der Lac des Toules wird zur Erzeugung von Wasserkraft genutzt und liegt auf 1'810 m ü.M. Der schwimmende Solarpark besteht aus 1'400 Panels, die von 36 schwimmenden Aluminium- und Polyethylen-Strukturen getragen werden, welche ihrerseits im Boden verankert sind. Die Jahresproduktion erreicht mehr als 800'000 KWh. Die Verwendung von bifazialen Solarpanels ermöglicht es, das von der Wasseroberfläche reflektierte Licht zu nutzen (https://www.swissinfo.ch/ger/erneuerbare-energien_schwimmende-solarparks--weltpremiere-in-den-schweizer-alpen/46120682).

Schwimmender alpiner Solarpark auf dem Lac des Toules (VS) (Bild: https://resources.news.e.abb.com)

Fallbeispiel Solarskilift Tenna (GR)

2011 wurde in Tenna im Safiental (Kanton Graubünden) der weltweit erste Solarskilift in Betrieb genommen. 82 Solarwings mit je drei Panels produzieren auf einer Länge von 330 m jährlich rund 100'000 KWh Solarstrom. Die Solarwings sind auf zwei Tragseilen oberhalb des Transportseils montiert, so dass keine weiteren Stützen benötigt werden (https://solar-skilift.ch/solarskilift/solaranlage). Gemäss Auskunft von Jürg Rohrer, ZHAW, vom 21.10.2021 ist dieses Verfahren nur dann umsetzbar, wenn die Stützen von Anfang an auf die zusätzliche Last ausgelegt werden. Im Normalfall sei dies nachträglich nicht mehr möglich.

Solarskilift in Tenna (GR) (Bild: https://www.surselva.info)

5.5 Spezialfall «Solarstrassen» und «Solarzäune»

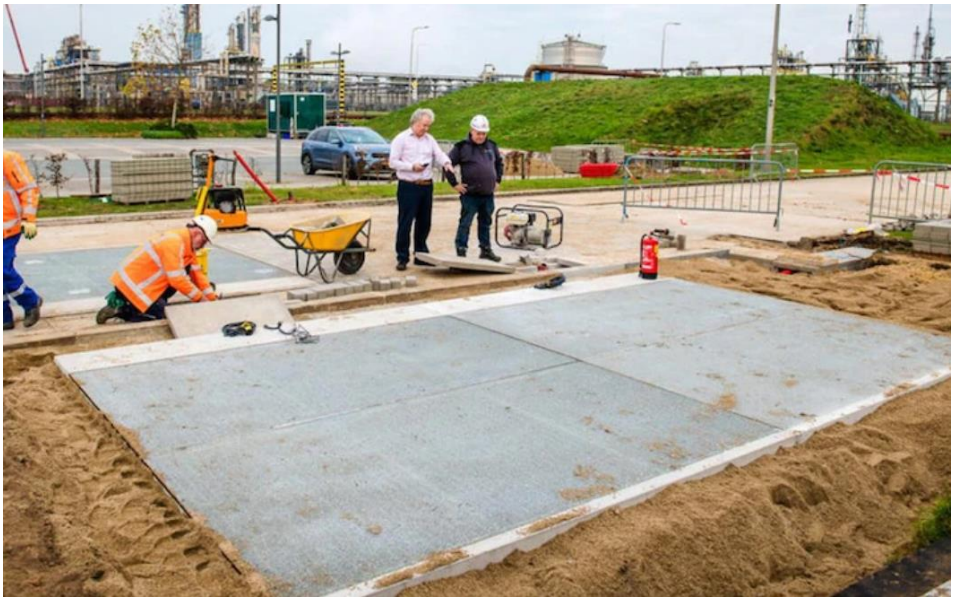
5.5.1 «Solarstrassen»

Im Knonauer Amt im Kanton Zürich ist auf 2.5 km Länge eine Überdachung der Autobahn mit Solarzellen geplant, wodurch Strom für 20'000 Haushalte produziert werden könnte (Tages-Anzeiger vom 15.7.2021).

Geplanter «Solar-Highway» im Knonauer Amt. Visualisierung: Energypier
(Quelle: https://www.tagesanzeiger.ch/zuercher-autobahn-soll-mit-solarzellen-ueberdacht-werden-735295286313)

Auf einigen Strassenabschnitten des *Brightlands Chemelot-Campus* in den Niederlanden werden seit August 2021 im Rahmen des Innovationsprojekts *Rolling Solar* kristalline Solarmodule als Strassenbelag verlegt. Das Produkt soll einen Ertrag von 120 KWh pro m^2 und Jahr liefern (https://efahrer.chip.de/news/die-autobahn-als-kraftwerk-holland-baut-erste-strassen-aus-solaranlagen_105515).

Beim Einsatz von PV-Strassen für den schweren Verkehr sehen Fachexperten ein grosses Potenzial in Dünnschichtmodulen. Diese seien zwar weniger effizient als monokristalline Solarmodule, liessen sich dafür einfacher und kostengünstiger in neue vorgefertigte oder bestehende Strassenbeläge integrieren, da man sie einfach auf die Oberfläche kleben könne (https://www.pv-magazine.de/2021/07/28/rolling-solar-feldversuche-mit-unterschiedlichen-photovoltaik-strassen-starten).



Solarmodule als Strassenbelag in den Niederlanden (Bild: Jonathan Vos / pv-magazine)

An seiner Sitzung vom 27. Oktober 2021 hat der Bundesrat einen Bericht verabschiedet, der aufzeigt, dass entlang von Autobahnen und Bahnstrecken insgesamt 101 GWh Solarstrom pro Jahr produziert werden könnte. Zur besseren Nutzung dieses Potenzials braucht es allerdings noch rechtliche Anpassungen (https://www.ee-news.ch/de/article/47301/bundesrat-entlang-von-autobahnen-und-bahnstrecken-konnten-101-gigawattstunden-solarstrom-produziert-werden?utm_source=newsletter1460&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter1460).

5.5.2 «Solarzäune»

Als eine besondere Form der APV können mit Solarpanels bestückte Zäune zur Umgrenzung von Weideflächen betrachtet werden (Photovoltaic Austria, 2020). Solche fixen Zäune könnten als räumliche Gestaltungselemente auch als Abgrenzungen zwischen Grundstücken ausserhalb von Landwirtschaftsflächen genutzt werden.

Ein neuartiger, bifazialer Solarzaun aus Deutschland (*Next2Sun Mounting Systems*) ist dank ansprechendem Design geeignet für verschiedenste Anwendungsbereiche, z.B. auch als Windschutzelement (https://www.pv-magazine.de/2021/05/21/next2sun-bringt-bifazialen-solarzaun-auf-den-markt).

Bifazialer Solarzaun (Quelle: https://www.next2sun.de)

McGuigan (2009) errechnete in einem Gedankenspiel den Stromertrag von PV-Zäunen, die ein grösseres Wildtierreservat umgrenzen. Ein Schutzgebiet für 300 Tiger benötigt ca. eine Fläche von 50 km Durchmesser und würde, umgeben von einem 5 km umfassenden Ring aus PV-Panels, rund 60 GW Strom liefern.

6. Forschungsbedarf und Ausblick

6.1 Forschungsbedarf

Empirische Untersuchungen aus vielen Ländern belegen, dass Freiflächen-PVA über das Potenzial verfügen, einen wichtigen Beitrag zur Förderung der lokalen Biodiversität zu leisten. Falls für die Erstellung einer Solaranlage keine ökologisch sensiblen Lebensräume zerstört oder beeinträchtigt werden, dürften die Vorteile **für wildlebende Tiere und Pflanzen oftmals überwiegen**. Das umliegende Landwirtschaftsland könnte bei erhöhter Artenvielfalt wiederum von **verbesserten Ökosystemleistungen profitieren**, etwa einer effizienteren natürlichen Schädlingsregulation und Bestäubung von Kulturpflanzen. Voraussetzung für solche positive Effekte sind eine **naturnahe Ausgestaltung und extensive Nutzungsformen innerhalb der Freiflächen-PVA**, abgestimmt auf die naturräumlichen Gegebenheiten. Wie diese Gestaltungs- und Nutzungsformen konkret auszusehen hätten, wird nur in wenigen Studien thematisiert, und die Angaben beruhen oftmals auf qualitativen Aussagen sowie auf «grauer Literatur», z.B. allgemeinen Empfehlungen zur Förderung von Wildblumenwiesen und standorttypischen Gehölzen. Die vorliegende Literaturstudie zeigt auch auf, dass sich bis anhin die meisten Untersuchungen nur auf **einzelne bzw. einzelne wenige Freiflächen-PVA abstützen**, weshalb bestenfalls lokal bezogene Aussagen möglich sind. Zudem mangelt es oft an quantitativen Resultaten und somit an wissenschaftlicher Evidenz.

Für eine umfassende Beurteilung des Einflusses auf die Biodiversität müssten die bestehenden Studien **methodisch formalisiert,** in einen **lokalen Kontext** gebracht und dann innerhalb eines **wissenschaftlichen Rahmens** repliziert werden. Am aussagekräftigsten wären in diesem Zusammenhang **BACI-Studien** *(Before-After-Control-Impact)*, damit die Situation vor Erstellung der Freiflächen-PVA als Referenzzustand erfasst und so Veränderungen während und nach Erstellung der Anlage belegt werden können. Wie ein solches Monitoring angegangen und methodisch umgesetzt werden soll, wurde im Rahmen dieser Studie nicht untersucht und müsste noch erarbeitet werden.

Aus eigener Erfahrung empfiehlt sich als Ergänzung zu den standardmässig durchgeführten **Vegetationsaufnahmen** der Einbezug von **Indikator-Insektengruppen**, da jene dank kurzer Generationszeiten und oftmals klar definierter Lebensraumansprüche **spezifisch und rasch auf Umweltveränderungen reagieren**. Als Indikatoren für Ökosystemleistungen bieten sich beispielsweise Wildbienen (Bestäubung), Schwebfliegen (Bestäubung, Larven z.T. für natürliche Schädlingsregulation) und Laufkäfer (natürliche Schädlingsregulation) an. Tagfalter (tagaktive Schmetterlinge) würden sich wiederum als Indikatoren zur Bewertung verschiedener Nutzungsformen und -intensitäten anbieten, Heuschrecken als Indikatoren für die mikroklimatische Vielfalt eines Standorts. Insekten wären für ein solches Monitoring auch deshalb geeignet, weil sie in der Schweiz einem alarmierenden Rückgang in der Kulturlandschaft unterliegen und deshalb besonders förderungswürdig sind (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2019). **Da aus dem alpinen Raum keine wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Auswirkungen von Freiflächen-PVA auf die lokale Biodiversität von Grünflächen vorliegen, wären diesbezügliche Projekte besonders begrüssenswert**.

6.2 Ausblick

Wie in diesem Bericht erläutert, stehen Freiflächen-PVA «auf der grünen Wiese» nicht nur vor hohen **raumplanerischen Hürden**, sondern auch vor massiven betriebswirtschaftlichen Hindernissen: Da Freiflächen-PVA explizit nicht zur landwirtschaftlichen Nutzfläche gehören, ist Landwirtschaftsland unter Agrophotovoltaik-Anlagen **im Rahmen des geltenden Rechts nicht direktzahlungsberechtigt**. Dies obschon ein naturverträglicher Ausbau von Freiflächen-PV zu einer **Bereicherung der ökologischen Infrastruktur** führen könnte.

Inwiefern die aktuell sehr restriktive Bewilligungspraxis zielführend ist oder angepasst werden sollte, müsste in einem **breit abgestützten politischen Dialog** diskutiert und geklärt werden. Dass auch seitens biologischer Landwirtschaft Diskussionsbereitschaft für eine Kombination von landwirtschaftlicher Nutzfläche und PV besteht, zeigt eine aktuelle Stellungnahme von Knut Schmidtke, dem neuen Direktor des *Forschungsinstituts für biologischen Landbau FIBL*. Er schlägt explizit vor, auch über eine PV-Nutzung auf Grün- und Ackerland nachzudenken und nicht nur über eine solche auf Dächern (NZZ am Sonntag vom 26.9.2021).

Swissolar schlägt in einer aktuellen Stellungnahme zur Teilrevision des *Raumplanungsgesetzes (RPG)* vor, die Verfügbarkeit von Stellflächen abseits von Dächern und Fassaden zu vereinfachen. Unter ande-

rem soll die **Regelung für die Energieerzeugung ausserhalb der Bauzone oder in der Landwirtschaftszone vereinheitlicht werden**. Dazu soll im *RPG* geklärt werden, unter welchen Bedingungen Freiflächen-PVA landwirtschaftszonenkonform sind bzw. einer Ausnahmebewilligung unterstehen. Heute bestünden in diesem Zusammenhang noch Unsicherheiten, da die erneuerbaren Energien PV und Biomasse im Gesetz unterschiedlich privilegiert würden (https://www.energate-messenger.ch/news/215346/swissolar-will-verfuegbarkeit-von-stellflaechen-vereinfachen).

Im angewandten Naturschutz hat sich wiederholt gezeigt, dass durch eine geschickte Auswahl von **Sympathieträgern als Aushängeschilder** («Flaggschiffarten») oder durch den Einbezug von Tier- und Pflanzen-Arten mit speziellen Lebensweisen die Akzeptanz eines Vorhabens bei Entscheidungsträgern und in der breiten Bevölkerung gesteigert werden kann. Diese können dann gegebenenfalls für das ganze Vorhaben stehen: In einem Projekt bei Wien war dies der Feldhamster, bei Projekten in Dänemark der Kiebitz und in einem Solarpark im deutschen Crailsheim die Blauflügelige Ödlandschrecke (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2019).

Die Förderung von Freiflächen-PVA eröffnet die Möglichkeit, **Energie- und Klimaschutzziele mit den Anliegen des Naturschutzes in Einklang zu bringen** und könnte dank dem allgemein positiven Image der Solarenergie wichtige Impulse für die angestrebte Energiewende liefern. Eine breit angelegte **Informationskampagne** zum Thema Freiflächen-PVA in der Publikumspresse, bei Fachverbänden und weiteren involvierten Kreisen könnte zur erwünschten Versachlichung der Diskussion beitragen und den Weg für erste PV-Forschungsanlagen auf Schweizer Grünflächen ebnen.

7. Literatur und Referenzen

Adeh, Elnaz H., Good, S. P., Calaf, M., & Higgins, C. W. (2019). Solar PV Power Potential is Greatest Over Croplands. *Scientific Reports*, *9*(1), 1–6. https://doi.org/10.1038/s41598-019-47803-3

Adeh, Elnaz Hassanpour, Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLOS ONE*, *13*(11), e0203256. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256

Agha, M., Lovich, J. E., Ennen, J. R., & Todd, B. D. (2020). Wind, sun, and wildlife: Do wind and solar energy development 'short-circuit' conservation in the western United States? *Environmental Research Letters*, *15*(7), 075004. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8846

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2019). *Insektenschwund in der Schweiz und mögliche Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft*.

AL-agele, H. A., Proctor, K., Murthy, G., & Higgins, C. (2021). A Case Study of Tomato (Solanum lycopersicon var. Legend) Production and Water Productivity in Agrivoltaic Systems. *Sustainability*, *13*(5), 2850. https://doi.org/10.3390/su13052850

Albrecht, M., Schmid, B., Hautier, Y., & Müller, C. B. (2012). Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *279*(1748), 4845–4852. https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1621

Anderegg, D., Strebel, S., & Rohrer, J. (2019). Messergebnisse Juni 2018 bis Mai 2019 Versuchsanlage Totalp. Forschungsgruppe Erneuerbare Energien, IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, ZHAW, Wädenswil. https://digitalcollection.zhaw.ch/handle/11475/20369

Armstrong, A., Ostle, N. J., & Whitaker, J. (2016). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters*, *11*(7), 074016. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/074016

Assouline, D., Mohajeri, N., & Scartezzini, J.-L. (2017). Quantifying rooftop photovoltaic solar energy potential: A machine learning approach. *Solar Energy*, *141*, 278–296. https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.11.045

Babayigit, A., Duy Thanh, D., Ethirajan, A., Manca, J., Muller, M., Boyen, H.-G., & Conings, B. (2016). Assessing the toxicity of Pb- and Sn-based perovskite solar cells in model organism Danio rerio. *Scientific Reports*, *6*(1), 1–11. https://doi.org/10.1038/srep18721

Badelt, O., Niepelt, R., Wiehe, J., Matthies, S., Gewohn, T., Stratmann, M., … von Haaren, C. (2020). *Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft (INSIDE)*. Auftraggeber: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz.

Barron-Gafford, G. A., Minor, R. L., Allen, N. A., Cronin, A. D., Brooks, A. E., & Pavao-Zuckerman, M. A. (2016). The Photovoltaic Heat Island Effect: Larger solar power plants increase local temperatures. *Scientific Reports*, *6*(1), 1–7. https://doi.org/10.1038/srep35070

Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., … Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, *2*(9), 848–855. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5

Beatty, B., Macknick, J., McCall, J., Braus, G., & Buckner, D. (2017). *Native Vegetation Performance under a Solar PV Array at the National Wind Technology Center* (Nr. NREL/TP--1900-66218, 1357887; S. NREL/TP--1900-66218, 1357887). https://doi.org/10.2172/1357887

BenGhida, D., & BenGhida, S. (2019). *Investment in Agrophotovoltaics: Efficient Solutions from Switzerland*. https://doi.org/10.35940/ijitee.I2497.1081219

Bernáth, B., Szedenics, G., Molnár, G., Kriska, G., & Horváth, G. (2001). Visual ecological impact of a peculiar waste oil lake on the avifauna: Dual-choice field experiments with water-seeking birds using huge shiny black and white plastic sheets. *Arch Nature Conserv Landsc Res*, *40*, 1–28.

Bevk, T., & Golobič, M. (2020). Contentious eye-catchers: Perceptions of landscapes changed by solar power plants in Slovenia. *Renewable Energy*, *152*, 999–1010. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.108

Biesmeijer, D. K., van Kolfschoten, L., Wit, D. F., & Moens, M. (2020). *The effects of solar parks on plants and pollinators: The case of Shell Moerdijk*. 28.

Blaydes, H., Potts, S. G., Whyatt, J. D., & Armstrong, A. (2021). Opportunities to enhance pollinator biodiversity in solar parks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *145*, 111065. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111065

Bosch, S., & Peyke, G. (2011). Gegenwind für die Erneuerbaren – Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum. *Raumforschung und Raumordnung*, *69*(2), 105–118. https://doi.org/10.1007/s13147-011-0082-6

Bruce, B. (2019). *The surprising symbiosis behind responsibly developed Utility-Scale Solar Sites*. RP Construction Services.

Brunet, C., Savadogo, O., Baptiste, P., Bouchard, M. A., Rakotoary, J. C., Ravoninjatovo, A., … Merveille, N. (2020). Impacts Generated by a Large-Scale Solar Photovoltaic Power Plant Can Lead to Conflicts between Sustainable Development Goals: A Review of Key Lessons Learned in Madagascar. *Sustainability*, *12*(18), 7471. https://doi.org/10.3390/su12187471

Bucher, C., & Schwarz, R. (2019). *Studie Winterstrom Schweiz - Was kann die heimische Photovoltaik beitragen?* Energie Schweiz, Bundesamt für Energie (BFE) [Hrsg.]

Bundesamt für Energie (BFE) (2018). *Energiestrategie 2050 nach dem Inkrafttreten des neuen Energiegesetzes.* https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/politik/energiestrategie-2050.html

Bundesamt für Energie (BFE) (2020). *Energiestrategie 2050 Monitoring-Bericht 2020 inkl. Kurzfassung.* https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/monitoring-energiestrategie-2050.html

Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) (2020). *Agrarbericht 2020.* https://www.agrarbericht.ch/de/politik/direktzahlungen/biodiversitaetsbeitraege

Bundesamt für Statistik (BFS) (2021). *Umwelt Taschenstatistik 2021.*

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2017a). *Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz*. Vom Bundesrat am 06.09.2017 genehmigt

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2017b). Biodiversität in der Schweiz: Zustand und Entwicklung. Ergebnisse des Überwachungssystems im Bereich Biodiversität, Stand 2016. Umwelt-Zustand Nr. 1630

Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2021). *Zustand der Lebensräume in der Schweiz.* https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/zustand-der-biodiversitaet-in-der-schweiz/zustand-der-lebensraeume-in-der-schweiz.html

Chang, Y.-H., Ku, C.-R., & Lu, H.-L. (2014). Effects of aquatic ecological indicators of sustainable green energy landscape facilities. *Ecological engineering*, *71*, 144–153.

Chock, R. Y., Clucas, B., Peterson, E. K., Blackwell, B. F., Blumstein, D. T., Church, K., … Toni, P. (2021). Evaluating potential effects of solar power facilities on wildlife from an animal behavior perspective. *Conservation Science and Practice*, *3*(2). https://doi.org/10.1111/csp2.319

Choi, C. S., Cagle, A. E., Macknick, J., Bloom, D. E., Caplan, J., & Ravi, S. (2020). *Effects of Revegetation on Soil Physical and Chemical Properties in Solar Photovoltaic Infrastructure*. https://doi.org/10.34944/dspace/1110

Conkling, T. J., Loss, S. R., Diffendorfer, J. E., Duerr, A. E., & Katzner, T. E. (2021). Limitations, lack of standardization, and recommended best practices in studies of renewable energy effects on birds and bats. *Conservation Biology*, *35*(1), 64–76. https://doi.org/10.1111/cobi.13457

Cook Lauren M., & McCuen Richard H. (2013). Hydrologic Response of Solar Farms. *Journal of Hydrologic Engineering*, *18*(5), 536–541. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000530

Csencsics, D., Aavik, T., Hedinger, C., Holderegger, R., Home, R., Keller, D., … Bolliger, J. (2014). Lebensraumvernetzung in der Agrarlandschaft. *Eidgen. Forschungsanstalt WSL, Merkblatt Praxis*, *53*.

Demuth, B., Maack, A., Schumacher, J., Süßbier, D., Deutschland, Bundesamt für Naturschutz, … Technische Universität Berlin. (2019). *Photovoltaik-Freiflächenanlagen Planung und Installation mit Mehrwert für den Naturschutz*. Berlin: Bundesamt für Naturschutz (BfN).

DeVault, T. L., Seamans, T. W., Schmidt, J. A., Belant, J. L., Blackwell, B. F., Mooers, N., … Van Pelt, L. (2014). Bird use of solar photovoltaic installations at US airports: Implications for aviation safety. *Landscape and Urban Planning*, *122*, 122–128. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.017

Dhar, A., Naeth, M. A., Jennings, P. D., & Gamal El-Din, M. (2020). Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems. *Science of The Total Environment*, *718*, 134602. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134602

DIN SPEC 91434 (2021). Agri-Photovoltaik-Anlagen – Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, *36*(10), 2725–2732. https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005

Dwyer, J. F., Landon, M. A., & Mojica, E. K. (2018). Impact of Renewable Energy Sources on Birds of Prey. In J. H. Sarasola, J. M. Grande, & J. J. Negro (Hrsg.), *Birds of Prey* (S. 303–321). https://doi.org/10.1007/978-3-319-73745-4_13

Ebert, T., & Müller, C. (2011). Schadstoffe in Photovoltaik – Freiflächenanlagen. *Bodenschutz*, (3), 4. https://doi.org/10.37307/j.1868-7741.2011.03.04

Elamri, Y., Cheviron, B., Lopez, J.-M., Dejean, C., & Belaud, G. (2018). Water budget and crop modelling for agrivoltaic systems: Application to irrigated lettuces. *Agricultural Water Management*, *208*, 440–453. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.001

Exley, G. (2021). Floating solar farms could cool down lakes threatened by climate change. Abgerufen 27. August 2021, von The Conversation website: http://theconversation.com/floating-solar-farms-could-cool-down-lakes-threatened-by-climate-change-157987

Exley, G., Armstrong, A., Page, T., & Jones, I. D. (2021). Floating photovoltaics could mitigate climate change impacts on water body temperature and stratification. *Solar Energy*. https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.01.076

Fartmann, T., Jedicke, E., Streitberger, M., & Stuhldreher, G. (2021). *Insektensterben in Mitteleuropa: Ursachen und Gegenmaßnahmen*.

Fartmann, T., Stuhldreher, G., Streitberger, M., & Helbing, F. (2021). Die Bedeutung der Habitatqualität für den Schutz der Insektendiversität—Mikroklima, Phytodiversität, Habitatheterogenität und Totholz sind Schlüsselfaktoren für artenreiche Insektengemeinschaften. *Naturschutz und Landschaftsplanung (NuL)*, *53*(7), 12–17. https://doi.org/10.1399/NuL.2021.07.01

Fechner, H. (2020). *Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung, um das Ökostromziel realisieren zu können* (S. 69) [Studie im Auftrag von Österreichs Energie]. Wien.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme. (2020). *Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende* (S. 56) [Leitfaden für Deutschland]. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE.

Fritz, B., Horváth, G., Hünig, R., Pereszlényi, Á., Egri, Á., Guttmann, M., … Gomard, G. (2020). Biorepli-cated coatings for photovoltaic solar panels nearly eliminate light pollution that harms polarotactic in-sects. *PLOS ONE*, *15*(12), e0243296. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243296

Fthenakis, V., Blunden, J., Green, T., Krueger, L., & Turney, D. (2011). Large photovoltaic power plants: Wildlife impacts and benefits. *2011 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, 002011–002016. https://doi.org/10.1109/PVSC.2011.6186348

Gehrlein, U., Mengel, A., Milz, E., Hoheisel, D., Barthelmes, B., Düsterhaus, B., … Schubert, S. (2017). *Nationale Naturlandschaften (NNL) und erneuerbare Energien. Gesamtbericht. Band 1* (482. Aufl.). Abgerufen von https://doi.org/10.19217/skr482

George, G., Kanavas, X., & Zissopoulos, D. (2013). *ADAM, Intelligent integrated self-enhanced photovol-taic panel with rainwater harvesting for irrigation, unit cooling and cleaning* (G. M. Papadourakis, Hrsg.). New York: Ieee.

Graham, M., Ates, S., Melathopoulos, A. P., Moldenke, A. R., DeBano, S. J., Best, L. R., & Higgins, C. W. (2021). Partial shading by solar panels delays bloom, increases floral abundance during the late-sea-son for pollinators in a dryland, agrivoltaic ecosystem. *Scientific Reports*, *11*(1), 7452. https://doi.org/10.1038/s41598-021-86756-4

Greif, S., Zsebők, S., Schmieder, D., & Siemers, B. M. (2017). Acoustic mirrors as sensory traps for bats. *Science*. Abgerufen von https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aam7817

Guiller, C., Affre, L., Deschamps-Cottin, M., Geslin, B., Kaldonski, N., & Tatoni, T. (2017). Impacts of solar energy on butterfly communities in mediterranean agro-ecosystems. *Environmental Progress & Sus-tainable Energy*, *36*(6), 1817–1823. https://doi.org/10.1002/ep.12626

Günnewig, D., Sieben, A., Püschel, M., Bohl, J., & Mack, M. (2007). *Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen* (S. 126). Hannover: Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Bearbeitung durch ARGE Moni-toring PV-Anlagen.

Guntern, J., Suhner, M., Neumann P., Müller, A. (2014). *Bienen und andere Bestäuber: Bedeutung für Landwirtschaft und Biodiversität.* Swiss Academies Factsheets 9 (1).

Harrison, C., Lloyd, H., & Field, C. (2016). *Evidence review of the impact of solar farms on birds, bats and general ecology*. Manchester Metropolitan University.

Heindl, M. (2016). Brutbestandsentwicklung von Braunkehlchen Saxicola rubetra und Grauammer Em-beriza calandra auf einer Photovoltaik-Freiflächenanlage bei Demmin. *Ornithol. Rundbr. Mecklenbg.-Vorpomm.*, *48*(3), 303–307.

Herden, C., Rassmus, J., & Gharadjedaghi, B. (2009). *Naturschutzfachliche Bewertungsmethoden von Freilandphotovoltaikanlagen* (S. 195) [BfN-Skript]. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.

Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., … Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *29*, 766–779. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041

Horica, S. (2021). *Photovoltaik im Weinbau – eine Potenzialabschätzung*. Bachelorarbeit ZHAW Wädenswil.

Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects. *Conservation Biology*, *24*(6), 1644–1653. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x

Horváth, G., Pereszlényi, Á., Egri, Á., Fritz, B., Guttmann, M., Lemmer, U., … Kriska, G. (2020). Horsefly reactions to black surfaces: Attractiveness to male and female tabanids versus surface tilt angle and temperature. *Parasitology Research*, *119*(8), 2399–2409. https://doi.org/10.1007/s00436-020-06702-7

Hostettler, T. & Hekler, A. (2021). *Statistik Sonnenenergie. Referenzjahr 2020*. Hrsg. Bundesamt für Energie (BFE)

Jäger, M. (2021). *Agro-Photovoltaik in der Schweizer Landwirtschaft: Machbarkeitsstudie untersucht Potenziale und Risiken*. IUNR Magazin 2021(1). https://doi.org/10.21256/zhaw-22658

Ketzer, D., Weinberger, N., Rösch, C., & Seitz, S. B. (2020). Land use conflicts between biomass and power production – citizens' participation in the technology development of Agrophotovoltaics. *Journal of Responsible Innovation*, *7*(2), 193–216. https://doi.org/10.1080/23299460.2019.1647085

Kim, J. Y., Koide, D., Ishihama, F., Kadoya, T., & Nishihiro, J. (2021). Current site planning of medium to large solar power systems accelerates the loss of the remaining semi-natural and agricultural habitats. *Science of The Total Environment*, 146475. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146475

Kitt, M. (2020). *Vorhabenbezogener B-Plan "Photovoltaik-Freiflächenanlage an der Bahnlinie" in Winden* (S. 23) [Artenschutzrechtlicher Beitrag zu Bebauungsplan]. Minfeld: Im Auftrag der Ortsgemeinde Winden.

Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D., Gerringer, M., & Erickson, W. (2020). A summary of bird mortality at photovoltaic utility scale solar facilities in the Southwestern U.S. *PLOS ONE*, *15*(4), e0232034. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232034

Lammerant, L., Laureysens, I. and Driesen, K. (2020). *Potential impacts of solar, geothermal and ocean energy on habitats and species protected under the Birds and Habitats Directives*. Final report under EC Contract ENV.D.3/SER/2017/0002.

Lieder, K., & Lumpe, J. (2011). *Vögel im Solarpark – eine Chance für den Artenschutz?* Abgerufen von http://archiv.windenergietage.de/20F3261415.pdf

Lovich, J. E., & Ennen, J. R. (2013). Assessing the state of knowledge of utility-scale wind energy development and operation on non-volant terrestrial and marine wildlife. *Applied Energy*, *103*, 52–60. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.10.001

Maia, A. S. C., Culhari, E. de A., Fonsêca, V. de F. C., Milan, H. F. M., & Gebremedhin, K. G. (2020). Photovoltaic panels as shading resources for livestock. *Journal of Cleaner Production*, *258*, 120551. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120551

Makaronidou, M. (2020). *Assessment on the local climate effects of solar parks*. 5604481 B, 237 pages. https://doi.org/10.17635/LANCASTER/THESIS/1019

Marrou, H., Wéry, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, *44*, 54–66.

Mathijssen, D., Hofs, B., Spierenburg-Sack, E., van Asperen, R., van der Wal, B., Vreeburg, J., & Ketelaars, H. (2020). Potential impact of floating solar panels on water quality in reservoirs; pathogens and leaching. *Water Practice and Technology*, *15*(3), 807–811. https://doi.org/10.2166/wpt.2020.062

McCoshum, S. M., & Geber, M. A. (2020). Land Conversion for Solar Facilities and Urban Sprawl in Southwest Deserts Causes Different Amounts of Habitat Loss for Ashmeadiella Bees. *Journal of the Kansas Entomological Society*, *92*(2), 468–478. https://doi.org/10.2317/0022-8567-92.2.468

McGuigan, M. (2009). The Tiger and the Sun: Solar Power Plants and Wildlife Sanctuaries. *arXiv:0902.4692 [physics, q-bio]*. Abgerufen von http://arxiv.org/abs/0902.4692

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2019). *Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen* (S. 84) [Handlungsleitfaden]. Stuttgart: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

Miskin, C. K., Li, Y., Perna, A., Ellis, R. G., Grubbs, E. K., Bermel, P., & Agrawal, R. (2019). Sustainable co-production of food and solar power to relax land-use constraints. *Nature Sustainability*, *2*(10), 972–980. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0388-x

Monnerat, C., Thorens, P., Walter, T., & Gonseth, Y. (2007). *Rote Liste Heuschrecken*. Bern und Neuenburg: BAFU und CSCF.

Montag, H., Parker, D. G., & Clarkson, T. (2016). The Effects of Solar Farms on Local Biodiversity. A comparative Study. *Clarkson and Woods and Wychwood Biodiversity*.

Moore-O'Leary, K. A., Hernandez, R. R., Johnston, D. S., Abella, S. R., Tanner, K. E., Swanson, A. C., … Lovich, J. E. (2017). Sustainability of utility-scale solar energy – critical ecological concepts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *15*(7), 385–394. https://doi.org/10.1002/fee.1517

Motta, C. M., Cerciello, R., De Bonis, S., Mazzella, V., Cirino, P., Panzuto, R., … Trifuoggi, M. (2016). Potential toxicity of improperly discarded exhausted photovoltaic cells. *Environmental Pollution*, *216*, 786–792.

NABU, & BSW Solar. (2021). *Kriterien für naturverträgliche Photovoltaik-Freiflächenanlagen* (S. 8) [Gemeinsames Papier]. Berlin: BSW - Bundesverband Solarwirtschaft e. V.; NABU - Naturschutzbund Deutschland e. V.

Nematchoua, M. K., Asadi, S., & Reiter, S. (2020). Influence of energy mix on the life cycle of an eco-neighborhood, a case study of 150 countries. *Renewable Energy*, *162*, 81–97. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.141

Northrup, J. M., & Wittemyer, G. (2013). Characterising the impacts of emerging energy development on wildlife, with an eye towards mitigation. *Ecology Letters*, *16*(1), 112–125. https://doi.org/10.1111/ele.12009

Owens, A. C. S., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K., & Seymoure, B. (2020). Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation*, *241*, 108259. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108259

Parker, G.E. & McQueen, C. (2013). *Can Solar Farms Deliver Significant Benefits to Biodiversity?* Preliminary Study July-August 2013. Unpublished Report.

Pereszlényi, Á., Horváth, G., & Kriska, G. (2017). Atypical feeding of woodpeckers, crows and redstarts on mass-swarming Hydropsyche pellucidula caddisflies attracted to glass panes. *Urban Ecosystems*, *20*(6), 1203–1207. https://doi.org/10.1007/s11252-017-0672-3

Pérez-de-los-Reyes, C., Ormeño, M. S., Ortíz-Villajos, J. Á. A., Navarro, F. J. G., Gallego, J. C., López, R. M., & Berenguer, F. R. (2013). Revegetation in solar photovoltaic farms in mediterranean areas. *Fresenius Environmental Bulletin*, *22*(12), 9.

Peschel, R., Peschel, T., Marchand, M., & Hauke, J. (2019). *Solarparks—Gewinne für die Biodiversität* (S. 73) [Studie]. Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V.

Photovoltaic Austria. (2020). *Photovoltaik-Nutzung in der Landwirtschaft* (S. 32) [Informationsbroschüre]. Abgerufen von Bundesverband Photovoltiac Austria website: https://pvaustria.at/wp-content/uploads/2020-Informationsbroschuere-Photovoltaik-Nutzung-in-der-Landwirtschaft-1.pdf

Piasecka, I., Bałdowska-Witos, P., Piotrowska, K., & Tomporowski, A. (2020). Eco-Energetical Life Cycle Assessment of Materials and Components of Photovoltaic Power Plant. *Energies*, *13*(6), 1385. https://doi.org/10.3390/en13061385

Raab, B. (2015). Erneuerbare Energien und Naturschutz—Solarparks können einen Beitrag zur Stabilisierung der biologischen Vielfalt leisten. *Anliegen Natur*, (Heft 37(1)), 11.

Rehbein, J. A., Watson, J. E. M., Lane, J. L., Sonter, L. J., Venter, O., Atkinson, S. C., & Allan, J. R. (2020). Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. *Global Change Biology*, *26*(5), 3040–3051. https://doi.org/10.1111/gcb.15067

Remund, J., Albrecht, S., & Stickelberger, D. (2019). *Das Schweizer PV-Potenzial basierend auf jedem Gebäude*. Meteotest und Swissolar.

Riedl, U., Stemmer, B., Philipper, S., Peters, W., Schicketanz, S., Thylmann, M., … Moczek, N. (2020). *Szenarien für den Ausbau der erneuerbaren Energien aus Naturschutzsicht* (BfN-Skript Nr. 570; S. 284). Abgerufen von Bundesamt für Naturschutz, Konstantinstr. 110, 53179 Bonn website: https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript570.pdf

Rohrer, J. (2020). Ausbau der Stromproduktion aus Photovoltaik in der Schweiz: Bedarf, Potential und Umsetzung. *Schriftenreihe Erneuerbare Energien, Bodenökologie und Ökotechnologie, Herausgeber: ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften*. https://doi.org/10.21256/ZHAW-2654

Rosa-Clot, P. (2020). Chapter 9—FPV and Environmental Compatibility. In M. Rosa-Clot & G. Marco Tina (Hrsg.), *Floating PV Plants* (S. 101–118). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817061-8.00009-9

Rösch, C. (2016). Agrophotovoltaik - die Energiewende in der Landwirtschaft. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, *25*(4), 242–246. https://doi.org/10.14512/gaia.25.4.5

Sahu, A., Yadav, N., & Sudhakar, K. (2016). Floating photovoltaic power plant: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *66*, 815–824. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.051

Schalow, L. E. (2013). *Schafbeweidung in Solarparks in Deutschland* (S. 141) [Masterarbeit]. Abgerufen von Universität Potsdam. Institut für Biochemie und Biologie. Masterstudiengang: Ökologie, Evolution & Naturschutz website: https://lelf.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Masterarbeit_Schalow.pdf

Sánchez Molina, P. (2021). *Spanish solar parks hosting 13 million bees*. pv magazine. https://www.pv-magazine.com/2021/05/21/spanish-solar-parks-hosting-13-million-bees/

Scheller, W., Mika, F., & Köpke, G. (2020). *Studie zu Auswirkungen von Photovoltaik-Anlagen auf Schreiadlerlebensräume* (S. 35) [Expertise (Auftraggeber: BAUKONZEPT Neubrandenburg GmbH)]. Teterow: SALIX-Büro für Umwelt- und Landschaftsplanung.

Schindler, B. Y., Blaustein, L., Lotan, R., Shalom, H., Kadas, G. J., & Seifan, M. (2018). Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production. *Journal of Environmental Management*, *225*, 288–299. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.017

Schlegel, J., & Rupf, R. (2010). Attitudes towards potential animal flagship species in nature conservation: A survey among students of different educational institutions. *Journal for Nature Conservation*, *18*(4), 278–290. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2009.12.002

Schweizerische Eidgenossenschaft (2019). *Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen (Landwirtschaftliche Begriffsverordnung, LBV)* vom 7. Dezember 1998 (Stand am 1. Januar 2019). 910.91

Schweizerische Eidgenossenschaft (2021). *Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (Direktzahlungsverordnung, DZV)* vom 23. Oktober 2013 (Stand am 5. Juli 2021). 910.13

Schweizerischer Bundesrat (2021). *Botschaft zum Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien.* Verabschiedete provisorische Fassung vom 18.6.2021. https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-84018.html

Semeraro, T., Aretano, R., Barca, A., Pomes, A., Del Giudice, C., Gatto, E., … Scognamiglio, A. (2020). A Conceptual Framework to Design Green Infrastructure: Ecosystem Services as an Opportunity for Creating Shared Value in Ground Photovoltaic Systems. *Land*, *9*(8), 238. https://doi.org/10.3390/land9080238

Semeraro, T., Pomes, A., Del Giudice, C., Negro, D., & Aretano, R. (2018). Planning ground based utility scale solar energy as green infrastructure to enhance ecosystem services. *Energy Policy*, *117*, 218–227. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.050

Sharpe, K. T., Heins, B. J., Buchanan, E. S., & Reese, M. H. (2021). Evaluation of solar photovoltaic systems to shade cows in a pasture-based dairy herd. *Journal of Dairy Science*, *104*(3), 2794–2806. https://doi.org/10.3168/jds.2020-18821

Sinha, P., Hoffman, B., Sakers, J., & Althouse, L. (2018). Best Practices in Responsible Land Use for Improving Biodiversity at a Utility-Scale Solar Facility. *Case Studies in the Environment*, *2*(1). https://doi.org/10.1525/cse.2018.001123

Sjödin, N. E., Bengtsson, J., & Ekbom, B. (2008). The influence of grazing intensity and landscape composition on the diversity and abundance of flower-visiting insects. *Journal of Applied Ecology*, *45*(3), 763–772. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01443.x

Sreenath, S., Sudhakar, K., & Yusop, A. F. (2020). Solar photovoltaics in airport: Risk assessment and mitigation strategies. *Environmental Impact Assessment Review*, *84*, 106418. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106418

Suuronen, A., Muñoz-Escobar, C., Lensu, A., Kuitunen, M., Guajardo Celis, N., Espinoza Astudillo, P., … Kukkonen, J. V. K. (2017). The Influence of Solar Power Plants on Microclimatic Conditions and the Biotic Community in Chilean Desert Environments. *Environmental Management*, *60*(4), 630–642. https://doi.org/10.1007/s00267-017-0906-4

Száz, D., Mihályi, D., Farkas, A., Egri, Á., Barta, A., Kriska, G., … Horváth, G. (2016). Polarized light pollution of matte solar panels: Anti-reflective photovoltaics reduce polarized light pollution but benefit only some aquatic insects. *Journal of Insect Conservation*, *20*(4), 663–675. https://doi.org/10.1007/s10841-016-9897-3

Tammaro, M., Salluzzo, A., Rimauro, J., Schiavo, S., & Manzo, S. (2016). Experimental investigation to evaluate the potential environmental hazards of photovoltaic panels. *Journal of Hazardous Materials*, *306*, 395–405. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.12.018

Tanner, K., Molina-Menor, E., Latorre-Pérez, A., Vidal-Verdú, À., Vilanova, C., Peretó, J., & Porcar, M. (2020). Extremophilic microbial communities on photovoltaic panel surfaces: A two-year study. *Microbial Biotechnology*, *13*(6), 1819–1830. https://doi.org/10.1111/1751-7915.13620

Taylor, R., Conway, J., Gabb, O. & Gillespie, J. (2019). *Potential ecological impacts of groundmounted photovoltaic solar panels.* http://www.bsg-ecology.com/wp-content/uploads/2015/01/Solar-panels-and-wildlife-review_RT_FINAL_140109.pdf

Thomas, K. A., Jarchow, C. J., Arundel, T. R., Jamwal, P., Borens, A., & Drost, C. A. (2018). Landscape-scale wildlife species richness metrics to inform wind and solar energy facility siting: An Arizona case study. *Energy Policy*, *116*, 145–152. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.052

Touil, S., Richa, A., Fizir, M., & Bingwa, B. (2021). Shading effect of photovoltaic panels on horticulture crops production: A mini review. *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology*, *20*(2), 281–296. https://doi.org/10.1007/s11157-021-09572-2

Tröltzsch, P., & Neuling, E. (2013). Die Brutvögel großflächiger Photovoltaikanlagen in Brandenburg. *Vogelwelt*, (134), 155–179.

Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., … Obergfell, T. (2021). Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *140*, 110694. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110694

Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M. H., & Jacot, K. (2015). High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *282*(1814), 20151369. https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1369

Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(6), 3261–3270. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023

Uldrijan, D., Kováčiková, M., Jakimiuk, A., Vaverková, M. D., & Winkler, J. (2021). Ecological effects of preferential vegetation composition developed on sites with photovoltaic power plants. *Ecological Engineering*, *168*, 106274. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106274

van der Kolk, H.-J., van den Berg, P., Korthals, G., & Bezemer, T. M. (2020). Shading enhances plant species richness and diversity on an extensive green roof. *Urban Ecosystems*, *23*(5), 935–943. https://doi.org/10.1007/s11252-020-00980-w

van der Zee, F., Bloem, J., Galama, P., Gollenbeek, L., van Os, J., Schotman, A., … de Vries, S. (2019). *Zonneparken natuur en landbouw*. https://doi.org/10.18174/475349

Visser, E., Perold, V., Ralston-Paton, S., Cardenal, A. C., & Ryan, P. G. (2019). Assessing the impacts of a utility-scale photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa. *Renewable Energy*, *133*, 1285–1294. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.106

Wagegg, J., & Trumpp, S. (2015). Freiflächen-Solaranlagen und Naturschutz – Eingriff oder Verbesserung im Vergleich zur Landwirtschaft. *Natur und Recht*, *37*(12), 815–821. https://doi.org/10.1007/s10357-015-2926-2

Walston, L. J., Li, Y., Hartmann, H. M., Macknick, J., Hanson, A., Nootenboom, C., … Hellmann, J. (2021). Modeling the ecosystem services of native vegetation management practices at solar energy facilities in the Midwestern United States. *Ecosystem Services*, *47*, 101227. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101227

Walston, L. J., Mishra, S. K., Hartmann, H. M., Hlohowskyj, I., McCall, J., & Macknick, J. (2018). Examining the Potential for Agricultural Benefits from Pollinator Habitat at Solar Facilities in the United

States. *Environmental Science & Technology*, *52*(13), 7566–7576. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00020

Walston, L. J., Rollins, K. E., LaGory, K. E., Smith, K. P., & Meyers, S. A. (2016). A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States. *Renewable Energy*, *92*, 405–414. https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.041

Wang, G., Zhai, Y., Zhang, S., Diomede, L., Bigini, P., Romeo, M., … Peijnenburg, W. J. G. M. (2020). An across-species comparison of the sensitivity of different organisms to Pb-based perovskites used in solar cells. *Science of The Total Environment*, *708*, 135134. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135134

Weselek, Alex, Ehmann, A., ZIkeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. (2019). *Agrophotovoltaik – Auswirkungen auf Mikroklima und landwirtschaftliche Erträge* [Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau]. https://orgprints.org/id/eprint/36099/

Weselek, Axel, Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. (2021). Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*, *41*(5), 1–15.

Weselek, Axel, Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: Applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *39*(4), 35. https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3

Widmer, I., Mühlethaler, R., Baur, B., Gonseth, Y., Guntern, J., Klaus, G., … Altermatt, F. (2021). *Insektenvielfalt in der Schweiz: Bedeutung, Trends, Handlungsoptionen*. https://doi.org/10.5281/zenodo.5144739

Wilkening, J., & Rautenstrauch, K. (2019). Can Solar Farms Be Wildlife Friendly? *The Wildlife Professional*, *13*(1), 5.

Wilson, B., & van Zyl, I. (2012). *Avifaunal and Chiroptera Specialist Study for the Development of Photovoltaic Power Stations at Welcome Wood, Norhern Cape*. Zoology Departement, McGregor Museum.

Wu, S., Li, Y., Wang, P., Zhong, L., Qiu, L., & Chen, J. (2016). Shifts of microbial community structure in soils of a photovoltaic plant observed using tag-encoded pyrosequencing of 16S rRNA. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *100*(8), 3735–3745. https://doi.org/10.1007/s00253-015-7219-4

8. Anhang: Voransicht Literaturliste

Die Excel-Literaturliste steht als separates Dokument zur Verfügung und umfasst **180 Einträge aus 137 Publikationen**.

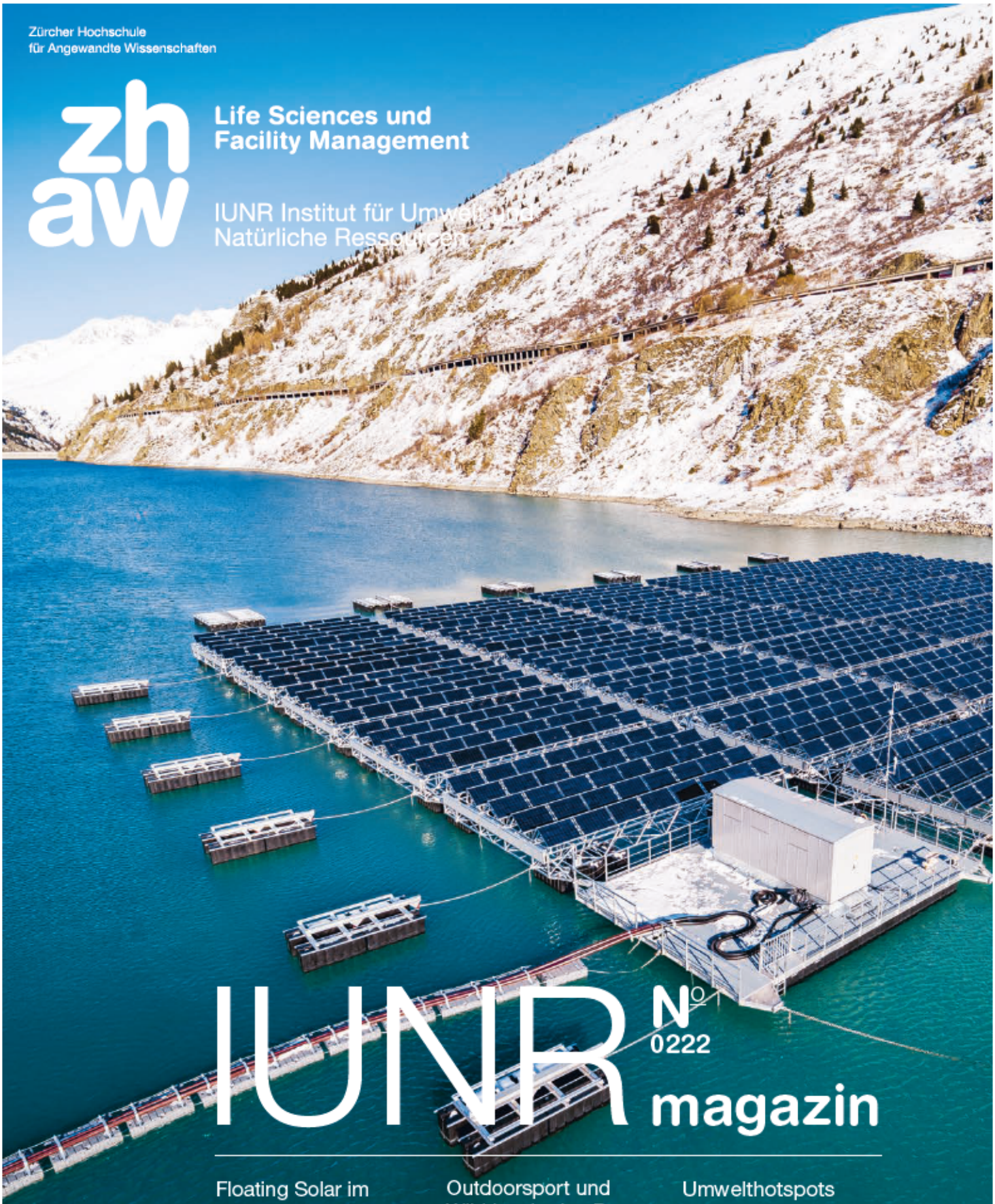
		Publikation							Geografie			Freiflächen-PVA			Fragestellung / Methodik			Haupterkenntnisse		
ID	Artikel ID	Validität	Datentyp	Autor(en)	Titel	doi / URL	Jahr	Journal / Bericht	Journal-Typ	Kontinent	Land	Habitattyp(en)	Anlagentyp	Spezifikation	Grösse	Kernfrage(n)	Indikator(en)	Taxon / Taxa	Auswirkungen, v.a. auf Biodiversität / Landwirtschaft	Effektstärke	Präzisierung / Ergänzung
1	1	wissensch. Paper mit Peer Review	Sekundärdaten und Metastudien	Nematchoua MK et al.	**Influence of energy mix on the life cycle of an eco-neighborhood, a case study of 150 countries**	https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.141	2020	Renewable Energy	Energie und Ökologie	interkontinental	> 150	-	-	-	-	Auswirkungen des Energiemixes von 150 Ländern auf Treibhauseffekt, Energiebedarf und mögliche negative Einflüsse auf Biodiversität	multifunktional	-	Bau von PVA in ökologisch hochwertigen Lebensräumen erhöht negativen Impact auf biologische Vielfalt um bis zu 25 %	-	negativer Einfluss auf biologische Vielfalt gemäss Modellrechnungen besonders hoch in Subsahara-Afrika und im Nahen Osten, aber z.B. niedrig in den USA und in der EU
2	2	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Guiller C et al.	**Impacts of solar energy on butterfly communities in mediterranean agro-ecosystems**	https://doi.org/10.1002/ep.12626	2017	Environmental Progress & Sustainable Energy	Energie und Ökologie	Europa	Frankreich	ehemalige Tongrube	Utility-Scale Solar Energy (USSE)	6.5 MW	18 ha	USSE als Wanderhindernis für Tagfalter	Fauna	Tagfalter	a) kein isolierender Effekt von USSE auf Aktivität mobiler Tagfalter in der Umgebung b) kein Effekt von USSE auf sesshafte Tagfalter in der Umgebung, da diese ihre Lebensräume kaum verlassen	kein/gering	Aufnahmetransekte im Umfeld der USSE-Anlagen, keine Bewilligung für Tagfalteraufnahmen innerhalb der Anlage selbst erhalten (!)
3	3	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Száz D et al.	**Polarized light pollution of matte solar panels: anti-reflective photovoltaics reduce polarized light pollution but benefit only some aquatic insects**	https://doi.org/10.1007/s10841-016-9897-3	2016	Journal of Insect Conservation	Zoologie	Europa	Ungarn	-	PV-Anlage (PVA)	Panels mit verschiedenen Beschichtungen	-	Effekt von PV-Beschichtungen auf Eiablageverhalten von Wasserinsekten	Fauna	Eintagsfliegen, Bremsen, Zuckmücken	a) Emission von polarisiertem Licht durch PVA verleitet Wasserinsekten zu Eiablage auf Panels b) matte Antireflexionsbeschichtungen (ARB) können bei sachgerechter Anwendung negativen Effekt auf einzelne Wasserinsektengruppen vermindern	mittel	Effekt von ARB bei Bremsen am positivsten, bei Zuckmücken eher indifferent und bei Eintagsfliegen sogar negativ; bei bedecktem Himmel vermehrte Eiablagen auf Panels, z.B. durch Eintagsfliegen. Autoren empfehlen generell auf PVA in Gewässernähe zu verzichten
4	4	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Horváth G et al.	**Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects**	https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x	2010	Conservation Biology	Ökologie allgemein	Europa	Ungarn	-	PV-Anlage (PVA)	nicht beschichtete Panels	-	Effekt auf Eiablagevehalten von Wasserinsekten	Fauna	Eintagsfliegen, Steinfliegen, Langbeinfliegen und Bremsen	a) PV-Panels können horizontal polarisiertes Licht so stark reflektieren, dass sie für Wasserinsekten wie Wasserflächen erscheinen und sie zur Eiablage auf den Panels verleiten > "ökologische Fallen" b) PV-Panels mit weissen Rändern waren 10 bis 26 mal weniger attraktiv für Wasserinsekten als Panels ohne weisse Trennwände	stark	bei bestimmten Einfallswinkeln reflektieren Panels Licht fast vollständig (Polarisationsgrad d ≈ 100 %) und übertreffen typische Polarisationswerte für Wasser (d ≈ 30-70 %) deutlich
5	5	Projekbericht/Buch/ Internetartikel	Sekundärdaten und Metastudien	Dickrell J	**Solar Panels Double as Summer Cow Shades**	https://www.dairybusiness.com/solar-panels-double-as-summer-cow-shades/	2018	Dairy Business	Landwirtschaft	Nordamerika	USA	Wiese	PV-Anlage (PVA)	2.5-3 m oberhalb Boden	-	Nutzung des Schattenwurfs	Landwirtschaft	Milchkühe, Kälber	Milchkühe und Kälber nutzen Schatten unter PV-Panels (30-40 Tiere pro System; Systemgrösse im Text jedoch nicht präzisiert)	stark	Folgeuntersuchungen durch University of Minnesota vorgesehen
6	6	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Adeh Hassanpour E et al.	**Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency**	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256	2018	Plos One	Diverses	Nordamerika	USA	unbewässerte Schafweide mit Wasserstress	PV-Anlage (PVA)	1.1 m oberhalb Boden; Neigungswinkel 18 Grad (südexponiert); Leistung 1435 kW	ca. 2.5 ha	mikroklimatische Effekte auf Boden unter PV-Panels	Mikroklima/Boden/Wasser	-	a) Bereiche unter PV-Panels mit höherer Bodenfeuchte b) starker Anstieg der Biomasse um 90 % in der Spätsaison c) signifikant wassersparender (328 % effizienter)	stark	
7	7	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Pereszlényi A et al.	**Atypical feeding of woodpeckers, crows and redstarts on mass-swarming Hydropsyche pellucidula caddisflies attracted to glass panes**	https://doi.org/10.1007/s11252-017-0672-3	2017	Urban Ecosystems	Ökologie allgemein	Europa	Ungarn	Glasbauten an Flussufer	andere	Glasfassaden von Gebäuden in Ufernähe (indirekte Evidenz)	-	Attraktion von Glasfassaden in Wassernähe auf polarotaktische Wasserinsekten und ihre Fressfeinde	Fauna	Köcherfliegen, Vögel	schwärmende Köcherfliegen um Glasfassaden in Ufernähe als Nahrungsgrundlage, u.a.für Spechte, Nebelkrähen, Elstern und verschiedene Singvögel	stark	indirekter Bezug zu PV-Panels, die eine vergleichbare Wirkung auf polarotaktische Wasserinekten aufweisen
8	8	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Schindler BJ et al.	**Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production**	https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.05.008	2018	Journal of Environmental Management	Ökologie allgemein	Asien	Israel	unbewässerte Dächer	PV-Anlage (PVA)	30 cm oberhalb Substratlayer; 20 Grad-Winkel	1 Panel: 1 m * 2 m	Vergleich Wirbellosenfauna auf begrünten Dächern mit und ohne PV-Panels sowie auf unbegrünten Dächern mit PV-Panels	Fauna	Wirbellose	a) Abundanz verschiedener Wirbellosengruppen (z.B. Käfer, Zweiflügler, Wespen, Ameisen, Schmetterlinge) unterschied sich nicht zwischen den drei Dachtypen b) PV-Panels hatten keinen wesentlichen Einfluss auf den Artenreichtum insgesamt, zeigten aber überraschenderweise v.a. im Sommer einen negativen Effekt	kein/gering	Bemerkung: PVA auf Dächern sind nicht Teil unserer Literaturstudie. Diese Publikation wird erwähnt, weil sie evtl. Rückschlüsse auf Freiflächen-PVA liefern könnte.
9	8	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Schindler BJ et al.	**Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production**	https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.05.008	2018	Journal of Environmental Management	Ökologie allgemein	Asien	Israel	unbewässerte Dächer	PV-Anlage (PVA)	30 cm oberhalb Substratlayer; 20 Grad-Winkel	1 Panel: 1 m * 2 m	Vergleich Vegetation von begrünten Dächern mit und ohne PV-Panels	Vegetation	-	a) kein Effekt auf Pflanzenarten-Vielfalt insgesamt b) verlängerte Blühzeit bei einjährigen Pflanzen und stärkeres Wachstum von Sedum (Mauerpfeffer) auf Dächern mit PV-Panels	kein/gering	Bemerkung: PVA auf Dächern sind nicht Teil unserer Literaturstudie. Diese Publikation wird erwähnt, weil sie evtl. Rückschlüsse auf Freiflächen-PVA liefern könnte.
10	8	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Schindler BJ et al.	**Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production**	https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.05.008	2018	Journal of Environmental Management	Ökologie allgemein	Asien	Israel	unbewässerte Dächer	PV-Anlage (PVA)	30 cm oberhalb Substratlayer; 20 Grad-Winkel	1 Panel: 1 m * 2 m	Vergleich Mikroklima von begrünten Dächern mit und ohne PV-Panels	Mikroklima/Boden/Wasser	-	a) grössere Heterogenität der Substratfeuchte bei Vorhandensein von PV-Panels, jedoch keine höhere durchschnittliche Substratfeuchte b) Cooling-Effekt nur direkt unterhalb den PV-Panels	mittel	Bemerkung: PVA auf Dächern sind nicht Teil unserer Literaturstudie. Diese Publikation wird erwähnt, weil sie evtl. Rückschlüsse auf Freiflächen-PVA liefern könnte.
11	9	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Tanner K et al.	**Extremophilic microbial communities on photovoltaic panel surfaces: a two-year study**	https://doi.org/10.1111/1751-7915.13620	2020	Microbial Biotechnology	Diverses	Europa	Spanien	unbegrüntes Flachdach	PV-Anlage (PVA)	54 PV-Kleinpanels kombiniert in einem Aluminiumrahmen	1 Kleinpanel: 19 * 27 cm	mikrobielle Fauna auf PV-Panels	Mikroorganismen	mikrobielle Bakterien und Pilze	Trend zu einer Zunahme bzw. Abnahme von spezialisierten (an Solarmodule angepassten) bzw. generalistischen Taxa im Saisonverlauf; bei ersteren dominierten extremophile Bakteriengattungen und Pilze	mittel	Bemerkung: PVA auf Dächern sind nicht Teil unserer Literaturstudie. Diese Publikation wird erwähnt, weil sie evtl. Rückschlüsse auf Freiflächen-PVA liefern könnte.
12	10	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Visser E et al.	**Assessing the impacts of a utility-scale photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa**	https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.106	2019	Renewable Energy	Energie und Ökologie	Afrika	Südafrika	offene Savanne	Utility-Scale Solar Energy (USSE)	eine der grössten Anlagen Südafrikas (96 MW)	180 ha	Effekt von USSE-Anlagen auf Vögel	Fauna	Vögel	a) Artenreichtum und Dichte von Vögeln innerhalb USSE-Anlage tendenziell kleiner als in Randzone und im angrenzenden, nicht umgestalteten Land b) anscheinend keine bedrohten Arten beeinträchtigt, aber weitere Daten erforderlich	mittel	-
13	11	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Maia AS et al.	**Photovoltaic panels as shading resources for livestock**	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120551	2020	Journal of Cleaner Production	Energie und Ökologie	Südamerika	Brasilien	Wiese	Agrophotovoltaic (APV)	20 kombinierte PV-Panels; 3 m oberhalb Boden; 15 Grad-Winkel	4 m * 5 m	Attraktivität von PV-Panels als Schattenspender	Fauna	Nutztiere (Schafe und Lämmer)	Schafe und Lämmer verbrachten weniger als 1 % ihrer Zeit unter dem Schatten von Textiltüchern, verglichen mit 38 % unter dem Schatten von PV-Panels	mittel	geringere Wärmestrahlung unter PV-Panels als unter Textiltüchern (ca. minus 40 W pro m2)
14	12	Projekbericht/Buch/ Internetartikel	empirische Primärdaten	Weselek A et al.	**Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau «Agrophotovoltaik – Auswirkungen auf Mikroklima und landwirtschaftliche Erträge»**	https://orgprints.org/id/eprint/36099/	2019	Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019	Landwirtschaft	Europa	Deutschland	Ackerfläche	Agrophotovoltaic (APV)	PV-Panels 6 m oberhalb Boden über Winterweizen und Kleegras (30 % Deckung durch Panels)	0.3 ha	Ertragsveränderungen bei Ackerkulturen	Landwirtschaft	-	a) Kleegras: leichte Ertragsreduktion der Gesamttrockenmasse um 5.3 % b) ausgeprägterer Rückgang beim Winterweizen um 18.7 %	mittel	nur einjähriger Versuch, mehrjährige Versuchsreihen mit verschiedenen Kulturen werden empfohlen
15	12	Projekbericht/Buch/ Internetartikel	empirische Primärdaten	Weselek A et al.	**Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau «Agrophotovoltaik – Auswirkungen auf Mikroklima und landwirtschaftliche Erträge»**	https://orgprints.org/id/eprint/36099/	2019	Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Kassel, 5. bis 8. März 2019	Landwirtschaft	Europa	Deutschland	Ackerfläche	Agrophotovoltaic (APV)	PV-Panels 6 m oberhalb Boden über Winterweizen und Kleegras (30 % Deckung durch Panels)	0.3 ha	Veränderungen bei Bodentemperatur und -wassergehalt sowie bei Lufttemperatur und -feuchtigkeit	Mikroklima/Boden/Wasser	-	a) Bodentemperatur auf Referenzfläche im Weizen- und Kleegrasbestand geringfügig höher (6.1 % bzw. 8.9 %) b) keine Unterschiede bei Lufttemperatur und -feuchtigkeit c) volumetrischer Wassergehalt des Bodens beim Weizen auf PV-Fläche im Vergleich zur Referenzfläche leicht erhöht (4.1 %), hingegen im Kleegras reduziert (-6.4 %)	mittel	nur einjähriger Versuch, mehrjährige Versuchsreihen mit verschiedenen Kulturen werden empfohlen
16	13	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Marrou H et al.	**Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels**	https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003	2013	European Journal of Agronomy	Landwirtschaft	Europa	Frankreich	Ackerfläche	Agrophotovoltaic (APV)	PV-Panels 4 m oberhalb Boden über vier verschiedenen Salatsorten	-	Auswirkungen von zwei PVA-Typen auf den Ernteertrag: Beschattungsintensität 50 % bzw. 70 % der einfallenden Strahlung	Landwirtschaft	-	a) Salatertrag gleich oder höher als bei der geringeren Sonneneinstrahlung zu erwarten wäre b) Salatertrag wird durch verbesserte Radiation Interception Efficiency (RIE) im Schatten aufrechterhalten (Salat bildet im Schatten grössere Blätter)	kein/gering	zweijähriger Versuch
17	14	wissensch. Paper mit Peer Review	Sekundärdaten und Metastudien	Weselek A et al.	**Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review**	https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3	2019	Agronomy for Sustainable Development	Landwirtschaft	interkontinental	-	-	Agrophotovoltaic (APV)	-	-	Review zum Stand der Technik; mikroklimatische Veränderungen und Auswirkungen von APV auf die landwirtschaftliche Produktion	Landwirtschaft	-	a) Anbau von Nutzpflanzen unter APV kann zu sinkenden Ernteerträgen führen, da die Sonneneinstrahlung unter den Paneelen um etwa ein Drittel reduziert sein dürfte b) potenzielle Vorteile für Pflanzenproduktion durch zusätzliche Beschattung und beobachtete Verbesserungen der Wasserproduktivität wahrscheinlich (Abfederung Klimawandel)	mittel	durch kombinierte Energie- und Pflanzenproduktion könnte APV die Produktivität einer Landwirtschaftsfläche um bis zu 70 % steigern
18	15	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Wang G et al.	**An across-species comparison of the sensitivity of different organisms to Pb-based perovskites used in solar cells**	https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135134	2020	Science of the total Environment	Ökologie allgemein	-	-	-	PV-Anlage (PVA)	Perovskite solar cells (PSC)	-	Mögliche Toxizität organisch-anorganischer Perowskit-Solarzellen auf Mikroorganismen; Evaluation möglicher Indikator-Mikroorganismen	Mikroorganismen	Bakterien	a) bei allen getesteten Spezies vergleichbare Toxizitäten b) Vibrio fischeri am geeignetesten, da die Art im Vergleich zu den anderen getesteten Organismen eine höhere Sensitivität, geringe Kosten und einen relativ hohen Durchsatz aufweist	mittel	a) PSC verwenden meist ein Komposit mit Perowskit-Struktur und ein Hybrid aus Pb-basierten Nanomaterialien. Ihr Betrieb kann zur Freisetzung von Pb-basierten Nanopartikeln führen b) Toxizität für höhere Organismen noch offen
19	16	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Horváth G et al.	**Horsefly reactions to black surfaces: attractiveness to male and female tabanids versus surface tilt angle and temperature**	https://doi.org/10.1007/s00436-020-06702-7	2020	Parasitology Research	Zoologie	Europa	Ungarn	Grünland auf Pferdefarm	PV-Anlage (PVA)	neun auf der einen Seite schwarz gestrichene und auf der anderen Seite unbehandelte Holzplatten	1 Platte: 50 cm * 50 cm	Effekt von schwarz glänzenden Oberflächen auf Bremsen (Diptera: Tabanidae) in Abhängigkeit des Lichteinfallswinkels	Fauna	Bremsen (Tabanidae)	a) Gesamtzahl der männlichen und weiblichen Tabaniden am höchsten bei horizontaler Oberfläche (δ = 0 Grad), am tiefsten bei δ = 75 Grad b) Verweildauer der Bremsen auf der schwarz glänzenden horizontalen Oberfläche nimmt mit steigenden Temperaturen ab, bei > 58 °C nicht länger als 1 s	stark	PV-Panels können horizontal polarisiertes Licht induzieren ("polarisierte Lichtverschmutzung") und Temperaturen von über 55 °C erreichen
20	17	wissensch. Paper mit Peer Review	empirische Primärdaten	Motta CM et al.	**Potential toxicity of improperly discarded exhausted photovoltaic cells**	https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.048	2016	Environmental Pollution	Diverses	Europa	Italien	-	PV-Anlage (PVA)	21-jähriges PV-Panel, max. 220 W, monokristallin	99 cm * 165 cm, mechanisch in Kleinstücke zerlegt	Toxizität von Low-Tech-PV-Panels und ordnungsgemässe Entsorgung	Fauna	zwei marine Kleinkrebs-Arten und eine Seeigel-Art	a) Freisetzung geringer Mengen an Elektrolyten (Na, Ca und Mg), mit einer Konzentration unterhalb des akzeptierten maximalen Schadstoffgehalts b) Nickel-Freisetzung in einer potenziell toxischen Konzentration c) Entwicklungsdefekte und z.T. höhere Mortalität bei tierischen Testorganismen	stark	höhere Mortalität beim Kleinkrebs Daphnia magna; Entwicklungsstörungen beim Salinenkrebs Artemia salina und beim Seeigel Paracentrotus lividus

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften

zh
aw

**Life Sciences und
Facility Management**

IUNR Institut für Umwelt und
Natürliche Ressourcen



IUNR magazin

N° 0222

Floating Solar im Hochgebirge
Seite 12

Outdoorsport und Wildtiere in den Bergen
Seite 20

Umwelthotspots eines Pflegezentrums
Seite 30

Zürcher Fachhochschule

Floating Solar im Hochgebirge: die Solartechnologie der Zukunft?

Ökobilanz einer schwimmenden Solaranlage in den Schweizer Alpen

An Einzigartigkeit mangelt es dieser Anlage nicht: Zum weltweit ersten Mal wurde eine schwimmende Solaranlage auf einem Gewässer im Hochgebirge realisiert. Die Vorteile einer solchen Anlage gegenüber konventionellen Solaranlagen sind vielseitig und das Interesse entsprechend gross. Doch wie schneiden schwimmende Solaranlagen aus ökologischer Sicht ab? Und können sie aus einer Lebenszyklusperspektive mit den konventionellen Solartechnologien mithalten? In Zusammenarbeit mit Romande Energie hatte ich die Möglichkeit, diesen Fragen in meiner Masterarbeit, betreut von Matthias Stucki und René Itten aus der Forschungsgruppe Ökobilanzierung, auf den Grund zu gehen.

Alena Frehner
Absolventin MSc ENR 20
mit Schwerpunkt
Ökotechnologien und
Erneuerbare Energien

Die Vorteile der Lage

Schwimmende Solaranlagen sorgen vermehrt für Aufsehen in der Solarenergie-Welt. Grund dafür sind vielzählige Vorteile, die diese Technologie gegenüber konventionellen Solaranlagen an den Tag legt. So sparen schwimmende Solaranlagen wertvolle Landflächen, die zunehmend knapper werden. Ausserdem ist die Effizienz der Solarmodule dank der kühlenden Wirkung des Wassers höher. Ein weiterer ökologischer Vorteil von schwimmenden Solaranlagen ist die Reduktion der Wasserverdunstung, da die Anlage die Wasseroberfläche vor direkter Sonneneinstrahlung schützt.
Neben schwimmenden Solaranlagen wächst auch das Interesse an alpinen Solaranlagen. Die hohe Lage im Gebirge führt zu einem höheren Ertrag, da die Sonneneinstrahlung in der Höhe aufgrund der dünneren atmosphärischen Schicht intensiver ist und hochgelegene Gebiete gegenüber dem Mittelland weitgehend nebelfrei sind. Wenn Schnee liegt, wird ausserdem deutlich mehr Sonnenlicht reflektiert (Albedo-Effekt), was den Ertrag zusätzlich erhöht.

Die Pionier-Anlage im Hochgebirge

Auf einer Höhe von 1810 m ü. M. auf dem Lac des Toules in der Walliser Gemeinde Bourg-Saint-Pierre treibt sie, die weltweit erste schwimmende Solaranlage im Hochgebirge. Die im Jahr 2019 von Romande Energie in Betrieb genommene Anlage misst eine Fläche von 2240 m² und versorgt jährlich rund 220 Haushalte mit Strom. Neben den positiven Auswirkungen der alpinen Umgebung auf den Ertrag ist die Lage auch mit gewissen Herausforderungen verbunden. Aufgrund starker Winde, Schnee, Eis und kalten Temperaturen musste die Struktur besonders solide konstruiert werden, mit einem Aufständerungssystem aus Aluminium und einem ausgeklügelten Verankerungssystem aus Beton und Stahl. Dank der Zusammenarbeit mit Romande Energie stand für meine Masterarbeit eine detaillierte Datengrundlage zur Verfügung, die den gesamten Lebenszyklus der Anlage abdeckt.

Die schwimmende Solaranlage auf dem Lac des Toules auf 1810 m ü. M. im Wallis.

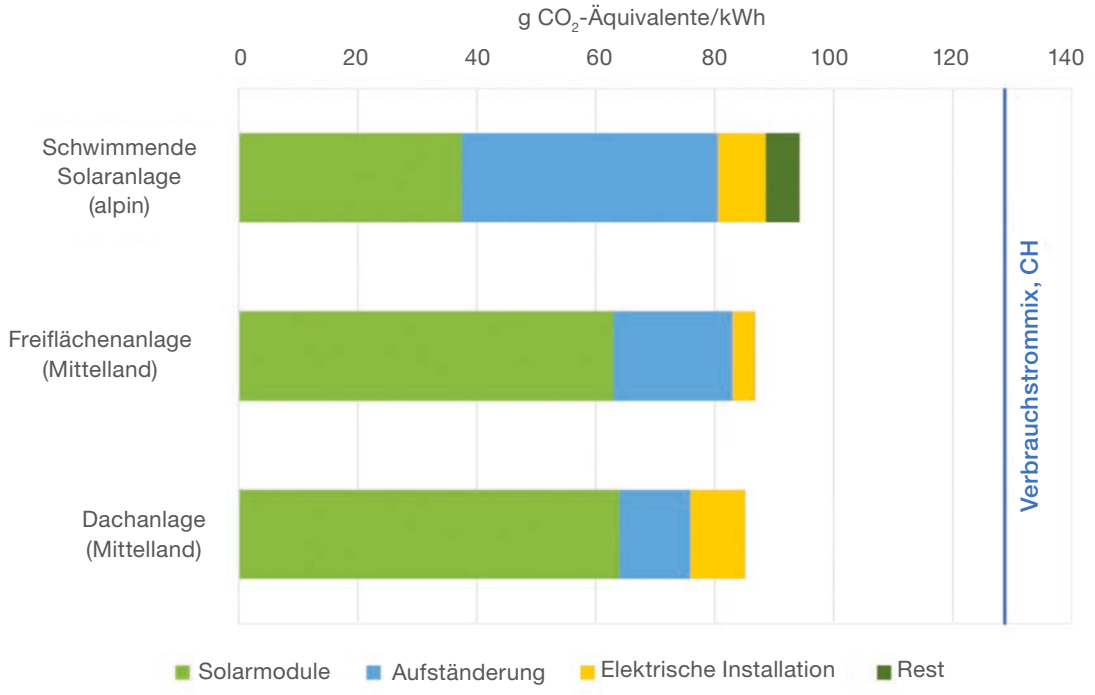
Bild: © Romande Energie

Umweltauswirkungen der Anlage

Meine Ökobilanz der schwimmenden Solaranlage identifizierte die Produktion der Solarmodule und das Aufständerungssystem als Hauptverursacher der Umweltauswirkungen. Die Produktion der Solarmodule trägt dabei 30–53 % zu den Umweltauswirkungen bei, hauptsächlich verursacht durch die energieintensive Produktion der Grundelemente für die Solarzellen (die sogenannten Wafer). Das Aufständerungssystem inklusive Verankerung macht mit 26–46 % einen fast ebenso grossen Anteil aus wie die Solarmodule. Diese Emissionen fallen primär innerhalb der Lieferkette der Aluminiumproduktion an; Aluminium ist die Hauptkomponente des Aufständerungssystems. Insgesamt emittiert die schwimmende Solaranlage Treibhausgasemissionen von 94 g CO_2-Äquivalenten pro Kilowattstunde (kWh) produziertem Strom.

Vergleich zu konventionellen Solartechnologien

Der Vergleich zu Solaranalgen auf Dächern und Freiflächenanlagen im Mittelland zeigt, dass die schwimmende Solaranlage im Hochgebirge mit diesen Technologien mithalten kann (siehe Abb. S. 13). Abhängig von der analysierten Umweltkategorie zeigt



Vergleich des Treibhauspotenzials der schwimmenden Solaranlage mit einer Freiflächen- und Dachanlage im Mittelland im Kontext des Schweizer Verbraucherstrommix.

Grafik: Alena Frehner

die schwimmende Solaranlage jeweils leicht höhere oder tiefere Auswirkungen als deren Konkurrenten im Mittelland. Dabei zeigt sich ein Trade-off: Während die schwimmende Solaranlage durch ihre Lage im Hochgebirge deutlich höhere Erträge im Vergleich zum Mittelland verzeichnet, ist dessen Aufständerungssystem zusammen mit dem Verankerungssystem deutlich umweltintensiver als die Alternativen im Mittelland. Pro kWh produziertem Strom sind die Umweltauswirkungen daher in einer ähnlichen Grössenordnung.

Einsparpotenzial der Aufständerung

Das Aufständerungssystem der schwimmenden Anlage stellt gegenüber konventionellen Solaranlagen den Schwachpunkt der Technologie dar. Grund für die höheren Umweltauswirkungen dieser Komponente ist die Menge an Aluminium, die für das Aufständerungssystem erforderlich ist. Diese ist pro Quadratmeter 5- bis 7-mal grösser im Vergleich zu Dach- und Freiflächenanlagen. Eine Reduktion der Aluminiummenge im Falle der schwimmenden Anlage würde daher zu einer deutlichen Reduktion der Umweltauswirkungen führen. Auch die Verwendung von recyceltem Aluminium an Stelle von Primäraluminium hat ein hohes Einsparpotenzial. So könnten die Treibhausgasemissionen durch Verwendung von recyceltem Aluminium für die Aufständerung um 24 % reduziert werden. Pro kWh produziertem Strom ergäbe das Treibhausgasemissionen von 71 g CO_2-Äquivalenten, womit die Umweltauswirkungen der schwimmenden Anlage im Vergleich zu Anlagen im Mittelland wesentlich tiefer ausfallen würden.

Fazit und Ausblick

Aufgrund ihrer Neuheit besteht bei der Technologie der schwimmenden Solaranlagen aus ökologischer Sicht noch Verbesserungspotenzial. Meine Masterarbeit zeigt jedoch, dass dank der vergleichsweise hohen Erträge im Hochgebirge die Anlage schon jetzt mit konventionellen Solaranlagen im Mittelland mithalten kann. Mit Massnahmen wie der Reduktion des Primäraluminiumverbrauchs und dem Umstieg auf erneuerbare Energien in den Lieferketten könnten schwimmende Solaranlagen im Hochgebirge deutlich umweltfreundlicheren Strom produzieren als konventionelle Solaranlagen. Insgesamt birgt die Technologie damit grosses Potenzial, um zur Deckung des wachsenden Bedarfs an erneuerbaren Energiequellen beizutragen und die dringend erforderliche Dekarbonisierung der Schweizer Stromversorgung voranzutreiben.

alena.frehner@zhaw.ch

Alpenvielfalt

Themenheft IV des NFP 48
«Landschaften und Lebensräume der Alpen»

Schwerpunkt
Die Alpenlandschaft im Wandel

Essay
Vielfalt – ein Lebens- und Gestaltungsprinzip

NFP 48
PNR 48
NRP 48

FNSNF
Schweizerischer Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

Impressum

Herausgeber
Nationales Forschungsprogramm 48 «Landschaften und Lebensräume der Alpen»des Schweizerischen Nationalfonds

Konzept und Redaktion
Urs Steiger, Kommunikationsbeauftragter des NFP 48, Luzern

Texte
Prof. Dr. Jürg Stöcklin, Basel
Prof. Dr. Wolfgang Haber, Freising (D)
Roman von Sury, Zürich
Dr. Gregor Klaus, Rothenfluh
Anna Hohler, Lausanne
Hans Weiss, Bern
Stefan Christen, Luzern
Pirmin Schilliger, Luzern
Urs Steiger, Luzern

Übersetzung
Ursula Rohrer, Kastanienbaum

Korrektorat
Klartext, Joachim G. Klar, Luzern
Textkorrektur Terminus, Andreas Vonmoos, Luzern

Grafik
martin.brunner.associés
auf CD-Vorgabe von Grafikatelier Max Urech, Unterseen

Fotos
Priska Ketterer, Luzern
ausser
Titelbild rechts, Seiten 27, 42: Marianne Tiefenbach, Flumenthal
Inhaltsverzeichnis (mittleres Bild): Photoglob AG, Zürich
Seite 11:
. oben links:
Frei & Co., St. Gallen
. unten links:
Nina Schneeberger, Winterthur
. oben und unten rechts:
Martin Trüssel, Alpnach
Seite 15:
Andreas Bosshard, Oberwil-Lieli
Seite 21:
Prof. Dr. Heinz Müller-Schärer, Freiburg
Seiten 24–25:
Dr. Fritz Oehl, Basel
Seiten 28, 44 (unteres Bild):
Claudia Schreiber, Biel
Seite 32:
Josef Senn, WSL, Birmensdorf
Seite 33–34:
Helen Häsler, WSL, Birmensdorf

April 2007

Alpine Vielfalt – Veränderungen im Alpenraum

Edelweiss, Enzian und Alpenrose sind die Ikonen der Alpenflora schlechthin. Sie prangen auf einer Vielzahl von Produkten, die sich einen «alpenländischen» Anschein geben wollen und damit einen nachweisbaren Mehrwert erzielen. Auch stellen sie ein Sujet für die traditionelle Volksmusik und den Mundartrock dar. Die Alpenblumen sind aber nicht nur ein Mythos, sondern in ihrer Vielfalt erlebbar – nicht nur visuell, sondern auch über den Geschmack- und den Geruchssinn. Schliesslich sind die Alpenblumen auch ein Symbol für die Vielfalt der Alpenlandschaft auf verschiedenen Betrachtungsebenen – von der genetischen Vielfalt über die Artenvielfalt bis hin zur Vielfalt der Lebensräume. Die aussergewöhnliche Vielfalt ist, wie verschiedene Projekte des NFP 48 eindrücklich zeigen, nicht nur in den Naturvoraussetzungen der Alpen begründet. Sie stellt ebenso ein Kulturprodukt dar, das sich durch die jahrhundertelange Bewirtschaftung und Nutzung des Alpenraums durch den Menschen entwickelt hat.

Die wirtschaftliche Entwicklung im Alpenraum und speziell in der alpinen Landwirtschaft – Intensivierung hier, Rückzug dort – hinterlässt ihre Spuren auch im landschaftlichen Gefüge. Die Projekte des NFP 48 haben diesen Wandel intensiv untersucht und dokumentiert. Besonders prägnant zeigt sich das Vordringen des Waldes, das vor allem in den südlichen Alpentälern weit fortgeschritten ist und jenseits der Landesgrenze bereits ganze Talschaften zurückerobert hat. Verloren gehen dadurch extensiv genutzte Lebensräume, die bereits heute nur noch in Restbeständen erhalten sind.

Die grosse Dynamik der wirtschaftlichen und räumlichen Entwicklung im Alpenraum verlangt nach der Entscheidung, welche Bedeutung der landschaftlichen Vielfalt auf allen Ebenen zukommen soll. Dabei spielen ethische Überlegungen zur Verantwortung für das Naturerbe genauso eine Rolle wie naturwissenschaftliche oder wirtschaftliche Aspekte. Verschiedene Projekte des NFP 48 haben gezeigt, dass im Hinblick auf das Zusammenspiel von Landnutzung und Landschaftsvielfalt zukunftsfähige Lösungsansätze vermehrt im regionalen Kontext und im lokalen Dialog zu suchen sind. Dieser Rahmen kann dem naturräumlichen und kulturellen Reichtum der Alpenvielfalt am besten gerecht werden und so für den notwendigen Ausgleich von Schutz und Nutzung sorgen.

Prof. Dr. Martine Rahier
Mitglied der Leitungsgruppe

Alpenvielfalt Themenheft IV des NFP 48

Editorial

1 Alpine Vielfalt – Veränderungen im Alpenraum

Schwerpunkt

3 Die Alpenlandschaft im Wandel

Essay

7 Vielfalt – ein Lebens- und Gestaltungsprinzip

42 Die alpine Kulturlandschaft
Von blinden Flecken in Politik und Wissenschaft und ihrer Überwindung

Forschungsprojekte

11 Alpen im Wandel

13 Das Grasland der Alpen – ein Hotspot der Biodiversität in Europa

19 Darum braucht es die Schafe doch!

21 Auch auf der Alp gibts Unkräuter – immer mehr?

24 Der Basler Goldgräber

26 Wald im Vormarsch

31 Wild mag Wald – aber nicht zum Fressen gern

35 Fitness für den Schutzwald

39 Hochwasserschutz und Ökologie vereinen

Porträt & Interviews

17 «Man muss ein Idealist sein»

29 «Auch das Ergebnis falscher Politik»

37 «Der Schutzwald verhinderte Schlimmeres»

Schwerpunkt 7

Bedrohte Vielfalt
Welche Rolle kann die Landwirtschaft in der Zukunft für die Landschafts- und Lebensraumvielfalt spielen?

Forschungsprojekt 11

Alpen im Wandel
Das Forschungsteam um Felix Kienast zeigt auf, wer den landschaftlichen Wandel vorantreibt, welche Veränderungsgeschwindigkeit Fauna und Flora ertragen und die Menschen wünschen.

Forschungsprojekt 26

Wald im Vormarsch
Die Waldfläche nimmt seit Mitte des 19. Jahrhunderts laufend zu. Auch die aktuelle Agrarpolitik ist nicht in der Lage, den Vormarsch zu stoppen.

Die Alpenlandschaft im Wandel

Alle haben wir bestimmte Bilder im Kopf, wenn von den Alpen, ihren Landschaften und Lebensräumen die Rede ist. Versuchen wir uns den Naturzustand zu vergegenwärtigen, so sind die Alpen ein junges Hochgebirge, dessen Hebung immer noch andauert und das durch Erosionsprozesse erst wenig abgetragen ist. Vor 12 000 Jahren, am Ende der letzten Eiszeit, waren die Alpen fast vollständig vergletschert. Mit dem Rückzug der Gletscher breitete sich die Vegetation wieder aus; wenig artenreiche Wald- und Strauchgesellschaften wanderten in die Alpen ein. Der Artenreichtum der Rasengesellschaften oberhalb der Waldgrenze beruht darauf, dass viele Arten auf kleinen, nicht vergletscherten Arealen die Eiszeiten überstanden haben. Der alpine Naturraum ist bis heute durch eine grosse und sprunghafte Dynamik gekennzeichnet. Abtragungsprozesse in den höheren Lagen und Ablagerungen im Tal durch Felsstürze, Lawinen, Murgänge, Hochwasser sind intensiv und plötzlich. Die alpinen Naturlandschaften mit ihren steilen Hängen und schroffen Graten verdanken ihre Entstehung dieser sprunghaften Naturdynamik, die weicheren Formen in tieferen Lagen entstanden durch die Umlagerung enormer Schuttmassen während der Eiszeiten. Die heutigen alpinen Landschaften sind ein Kulturprodukt und diesem Naturzustand entsprechend fern.

Text *Prof. Dr. Jürg Stöcklin, Basel**

Von der Natur- zur Kulturlandschaft

Als Menschen vor rund 5000 Jahren in die Alpen vordrangen, waren diese mit dichtem Wald bestanden. Die Waldgrenze reichte in höhere Lagen als heute. Nur darüber existierten Rasen, die im Sommer eine beschränkte Beweidung zuliessen. Potenzielle landwirtschaftliche Nutzflächen waren mit Wald bedeckt oder bestanden aus sumpfigen und überschwemmungsgefährdeten Talböden. Über die Jahrtausende machten die Menschen den alpinen Naturraum

nutzbar, und zwar von den Höhenlagen ins Tiefland: Durch Rodung wurden die alpinen Rasen vergrössert und als Alpweiden genutzt, an die Stelle des Waldes trat die talnahe Kulturstufe. Schliesslich machten die Menschen auch die Talböden nutzbar, indem sie sie entwässerten, die Flüsse korrigierten und grossflächig rodeten.

Allein schon die topografischen, klimatischen und geologischen Verhältnisse, aber auch die grossen Höhenunterschiede machen die Alpen zu einem ausserordentlich vielfältigen Naturraum. Die von den Menschen geschaffene traditionelle Kulturlandschaft war zusätzlich geprägt durch eine kleinräumige, den natürlichen Gegebenheiten angepasste landwirtschaftliche Nutzung. Es entwickelte sich ein Mosaik von Wald und offenem Land, das neue Lebensräume bot für zuvor nicht vorhandene Tier- und Pflanzengesellschaften. Nicht nur die Zahl der Lebensräume, auch die Artenvielfalt hat im Vergleich zum Naturzustand deutlich zugenommen. Mit der Schaffung von Wiesen, Weiden und Äckern unterhalb der Waldgrenze waren Lebensräume entstanden, die im Naturzustand nicht existierten und von Pflanzen- und Tierarten auch von ausserhalb des Alpenraums besiedelt wurden. Durch Züchtung oder die Abgeschiedenheit von Bergtalschaften entstanden Nutztiere und Kulturpflanzen, die an die Verhältnisse des Alpenraums besonders angepasst sind. Neben den naturräumlichen Variationen bewirkten auch sozioökonomische Unterschiede ganz verschiedene traditionelle Kulturlandschaften.

Mit dem Übergang zur modernen Landwirtschaft setzte spätestens zu Beginn des 20. Jahrhunderts ein Strukturwandel ein, der im Alpenraum erneut zu tief greifenden Veränderungen führte und der bis heute anhält. Untersuchungen im Rahmen des NFP 48 haben gezeigt, dass die traditionelle alpine Welt – trotz Strukturwandel und der durch die national geprägte Agrarpolitik begünstigten Tendenz zur Homogenisierung der Landschaft – nicht völlig verschwunden ist: Noch heute unterscheiden sich die drei alpi-

Vielfältige alpine Landschaften und Biodiversität erhalten

Da die heutigen Direktzahlungen an die Landwirtschaft zu wenig effizient für die Erhaltung von Landschaftsqualität und Biodiversität eingesetzt werden, sollte dieses Instrument konsequent in Richtung Abgeltung und Förderung öffentlicher, nicht marktfähiger Leistungen weiterentwickelt werden. Dazu sind die allgemeinen Direktzahlungen beträchtlich zu reduzieren und Tierhaltungsbeiträge, die generell nicht mit einer Leistung zu begründen sind, zu streichen. Mit den frei werdenden Mitteln sind ökologische Leistungen besser abzugelten beziehungsweise neue Instrumente zu schaffen, die gezielt ökologische Qualität entschädigen. Insbesondere ist die erschwerte Mähnutzung in höheren Lagen und auf schwierigem Gelände besser zu honorieren.

Wesentliche Anteile der Direktzahlungen sollten regionalisiert werden, weil nur so Leistungen gezielt und den lokalen Besonderheiten entsprechend gefördert werden können. Auch dazu sind neue Instrumente notwendig, beispielsweise für die Abgeltung betrieblicher Leistungen für Landschaftsqualität, Artenförderung oder die Haltung gefährdeter regionaler Tierrassen.

Die konsequente Umlagerung der allgemeinen Direktzahlungen lässt sich gut mit der Förderung der unternehmerischen Selbstständigkeit der Landwirte in einem öffentlichen Markt verbinden. Alle Direktzahlungen sollten mit klar definierten Leistungszielen verknüpft werden. Die von der Gesellschaft nachgefragten gemeinwirtschaftlichen Leistungen könnten in Zukunft ausgeschrieben werden, und ihre Erbringung liesse sich mit den Landwirten oder anderen Leistungserbringern vertraglich regeln.

nen Kulturen – die romanische, die germanische und jene der Walser – bezüglich ihrer landwirtschaftlichen, demografischen, sozioökonomischen und politischen Strukturen.

Landschaftliche Vielfalt und Biodiversität sind bedroht

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts erreichte die Berglandwirtschaft ihre grösste Ausdehnung. Damit verbunden war wohl auch die grösste Vielfalt an Lebensräumen und an Biodiversität in der alpinen Kulturlandschaft. Die ökonomischen und gesellschaftlichen Veränderungen des 20. Jahrhunderts beeinflussten die Art der Landnutzung wesentlich. Mit der Modernisierung der Landwirtschaft ging ein beträchtlicher Verlust an Landschaftsvielfalt, Lebensräumen, Arten und Kulturrassen einher. Die im Rahmen des NFP 48 analysierten Veränderungen sind in erster Linie die Folge einseitiger Nutzungsentscheidungen im Kulturland der Alpen: Meliorationen, Intensivierung und Homogenisierung der Nutzung in Gunstlagen, Brachlegung oder Beweidung anstatt Mahd in Grenzertragslagen. Damit verschwanden landschaftliche Strukturelemente wie Einzelbäume, Hecken oder Lesesteinhaufen in grosser Zahl. Am massivsten zeigen sich die Veränderungen beim Grasland. Ertragreiche Mähwiesen werden immer intensiver genutzt. Die Schnittfrequenz wurde gesteigert, immer mehr Dünger wird ausgebracht oder es wird mit Gülle anstelle von Mist gedüngt. Je nach Art der Nutzung unterscheidet sich aber die Artenvielfalt von Wiesen und Weiden beträchtlich. Ungedüngte Wiesen und extensiv genutzte Weiden sind am artenreichsten. Ihr Bestand hat jedoch stark abgenommen. Die grösseren Düngermengen und der häufigere Schnitt wirken sich selbst auf die früher blumenreichen Fettwiesen ungünstig aus. Sie verkrauten und farblose Allerweltspflanzen machen sich breit. Die ökologische Verarmung der Wiesen führt zu einem Rückgang von Vogelarten (z. B. des Braunkehlchens), Schmetterlingen, Insekten und Spinnen. Eine der wichtigsten Erkenntnisse des NPF 48 ist aber, dass – statt einer eintönigen Landnutzung – vielfältige Nutzungstypen und Brachen verschiedenen Alters in einer Gemeinde oder einer Region die beste Voraussetzung für eine grosse Artenvielfalt darstellen.

Der Wald rückt vor

Während in anderen Weltgegenden die Waldfläche zurückgeht, hat sie in der Schweiz seit dem 19. Jahrhundert zugenommen. Die jährliche Waldflächenzunahme in der Schweiz entspricht etwa der Fläche des Thunersees. Die Zunahme konzentriert sich dabei auf die höheren und steileren Lagen im Alpenraum, deren Bewirtschaftung besonders arbeitsintensiv ist. Da die Pflanzenvielfalt im Grasland zwei- bis dreimal so hoch ist wie im Wald und Pflanzen und Tiere der offenen Kulturlandschaft gefährdeter sind als Waldarten, wirken sich die Verbuschung und die Zunahme des Waldes nachteilig auf die Artenvielfalt aus. Hinzu kommt, dass die meisten der Flächen, die sich der Wald zurückholt, von ihrer Biodiversität her sehr wertvoll sind. So liegen in der Schweiz rund 80 Prozent der blumenreichsten landwirtschaftlichen Flächen in höheren Lagen (Bergzonen III und IV) und im Sömmerungsgebiet, wo die Waldzunahme besonders gross ist. Auf Flächen, auf denen die Nutzung aufgegeben wird, kann die Artenvielfalt – beispielsweise von Schmetterlingen oder Vögeln – kurzfristig zwar zunehmen, mit dem Aufkommen von Bäumen nimmt die Diversität aber wieder ab. Mit der Ausdehnung des Waldes verschwinden offene Stellen zwischen Waldstücken und Waldlichtungen und damit ökologisch wertvolle Waldränder. Der Bewirtschaftungsrückgang zeigt auch im Innern des Waldes für die Biodiversität nachteilige Folgen: Der Wald wird dichter und dunkler und deshalb ärmer an Arten. Die Waldweide, welche die Biodiversität im Wald begünstigt, ist in der Schweiz ebenfalls zurückgegangen.

Die Waldzunahme dürfte weitergehen. Inwiefern die Attraktivität grosser geschlossener Waldflächen in abgelegenen Alpentälern den Verlust offener, von der bäuerlichen Kultur geprägter Landschaften kompensieren kann, ist eine Frage der Werthaltungen. Klar ist, dass es in den betroffenen Gebieten zu einem Verlust der Landschafts- und Lebensraumvielfalt und einem regionalen Aussterben vieler Arten kommt. Mit der weiträumigen Zunahme des Waldes als Folge der Nutzungsaufgabe stünde damit die weltweit bekannte Kulturlandschaft des Alpenraums, die für die

touristische Attraktivität der Schweiz eine wichtige Rolle spielt, auf dem Spiel.

Berglandwirtschaft – im Clinch zwischen Ökonomie und Ökologie

Ohne landwirtschaftliche Nutzung ist die Erhaltung der Landschafts- und Lebensraumvielfalt und damit die Biodiversität im Alpenraum deutlich in Frage gestellt. Maschinen, hangtaugliche Kleintraktoren, Motormäher und Ladetransporter sind auch aus der Berglandwirtschaft nicht mehr wegzudenken. So sind auch in den Berggemeinden heute nur noch wenige Bauern tätig und bewirtschaften deutlich grössere Flächen, als dies traditionellerweise der Fall war. Trotzdem sind der Mechanisierung mit zunehmender Höhe Grenzen gesetzt.

Der Bewirtschaftungsaufwand pro Fläche ist in einem Bergbetrieb um ein Vielfaches grösser als im Tal, während die Erträge um 30 bis 60 Prozent geringer ausfallen. Die wirtschaftliche Lage vieler Berglandwirtschaftsbetriebe ist denn auch recht prekär und der Strukturwandel zeigt sich im Berggebiet darin, dass vor allem in höheren Lagen die Zahl der Nebenerwerbsbetriebe anteilsmässig stark zunimmt. Wegen der Erschwernisse im Berggebiet, des Stellenwerts der Regionalpolitik und der durch die Raumplanung geforderten dezentralen Besiedlung war die schweizerische Agrarpolitik gegenüber der Berglandwirtschaft immer schon grosszügig und differenziert. Der Umfang staatlicher Direktzahlungen und weiterer Transferzahlungen ist für das Einkommen, die Betriebsstruktur und die Landnutzung durch die Berglandwirte weitaus wichtiger als die Höhe von Produktpreisen oder Betriebsmittelkosten.

Berglandwirtschaft bedeutet deshalb längst weit mehr als Nahrungsmittelproduktion unter benachteiligten Naturbedingungen. Die Berglandwirtschaft in der Schweiz ist multifunktionell geworden und erbringt im Dienste der Gesellschaft kulturelle, ästhetische und vor allem auch ökologische Leistungen, ohne die sich Direktzahlungen in Milliardenhöhe in Zukunft kaum mehr rechtfertigen liessen.

Welche Landschaft und wie viel Biodiversität will die Schweiz?

Die Bundesverfassung, Gesetze und internationale Abkommen verpflichten die Schweiz, ihre Biodiversität zu erhalten. Die Verfassung fordert, dass der Bund bedrohte Arten vor der Ausrottung schützt. Das Natur- und Heimatschutzgesetz verpflichtet zu Rücksicht gegenüber einheimischen Pflanzen, Tieren und der Landschaft und verlangt, Lebensräume von nationaler Bedeutung wie Moore, Auen oder Trockenrasen zu erhalten.

Mit dem «Landschaftskonzept Schweiz» hat der Bundesrat 1997 Strategien zum Arten- und Biotopschutz, zur ökologischen Ausgleichsfunktion in der Landschaft und zur Landschaftsgestaltung verabschiedet. Die Schweiz hat die «Internationale Konvention über biologische Vielfalt» von Rio unterzeichnet und ratifiziert. Sie hat sich damit international verpflichtet, die biologische Vielfalt zu erhalten und nachhaltig zu nutzen. Zusammen mit den europäischen Ländern ist die Schweiz zusätzlich die Verpflichtung eingegangen, den Verlust an Biodiversität bis ins Jahr 2010 zu stoppen.

Nutzungsintensivierung trotz Ökologisierung der Agrarpolitik

Seit der Neuorientierung der schweizerischen Agrarpolitik – weg von Marktstützungen und hin zu Direktzahlungen (Ergänzung des Landwirtschaftsgesetzes 1992) – wird die Erhaltung wertvoller Lebensräume zwar unterstützt. Doch konnte damit – wie die Ergebnisse des NFP 48 zeigen – der Rückgang artenreicher Flächen und vielfältiger Landschaftselemente im Alpenraum dennoch nicht gestoppt werden. Auch die Anpassungen der Landwirtschaftspolitik, wie sie mit der «Agrarpolitik 2011» vorgesehen sind, werden diesen Trend nicht brechen können.

Nur ein kleiner Anteil der aktuellen Direktzahlungen entschädigt gezielt landschaftliche oder ökologische Leistungen. Mehr als 90 Prozent der Zahlungen sind – ohne spezifische ökologische Anforderungen – an bewirtschaftete Flächen und die Zahl der gehaltenen Tiere gebunden. Dadurch konkurrenzieren sie die Bemühungen für eine Bewirtschaftungsweise, die auf Landschaftsqualität und Artenvielfalt ausgerichtet ist. Zudem werden die besonderen Leistungen der Berglandwirtschaft zugunsten einer ökologischen Bewirtschaftungsweise im Verhältnis zum dafür notwendigen Aufwand um ein Vielfaches schlechter abgegolten als im Talgebiet. Am schlechtesten kommt das Sömmerungsgebiet weg: Obwohl dieses fast die Hälfte der in der Schweiz genutzten Landfläche ausmacht, werden nur 3,6 Prozent der Direktzahlungen in diesem Gebiet ausgerichtet.

Die Herausforderung der nächsten Jahre besteht deshalb darin, Lösungen zu entwickeln, die jährlich rund zwei Milliarden Franken, die derzeit wenig zielgerichtet und ohne spezifische ökologische Anforderungen in die Landwirtschaft fliessen, wirkungsorientiert für die Abgeltung ökologischer Leistungen einzusetzen und dadurch die vielfältigen und schönen alpinen Landschaften zu erhalten.

*** Prof. Dr. Jürg Stöcklin** ist Mitautor der thematischen Synthese II, «Land- und forstwirtschaftliche Nutzungen der alpinen Landschaften und biologische Vielfalt».

Vielfalt – ein Lebens- und Gestaltungsprinzip

Mit der 1992 in Rio de Janeiro beschlossenen «Internationalen Konvention über biologische Vielfalt» wurde die biologische Vielfalt als gesellschaftlicher Wert anerkannt. Die Konkretisierung der damit verbundenen Fragen und Forderungen bringt die Wissenschaft in Verlegenheit, da sie den Sammelbegriff «Biodiversität» für jede einzelne Ebene und Situation untersuchen und bewerten soll. Zudem geht in der Diskussion um Vielfalt meist vergessen, dass die unbelebte Natur die Umweltbedingungen aller Lebewesen vorrangig beeinflusst und damit eine entscheidende Voraussetzung für die Biodiversität ist. Die genetische Vielfalt als Basis der Lebensvielfalt ist nur schwer zugänglich und über das Artefakt der Artenvielfalt nicht fassbar. Für die Praxis gilt es daher die Vielfalt der Lebensräume und insbesondere der Landnutzungen zu fördern oder wiederherzustellen und im Einzelfall zu diskutieren.

Text *Prof. Dr. Wolfgang Haber, Freising (D)*

Vielfalt wird geschätzt

Wir Menschen ziehen Verschiedenartigkeit der Gleichförmigkeit vor, ja suchen geradezu nach ihr: Beim Anblick eineiiger Zwillinge forschen wir sogleich nach den kleinsten Unterschieden. Ebenso pflegen wir eine eintönig wirkende Situation durch Einbringen möglichst kontrastierender Elemente vielfältiger zu machen. Das zeigt sich in vielen Bereichen, von der Ernährung und Kleidung über die Gestaltung der Wohnungen und Siedlungen bis hin zur Landschaft. Mit einer solchen Vielfalt wird auch die Eigenart oder der «Charakter» eines Verhaltens, eines Orts oder eines Zeitraums geprägt. Ob sie darüber hinaus als schön empfunden wird, unterliegt dem – ebenfalls sehr vielfältig ausgeprägten – Geschmacksempfinden und kulturellen Traditionen.

Umweltpsychologen erklären diese positive Einstellung zur Vielfalt damit, dass eine vielfältige Umwelt ein grösseres Sicherheitsgefühl vermittelt als eine eintönige. Das gilt nicht nur für die Menschen. In der Ökologie wird seit Jahrzehnten die – allerdings nicht unumstrittene – Auffassung vertreten, dass die Vielfalt der Umwelt und die Stabilität (Dauerhaftigkeit) der Lebensbedingungen in

einer positiven Beziehung zueinander stehen. Insofern wird Vielfalt auch als Kennzeichen nachhaltiger Entwicklung betrachtet. Das gilt jedoch nicht unbegrenzt. Wenn Vielfalt in Unübersichtlichkeit übergeht, also eine erkennbare Ordnung und Organisation vermissen lässt, wirkt sie verwirrend und erzeugt Unsicherheit.

Biodiversität – ein gesellschaftlich anerkannter Wert

Vielfalt ist in der menschlichen Gesellschaft heute als eigener Wert anerkannt und mit einem normativen Gehalt versehen worden, allerdings mit einer wichtigen Einschränkung: nämlich auf die Vielfalt der lebenden Natur. Dem Umgang mit ihr, ihrer Erhaltung und Nutzung, ist die «Internationale Konvention über biologische Vielfalt» gewidmet, die 1992 an der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro beschlossen wurde. Sie ergänzt die gleichzeitig verabschiedete Konvention über nachhaltige Entwicklung und wird als eine ihrer Grundlagen betrachtet. Die Europäische Union erliess im gleichen Jahr die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FHH-Richtlinie) zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume und der wildlebenden Tiere und Pflanzen, die ebenfalls – im Unterschied zur Konvention, aber eindeutiger schutzorientiert – die biologische Vielfalt zum Gegenstand hat.

Wegen der allgemeinen, intuitiven Wertschätzung von Vielfalt stiessen die Rio-Konvention und die EU-Richtlinie in der Öffentlichkeit zunächst auf ein positives Echo. Ihre Umsetzung in konkrete Massnahmen zur Erhaltung oder Nutzung von Vielfalt erzeugt jedoch oft Widerstand, weil nicht jede Vielfalt oder jedes Vielfaltselement Wertschätzung findet. Daher wird die Wissenschaft, insbesondere die Ökologie, nach Erklärungs- und Entscheidungshilfen und darüber hinaus auch nach dem eigentlichen Wesen der Vielfalt gefragt: Worin liegen ihre Bedeutung und ihr rechtes Mass? Das bringt die Ökologie in einige Verlegenheit, denn sie hat vor rund 25 Jahren die Vielfältigkeit auf den verschiedenen Organisationsebenen des Lebens – von den Chromosomen und Genen über die Zellen, Organismen, Populationen und Lebensgemeinschaften bis hin zu den Ökosystemen und Landschaften – erst unter dem einprägsamen Begriff der «biologischen Vielfalt», oft verkürzt auf «Biodiversität», zusammengefasst. Nun muss sie zur Beantwortung konkreter Fragen die Vielfalt auf all diesen Ebenen wieder für sich untersuchen und bewerten. Welche von ihnen ist wichtiger? Und ist es richtig, die Vielfalt der lebenden gegenüber jener der unbelebten Natur so hervorzuheben?

Ausgeprägte Vielfalt im Hochgebirge

Denn ohne Zweifel werden die Umweltbedingungen aller Lebewesen einschliesslich des Menschen vorrangig von der unbelebten Natur bestimmt: der Sonne, der Luft, dem Wasser und der Erdkruste. Ihre Nutzbarkeit und ihr Wirken sind durch grosse räumliche und zeitliche Verschiedenartigkeit und Unberechenbarkeit gekennzeichnet. Das gilt ganz besonders in den Alpen und anderen Hochgebirgen mit ihren Bergen und Tälern, Reliefformen und Gesteinsarten, dem Spiel von Licht, Farben und Schatten, Niederschlags- und Temperaturextremen im Wechsel des Wetters. Allein diese Vielfalt des Unbelebten kann übrigens, vor allem im Vergleich zum Flachland, bereits eine hohe Erlebnis- oder ästhetische Wirkung erzeugen, wie zum Beispiel die unbewachsenen Gebirge in den Trockengebieten Innerasiens zeigen. Davon abgesehen schafft sie höchst unterschiedliche Lebensbedingungen für die Pflanzen- und Tierwelt – je nach den Höhenstufen, der Steilheit und Besonnung der Hänge, nach nassen oder trockenen, sauren oder kalkhaltigen, warmen oder kalten, an Nährstoffen reichen oder armen Standorten in oft kleinräumigem Wechsel. Nirgendwo zeigt sich so deutlich wie im Hochgebirge, wie vielfältig die lebende Natur auf die grosse Verschiedenartigkeit der unbelebten Umwelt zu antworten vermag, diese als Biodiversität in Ausprägung und Wirkung noch beträchtlich steigert – und uns Menschen dann noch mehr fesselt und gefällt.

Der Mensch prägt den landschaftlichen Wandel

Zur räumlichen Vielfalt der unbelebten und belebten Natur gesellt sich ihr zeitlicher Wandel. Die Alpennatur ist sehr veränderlich, sowohl von Tag zu Tag, von Jahr zu Jahr als auch in längeren Zeitabschnitten. Lawinen, Felsstürze oder Hochwasser vernichten immer wieder Lebensräume, schaffen aber auch Standorte für neue Entwicklungen. Schliesslich haben seit der Bronzezeit menschliche Nutzungen, Erschliessungen und Besiedlungen für eine weitere, kulturell bedingte Steigerung vor allem der biologischen Vielfalt gesorgt, die für die Einzigartigkeit und Schönheit der Alpenlandschaften prägend wurde. Ihnen fühlen wir uns durch Tradition – und auch weil sie unser Werk sind – besonders verbunden.

Seit etwa hundert Jahren hat sich jedoch bei den menschlichen Landnutzungen die Dynamik der Veränderungen ständig gesteigert. Traditionelle landwirtschaftliche Nutzungen wie die alpine Weidewirtschaft gehen zurück oder verschwinden; wo sie noch bleiben, werden sie nach technischen und ökonomischen Prinzipien rationalisiert und vereinheitlicht. Die Siedlungsdichte der Menschen konzentriert sich auf wachsende Städte und Fremdenverkehrsorte, regionaltypische Bauweisen verschwinden, der Verkehr wächst und braucht immer mehr Raum. Die Landschaften und Lebensräume der Alpen unterliegen einem tiefgreifenden, in dieser Form bisher nicht erlebten Wandel, und er wird von vielen Menschen – obwohl sie ihn mit verursachen – als nachteilig empfunden, ja beklagt – vor allem wegen des Verlusts an biologischer Vielfalt.

Mit Natur- und Umweltschutz und Nutzungsauflagen nach den Grundsätzen nachhaltiger Entwicklung bemüht man sich um Erhaltung oder – wo nötig – auch um Neuschaffung möglichst grosser Vielfalt und wendet dazu auch die genannten Konventionen und Richtlinien an. Erste Erfolge sind zu verzeichnen. Werden sie dauerhaft sein und sich ausweiten? Es gilt, Wesen und Bedeutung von Vielfalt richtig einzuschätzen und zu vermitteln, um ihren Beitrag zur Entwicklung von Landschaften und Lebensräumen der Alpen – der Umwelt überhaupt – zu sichern.

Auch unscheinbare Arten sind unverzichtbar

Vielfalt umfasst aber nicht nur die biologische Vielfalt, und diese wiederum ist mehr als nur die Vielfalt der Tier- und Pflanzenarten. Die Arten sind freilich der wichtigste Indikator für Biodiversität und werden daher in der Öffentlichkeit, von Naturschutzbehörden und -verbänden sowie Teilen der Wissenschaft besonders hervorgehoben; oft wird sogar nur noch von Artenvielfalt gesprochen. Tatsächlich aber gilt die allgemeine Wertschätzung der Artenvielfalt meistens nur höheren Tieren und Pflanzen und besonders schönen und auffälligen, «charismatischen» Arten wie zum Beispiel Adlern, Geiern, Störchen, Spechten oder Schwalben, bei den Insekten Hirschkäfern und einigen farbenprächtigen Schmetterlingen, bei den Pflanzen alten Tannen, Eichen, Ahornen und Linden, bei den Wiesen- und Alpenblumen den farbenfrohen Enzianen, Orchideen und Alpenrosen. Mehr als zwei Drittel der Arten sind jedoch unscheinbare, oft nur Spezialisten bekannte Insekten, Spinnen, Schnecken, Moose, Flechten oder Algen, ergänzt durch eine kaum bekannte Zahl von Mikroorganismen in Böden und Gewässern. Viele von ihnen sind jedoch für die dauerhafte Funktionsfähigkeit der ökologischen Systeme und für deren Rolle in den Landschaften, vor allem für deren Leistungen für die menschliche Gesellschaft, unverzichtbar. Ohne blütenbestäubende Insekten, ohne samenverbreitende Vögel, erst recht ohne Pilze und Bakterien, die tote Reste abbauen oder Luftstickstoff binden und den Pflanzen zuführen, würden die unser Leben tragenden Ökosysteme nicht funktionieren.

Es kommt also in der ökologischen Wertung der Biodiversität auf solche funktionstragende Organismengruppen an, welche die Ökosystem-Leistungen sichern, und weniger auf jene «charismatischen» Arten. Aber diese Arten erzeugen durch ihre Schutzwürdigkeit und oft auch Schutzbedürftigkeit gesellschaftliche Akzeptanz für menschliche Für- und Vorsorge sowie für die dazu nötigen Aufwendungen – und damit können sie als «Schirm- oder Zielarten» des Naturschutzes für viele andere, funktional viel wichtigere, unscheinbare Arten und damit zur Nutzen stiftenden Erhaltung grosser biologischer Vielfalt dienen. Dafür wären viele der «charismatischen» Arten, rein ökologisch gesehen, entbehrlich – aber wir

mögen sie dennoch nicht missen, weil sie Genuss, Erlebnis und Ästhetik in der Natur erhöhen; insofern haben sie eine kulturelle, ja spirituelle Funktion.

Artenzahlen und Aussterberaten führen in die Irre

Grundsätzlich ist aber die Rolle der Arten in der Begründung der Biodiversität fragwürdig. Die Wirklichkeit der Natur kennt ja keine Arten, sondern nur Populationen von einander ähnlichen Lebewesen, die, um ihre Identifizierung zu ermöglichen, von darauf spezialisierten Biologen (Taxonomen) auf Grund der Ähnlichkeiten jeweils einer «Art» zugeordnet werden. Diese existiert also nur in Bestimmungsbüchern und in den Köpfen der Taxonomen, die je nach ihren (oft sehr unterschiedlichen) Zuordnungskriterien zum Beispiel aus einer Insektenpopulation von 10 000 Individuen zwischen 100 und 7000 Arten «schaffen» können. Bei manchen Organismengruppen wie Gräsern, Habichtskräutern, Orchideen oder Himbeeren, bestimmten Insekten und vor allem Pilzen und Mikroorganismen kann man Arten nicht einmal klar unterscheiden. Eine Beurteilung der Biodiversität allein nach Zahlen und Aussterberaten von Arten ist zwar weit verbreitet, aber irreführend. Denn Artenzahlen können aus den genannten Gründen um fünf bis sechs Grössenordnungen schwanken und lassen ausser Acht, dass die Arten in der Natur verschiedene Bedeutungen haben und in einem Ökosystem oder einer Landschaft mit ganz unterschiedlichen Anteilen vertreten sind. Ausserdem sind Arten als taxonomische Einheiten, geschaffen zum Zweck, sich in der Fülle des Lebens zurechtzufinden, meist auch keine Funktionsträger in den Ökosystemen.

«Eine Beurteilung der Biodiversität allein nach Zahlen und Aussterberaten von Arten ist zwar weit verbreitet, aber irreführend.»

Genetische Klaviatur erzeugt Sinfonie des Lebens

Den Ausgangspunkt der Biodiversität bilden ja auch nicht die Arten, sondern die Veränderungsmöglichkeiten in den Strukturen der Gene und Eiweisse in den Individuen einer Population. Mit ihrem Spiel auf dieser genetischen Klaviatur erzeugt die lebende Natur auf den «Notenblättern der Sinfonie des Lebens» ständig kleine oder auch grössere Veränderungen (Mutationen), die sich bei den daraus entstehenden Individuen in unterschiedlichen Eigenschaften äussern. Das befähigt die Population als Ganze, sich den Schwankungen und dem Wandel ihrer Umweltbedingungen anzupassen, sich dabei auch selbst zu wandeln und neue genetische Typen hervorzubringen, die von Taxonomen irgendwann auch als Arten beschrieben werden. Diese genetische Vielfalt wirkt sich also sowohl in Arten- als auch in Funktionsvielfalt aus und befähigt die Lebewesen, sich in der unbelebten Natur und auch gegenüber andersartigen Organismen zu behaupten und weiterzuentwickeln. Damit verbinden sie eine dem Leben förderliche Gestaltung ihrer Lebensräume, etwa durch Humusbildung im Boden, und bilden schliesslich durch ihre sowohl antagonistischen als auch symbiontischen Beziehungen mit dem Standort und den Partner-Lebewesen vielfältige und dynamische ökologische Systeme. Diese wiederum nutzen und verändern wir Menschen als unsere Lebensgrundlage.

Vielfalt der Lebensräume und der Landnutzungen erhalten

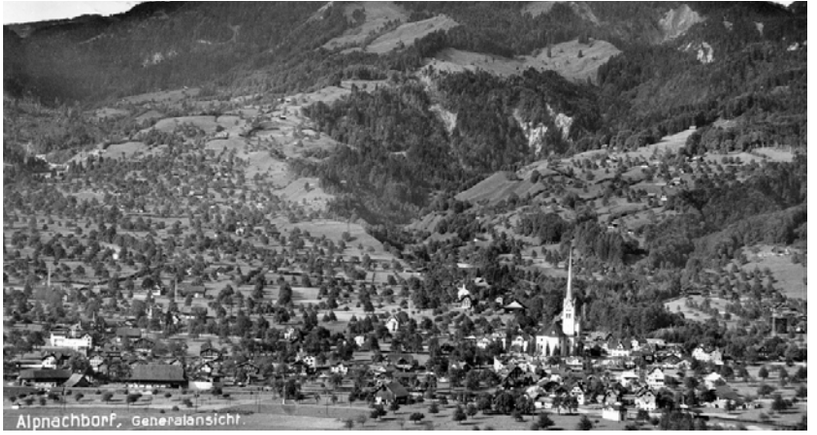
Dies alles verbirgt sich im Wesen der Vielfalt, die uns zugleich das Leben ermöglicht und auch Freude an unserer Umwelt schenkt. Da uns die genetische Vielfalt – ihre Basis – nur schwer zugänglich und verständlich ist und die Artenvielfalt in die Irre führen kann, vor allem wenn sie auf blosse Zahlen beschränkt wird, sollten wir für die praktische Anwendung der Biodiversitätsprinzipien die Vielfalt der Lebensräume, das heisst vor allem die Vielfalt der Landnutzungen, fördern oder wiederherstellen – zugleich aber auch gestalten, damit sie nicht nur biologisch funktionieren, sondern auch unseren ästhetischen Erwartungen entsprechen.

Sind wir uns aber auch der Dilemmata bewusst, in die wir damit geraten? Zum einen ist jede Landnutzung, vor allem die existenziell wichtige land- und forstwirtschaftliche Nutzung, seit je auf Schaffung möglichst rationeller, das heisst gleichmässiger Bewirtschaftungsbedingungen ausgerichtet, verstösst also prinzipiell gegen die Biodiversität. Dem kann nur eine Vielfalt der Nutzungen entgegenwirken. Zum anderen nehmen Ausdehnung und Intensität der Landnutzungen zu, weil die Zahl und die Ansprüche der Menschen steigen – und das kann nur auf Kosten der aussermenschlichen Biodiversität gehen. Wann und wie deren kaum vermeidbare weitere Verminderung eine kritische, keine Umkehr mehr erlaubende Schwelle unterschreitet oder, konkreter ausgedrückt, wie viele wildlebende Pflanzen, Tiere und Mikroben wir noch den Ansprüchen gesellschaftlicher Mehrheiten opfern müssen oder opfern können, darauf hat die Wissenschaft keine eindeutige Antwort.

Erhaltung der Vielfalt erfordert Dialog

Letztlich besteht unser Grundproblem mit der Erhaltung von Vielfalt auch darin, dass wir einerseits dafür allgemeine Regeln oder Normen brauchen, die wir in Gesetzesform giessen; anderseits entzieht sich gerade die biologische Vielfalt ihrem Wesen nach solchen allgemeinen Normen, da sie sozusagen eine Ansammlung von natur- und kulturhistorisch, häufig auch nur zufällig entstandenen Einmaligkeiten ist. Was von ihnen lebenswichtig ist oder auch nur das Leben erleichtert oder verschönert, muss jeweils im Einzelfall diskutiert und entschieden werden.

Prof. Dr. Wolfgang Haber ist Mitglied der Leitungsgruppe des NFP 48.



Alpen im Wandel

Die Landschaft wandelt sich kontinuierlich und oft kaum wahrnehmbar. Wer treibt diesen Wandel an und wie schnell geht er eigentlich vor sich? Welches Tempo der Landschaftsveränderung ist für Flora und Fauna trag- und für die Menschen wünschbar. Diesen Fragen ist das Forschungsteam um Felix Kienast* in ländlichen, aber auch in Agglomerationsgebieten des Alpenraums nachgegangen.

Text *Pirmin Schilliger, Luzern*

Die Landschaft wandelt sich einerseits als Folge von menschlichen und natürlichen Prozessen, anderseits beeinflusst der Landschaftswandel das Verhalten der Menschen und die Verbreitung von Pflanzen und Tieren. Welche Kräfte die Landschaftstransformation antreiben und in welcher Geschwindigkeit sie erfolgt, war bislang noch nicht umfassend analysiert worden. Um mehr darüber zu erfahren, untersuchte Felix Kienast von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) mit seinem interdisziplinären Team von Biologen, Historikerinnen und Soziologinnen die Entwicklung in den Gemeinden St. Gallen, Gossau SG, Gonten AI, Alt St. Johann/Wildhaus SG, Alpnach OW und Horw/ Kriens LU. Für die Analyse dienten dem Team historische Daten aus topografischen Karten, Katasterpläne, Chroniken, Landwirtschafts- und Waldstatistiken und Gespräche mit der Bevölkerung. Mithilfe der Gemeindestatistik sowie der Bevölkerungs- und Landnutzungsdaten analysierte das Team auch die Entwicklung in der ganzen Schweiz. Zudem verwendeten die Forscher historisch-biologische Informationen über die Verbreitung bestimmter Tiere und Pflanzen.

Dynamik seit über hundert Jahren

Je nach topografischer Lage und ökonomischen und gesellschaftlichen Einflüssen verlief der Landschaftswandel in den untersuchten Gemeinden in den letzten 120 Jahren unterschiedlich schnell. Betrachtet man die Siedlungsfläche, das Strassennetz und bestimmte Landschaftselemente, lassen sich am Alpennordrand grosse Veränderungen bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts feststellen. Schon um 1900 sind erste Einzelbäume, Hecken und Obstgärten verschwunden. In den 1920er-Jahren erreichte das Tempo des Landschaftswandels einen ersten Spitzenwert; die Siedlungsfläche nahm bis in die 1930er-Jahre kontinuierlich zu.

Nach einigen weniger dynamischen Jahrzehnten der Kriegs- und Nachkriegszeit erfolgte der Landschaftswandel in den 1960er- und 1970er-Jahren in städtischen und – zeitlich leicht verzögert – in ländlichen und touristischen Gebieten umso schwungvoller. Es herrschte ein gewaltiger Bauboom, der sich erst in den 1980er-Jahren abschwächte. Offenbar war zu diesem Zeitpunkt der Bedarf an Strassen befriedigt. Die Baulandreserven in den städtischen Regionen waren weitgehend erschöpft und die Landschaftselemente bereits stark dezimiert. Für den Zeitraum 1980 bis 1996 stellte das Forschungsteam geringere Veränderungsraten fest: Das Tempo des Landschaftswandels hat sich in dieser Periode in allen untersuchten Gebieten offensichtlich verlangsamt. Wie die Entwicklung seit 1996 bis heute verlaufen ist, bleibt offen, denn die letzten zehn Jahre sind in den Untersuchungen nicht berücksichtigt worden. «Vermutlich hat sich aber im Sog der Liberali-

sierung und der Globalisierung der Wirtschaft das Tempo des Landschaftswandels in der jüngsten Zeit wieder beschleunigt», so Kienast. Ein deutliches Indiz ist der Bauboom der letzten Jahre.

Die Kräfte hinter dem Landschaftswandel

Die künftige Landschaftsentwicklung lässt sich nur steuern, wenn die treibenden Kräfte («driving forces») des Landschaftswandels bekannt sind. Um diese zu eruieren, interviewte das Forschungsteam Personen in den Fallstudiengemeinden, die die Entwicklung beeinflusst oder beobachtet haben, also Entscheidungsträger aus Politik und Planung, Lokalhistorikerinnen und Historiker oder Landwirte. Zudem werteten die Forschenden historische Dokumente aus. Sie definierten fünf Kategorien von «driving forces» – kulturelle, ökonomische, politische, technologische und natürliche/raumstrukturelle. Die Akteure des Landschaftswandels sind auf verschiedenen Ebenen (international, national, kantonal, kommunal, institutionell, individuell, in der Raumplanung oder in der Landwirtschaft) tätig. Und sie beeinflussen die Landschaft meistens über mehrere Kanäle gleichzeitig. Als eigentliche Schlüsselkräfte des Landschaftswandels entpupp(t)en sich die Siedlungspolitik der Gemeinden, technische Innovationen wie die Mechanisierung der Landwirtschaft und die staatliche Finanzpolitik.

Meist ist es eine Kombination von schwer zu kontrollierenden Kräften, die den Landschaftswandel auslöst, so zum Beispiel in den 1960er-Jahren der technische Fortschritt, der steigende Wohlstand und der Mentalitätswandel vieler Bauern. Das Forschungsteam rechnet damit, dass der Landschaftswandel in Zukunft noch stärker durch einen ungezügelten Kräftemix bestimmt wird. Der Wettbewerbsdruck in der Landwirtschaft, die internationale Finanzpolitik, die weiter wachsenden Mobilitätsansprüche der Bevölkerung und der technische Fortschritt dürften dabei die dynamischen Faktoren sein. Entscheidend für das künftige Landschaftsbild wird

> «Die Geschichtlichkeit der Landschaft ist in der Planung stärker zu berücksichtigen.»

weiter sein, wie Bund, Kantone und Gemeinden in der Zukunft mit den knappen Baulandreserven umgehen werden.

Einer erneuten Beschleunigung des Landschaftswandels könnten lokale Akteure entgegenwirken, wenn sie die örtlichen Eigenheiten wiederentdecken und eine raumbezogene Identität pflegen. Voraussetzung solchen Bewusstseins ist das Wissen darum, wie die Landschaft einmal war und wie sie sich entwickelte, also Kenntnis ihrer Geschichtlichkeit. Diese soll, empfiehlt das Forschungsteam, künftig stärker in der Planung berücksichtigt werden. Mit den Verantwortlichen und Betroffenen könnten so maximal tolerierbare oder wünschbare Änderungsraten definiert werden. Damit liesse sich festlegen, wie schnell eine dynamische Kulturlandschaft entwickelt werden darf, welche gesellschaftlichen Potenziale dabei ausgeschöpft und welche schützenswerten Lebensräume für Pflanzen und Tiere erhalten oder gar neu geschaffen werden sollen.

***Dr. Felix Kienast**, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Projektleiter, **Patricia Felber**, **Nicole Bauer** und **Gabriela Rothenfluh**, Mitarbeiterinnen des NFP 48-Projekts «Transformationsgeschwindigkeiten von Landschaften im Alpenraum: Gefahren und Chancen für Menschen und ausgewählte Arten».

Kontakt: felix.kienast@wsl.ch

Erlebter Landschaftswandel

Um festzustellen, wie die Bevölkerung den Landschaftswandel wahrnimmt, beurteilt und darauf reagiert, interviewten die Forscherinnen Patricia Felber, Nicole Bauer und Gabriela Rothenfluh* zahlreiche Personen und befragten sie nach ihren Erinnerungen zur Landschaft ihrer Kindheit und zu den Veränderungen in ihr seither. Diese Gespräche fanden zum Teil auf Spaziergängen im Gelände statt.

Es zeigte sich, dass der Wandel der Landschaft von der Bevölkerung sehr wohl wahrgenommen wird. Besonders aufmerksam beobachtet werden Siedlungselemente, Verkehrswege, landwirtschaftliche Flächen und der Wald. Gewisse Landschaftselemente sind aber nur in einzelnen Gemeinden bedeutsam. In Gonten beispielsweise stellen die «Tobeschopfe» (Moorhütten) identitätsstiftende Landschaftselemente dar. Ihre ökonomische Funktion zum Zweck der Gewinnung des Brennmaterials Torf ist zwar verlorengegangen, doch besitzen sie einen sozialen Nutzen. Über den Erhalt der «Tobeschopfe» scheiden sich jedoch die Geister: Ein Teil der Bevölkerung sieht deren Zweck erfüllt und hätte nichts dagegen, wenn sie nach und nach verschwänden. Andere hingegen möchten die «Tobeschopfe» unbedingt retten.

Ob ein Landschaftswandel positiv oder negativ beurteilt wird, hängt primär von dessen Ausmass und weniger vom Veränderungstempo ab. Sporadischer Windwurf infolge Sturms oder auch mal ein Gebäudebrand werden durchaus als unvermeidbar akzeptiert. Hingegen stossen grossflächige Überbauungen schnell auf Kritik. Zudem wird meist nicht die Veränderung an sich, sondern die Art der Veränderung als störend empfunden. Nicht das neue Gebäude, sondern dessen Architektur, nicht der Flurweg, sondern dessen asphaltierter Belag werden bekämpft.

Entscheidend für die Akzeptanz sind folglich auch qualitative Kriterien. Eine Veränderung wird toleriert, solange sie das Wertesystem einer Gemeinde nicht tangiert. Dabei erweist sich die Bevölkerung durchaus als anpassungsfähig: Landschaftselemente, die bei ihrer Erstellung als störend empfunden werden, können später gar zum Symbol für einen Ort oder eine Gemeinde werden. In Gonten etwa wurde der Golfplatz anfänglich sehr kritisch beurteilt. Heute ist die Bevölkerung stolz auf «ihren» Golfplatz und sieht damit sogar die Landschaft aufgewertet.

Vorhersagen, wie die Bevölkerung auf einen Wandel reagieren wird, lässt sich jedoch kaum. Manchmal überwiegt bei der Beurteilung einer Veränderung die rationale Komponente, die allein nach dem ökonomischen Nutzen fragt. Dann wiederum wird plötzlich einem Landschaftselement ein hoher emotionaler Wert zugesprochen, für dessen Erhalt kein finanzieller Aufwand zu gross scheint.

Das Grasland der Alpen – ein **Hotspot der Biodiversität** in Europa

In den Alpen ist die Vielfalt an Arten und Lebensräumen besonders hoch. Dies hat mit der kleinstrukturierten naturräumlichen Situation und der vielerorts erschwerten Nutzung zu tun, daneben aber auch mit kulturellen und geschichtlichen Besonderheiten. Nutzungsintensivierung hier, Verbrachung da gefährden die einzigartige Vielfalt. Um sie zu erhalten, braucht es auch weiterhin möglichst vielfältige Nutzungsarten.

Text *Roman von Sury, Zürich*

Bei Bergwanderungen fällt es einem immer wieder auf: Die Wiesen und Weiden sind auf den Alpen viel bunter als im Tiefland, Heuschrecken und Schmetterlinge begleiten einem oft in Scharen. Der Schein trügt nicht: Das Grasland der Alpen ist häufig überaus artenreich. Dies gilt bereits für die bunt blühenden Berg-Fettwiesen, ganz besonders aber für extensiv genutzte Magerwiesen wie beispielsweise Blaugras- und Rostseggenrasen. Mit bis zu achtzig Pflanzenarten pro Are gehören sie zu den artenreichsten Pflanzengesellschaften Europas überhaupt. Im Alpenraum wachsen zudem rund vierhundert Pflanzenarten, die nirgendwo sonst gedeihen. Kein Zweifel: Die Alpwiesen und -weiden gehören zu den «hot spots» der Biodiversität Europas.

Wandel in der Landwirtschaft – und auf den Wiesen und Weiden?

In den letzten Jahrzehnten haben sich die Rahmenbedingungen für die Berglandwirtschaft wesentlich verändert. Die Produktivität konnte gesteigert werden. Gleichzeitig traten aber Umweltbelastungen wie übermässiger Nährstoffeintrag, Habitatsverlust und Monotonisierung der Landschaft in Erscheinung. Diese Entwicklung anhand der pflanzlichen und tierischen Biodiversität in vier Gemeinden der Nordalpen zu untersuchen, war das Ziel der Forschungsgruppe um Andreas Lüscher* von Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. Gleichzeitig sollte die Wirkung der ökologischen Ausgleichsflächen (ÖAF) in neunzehn Alpengemeinden überprüft werden. Damit fand in den Schweizer Alpen erstmals eine Untersuchung zur Entwicklung der biologischen Vielfalt statt, die gleichzeitig eine Erfolgskontrolle für die Landwirtschaftpolitik im Berg-

gebiet war. Um die Veränderungen erfassen zu können, stützte sich das Forschungsteam auf Daten, die im Rahmen des Programms «Man and Biosphere» (MAB) vor 25 Jahren erhoben wurden.

Pflanzliche Vielfalt mit Fragezeichen

Die Fettwiesen haben sich gegenüber den frühen 1980er Jahren nicht dramatisch verändert. Trotz geringer Zunahme der Nährstoffzeiger und einer gleichförmigeren Artenzusammensetzung blieb die durchschnittliche Artenzahl (33 bis 40) stabil. Im Untersuchungsgebiet von Château-d'Oex stellten die Forschenden vereinzelt ein häufigeres Auftreten von Ruderalarten mit einem tiefen Futterwert fest. Obwohl sie die Entwicklung der Fettwiesen mehrheitlich als nachhaltig beurteilen, werten sie dies als Hinweis darauf, dass in den Gunstlagen des Berggebiets regional eine Tendenz zur Überintensivierung besteht.

> «In allen Untersuchungsgemeinden nahm in den Magerwiesen der Anteil der Fettwiesenarten und der so genannten Generalisten signifikant zu.»

Bei den untersuchten Magerwiesen blieb die durchschnittliche Zahl von Pflanzenarten Artenzahl pro Parzelle auf hohem Niveau grundsätzlich erhalten (52 bis 60 Arten). Ihre ökologische Qualität nahm allerdings ab und es fanden sich Hinweise auf einen bedeutenden Wandel. In allen vier Untersuchungsgemeinden nahm in den Magerwiesen der Anteil der Fettwiesenarten und der so genannten Generalisten – beispielsweise Löwenzahn (*Taraxacum officinale agg.*) und Gewöhnlicher Frauenmantel (*Alchemilla vulgaris*) – signifikant zu. Gleichzeitig sank der Anteil der Magerwiesenpflanzen [z. B. Wundklee *(Anthyllis)*]. Wo der Rückgang der Magerwiesenarten besonders stark ausfiel, vermuten die Forschenden einen Zusammenhang mit der Umstellung von der Mähnutzung auf Beweidung durch Schafe. Selbst in Magerwiesen, die seit über zehn Jahren nicht mehr gedüngt wurden, haben die Nährstoffzeiger tendenziell zugenommen. Darüber, ob diese Beobachtung mit der atmosphärischen Stickstoffdeposition oder mit einer erhöhten Stickstoff-Mineralisation als Folge die Klimaerwärmung zusammenhängt, kann nur spekuliert werden.

Heuschrecken und Tagfalter lieben das Berggebiet

Bei Grindelwald BE und Tujetsch GR fand das Forschungsteam einen ausserordentlichen Reichtum an Heuschrecken und Schmetterlingen: Rund ein Drittel (28) der in der Schweiz bekannten Heuschreckenarten und fast die Hälfte (101) aller Tagfalterarten kommt in diesen Gebieten vor. Viele davon sind als «stark gefährdet» oder «gefährdet» auf den Roten Listen aufgeführt.

Die Zusammensetzung der Heuschrecken- und Schmetterlingspopulationen hing dabei stark von der Nutzung ab: In struktur- und artenreichen Extensivwiesen oder Weiden war ihre Diversität am grössten; intensiv genutzte Wiesen hingegen waren eher artenarm und von Arten mit geringeren Lebensraumansprüchen dominiert. Etliche Heuschrecken- und Tagfalterarten waren stark oder ausschliesslich an einen bestimmten Nutzungstyp gebunden. Sie profitieren von einem mosaikartigen Vegetationsmuster mit verschiedenen Nutzungen.

Während sich bei den Heuschrecken die Diversität in den letzten 25 Jahren nur wenig veränderte, waren bei den Schmetterlingspopulationen deutliche Verschiebungen festzustellen. Die gesamte Artenzahl blieb zwar in etwa gleich – wie bei den Pflanzen nahmen aber die Spezialisten des Extensivgrünlands ab und die weniger anspruchsvollen Generalisten zu. Auffällig war zudem eine bergaufwärts gerichtete Bewegung einzelner Schmetterlingsarten: Ursprünglich auf tiefer gelegene Höhenstufen beschränkte Arten breiteten sich im ganzen Gebiet – also auch in höheren Lagen – aus. Gleichzeitig wurden typische Arten der höher gelegenen Gebiete viel weniger oft gefunden. Die Vermutung liegt nahe, dass dieses Phänomen mit der klimatischen Erwärmung zusammenhängt.

Die Bedeutung des ökologischen Ausgleichs

Die Erkenntnisse zur Wirkung der ökologischen Ausgleichsflächen sind für die Ausgestaltung der Landwirtschaftspolitik im Berggebiet von grosser Wichtigkeit. Basierend auf 274 Pflanzenaufnahmen ist das Ergebnis eindeutig: Zur Erhaltung der Biodiversität im Grasland ist der ökologische Ausgleich im Berggebiet eine sehr erfolgreiche Massnahme. Auf allen Höhenstufen war die botanische Qualität – gemessen an den Kriterien der Ökoqualitäts-Verordnung – bei den ökologischen Ausgleichsflächen höher als bei den anderen Flächen. Mit zunehmender Höhe war diese Tendenz besonders ausgeprägt. Bei den höchstgelegenen Parzellen erfüllten fast 95 Prozent der als ökologische Ausgleichsflächen ange-

216 Grünlandparzellen auswertete, wurden nach ihrer Zugehörigkeit zum germanischen, romanischen oder Walser Kulturkreis ausgewählt und die Ergebnisse entsprechend analysiert.

Kulturlandschaft zwischen Tradition und gesellschaftlichem Wandel

Beim Vergleich der verschiedenen Nutzungsarten – Wiese und Weide, gedüngt und ungedüngt beziehungsweise Brache – weisen die Flächen in Dörfern mit romanischer Tradition vor allem im Talbereich eine bedeutend höhere Vielfalt auf als in Dörfern mit germanischer oder Walser Tradition. Dieser Unterschied widerspiegelt möglicherweise die unterschiedlichen Erbteilungssysteme: In den romanischen Gebieten führte die dort übliche Realteilung zu ständig kleineren und entsprechend diverseren Parzellen. Im germanischen Anerbenrecht hingegen – mit Weitergabe des Landwirtschaftsbetriebs an einen einzigen Nachkommen – bleiben die ursprünglichen Grössen der Schläge eher erhalten und die Monotonisierung der Landschaft wird zumindest begünstigt.

Veränderungen in der Nutzungsform bewegten sich in den letzten 30 Jahren stets in Richtung eines geringeren Bewirtschaftungsaufwands – also von der Schnitt- zur Weidenutzung oder von der Beweidung zur Verbrachung – und verdeutlichen damit die Rationalisierungsbestrebungen der Berglandwirtschaft.

> «Heuschrecken und Schmetterlinge profitieren von einem mosaikartigen Vegetationsmuster mit verschiedenen Nutzungen.»

meldeten Extensivwiesen die Qualitätskriterien. Bei den nicht angemeldeten Wiesen waren es nur 44 Prozent.

Bei den Heuschrecken zeigte sich in tiefen Lagen ein ähnlich positiver Effekt, in höher gelegenen Lagen wurden aber offenbar andere Einflussfaktoren wichtiger. Deshalb untersuchte das Forschungsteam der Agroscope zusätzlich die Abhängigkeit der Diversität von verschiedenen natürlichen Umweltfaktoren und von der Nutzungsintensität. Dabei zeigte sich unter anderem, dass beweidete Flächen eine höhere Tierdichte aufwiesen als gemähte Wiesen und damit im Gegensatz steht zur gängigen ökologischen Bewertung der Weidenutzung.

Nutzung und kulturelle Tradition beeinflussen die Biodiversität

Die Forschungsgruppe um Markus Fischer und Jürg Stöcklin** wählte einen in doppelter Hinsicht neuartigen Ansatz, um die Biodiversität des Berggraslands zu erfassen und zu bewerten. So untersuchte die Forschungsgruppe die pflanzliche Vielfalt sowohl innerhalb der Landschaft und der Pflanzengesellschaft, aber auch innerhalb der einzelnen Art und bezüglich ihrer biologischen Interaktionen mit Herbivoren und parasitären Pilzen. Zudem berücksichtigte das Team neben der Höhenstufe und den Nutzungstypen auch die kulturelle Tradition als Einflussfaktor: Die zwölf betrachteten Gemeinden, in denen das Forschungsteam ingesamt

Vielfalt der Pflanzen, ihrer Herbivoren und pilzlichen Parasiten

Ähnlich wie in den Projekten von Andreas Lüscher und seinem Team erwiesen sich die ungedüngten Mähwiesen als die artenreichsten Lebensräume. Ihre Artenzahl war nur leicht geringer, wenn in den Jahren zuvor die Schnittnutzung zugunsten einer Beweidung aufgegeben worden war. Verbrachung – besonders in ehemaligen Weiden – führte hingegen zu einer starken Abnahme der Arten-zahl und der typischen Magerwiesenpflanzen sowie zu einer Zunahme der Gräser. Noch stärker zeigen sich die Auswirkungen der Düngung. In Fettwiesen fand das Forschungsteam durchschnittlich 40 Prozent weniger Pflanzenarten als in den Magerwiesen. Unabhängig von der Artenvielfalt wies jede Nutzungsform eine spezifische Artenzusammensetzung auf und so zur Landschaftsdiversität beiträgt. Das Forschungsteam betont deshalb auch den ökologischen Nutzen von Brachflächen, die als Refugium für einzelne, ansonsten gefährdete Magerwiesenarten dienen.

Genetische Vielfalt

Die genetische Vielfalt innerhalb einer Art kommt durch Mutationen, sexuelle Rekombination und natürliche Selektion zu Stande. Sie ist Voraussetzung für die evolutionäre Entwicklung. Je ausgeprägter die genetische Vielfalt einer Population ist, desto besser sind die Chancen dieser Population, sich ungünstigen Umweltbe-

dingungen anpassen zu können und zu überleben. Gerade bei Nutzpflanzen ist es deshalb von grossem Interesse, wie sich kultur- und nutzungsbedingte Unterschiede auf die genetische Vielfalt auswirken. Im Fokus des Teams um Markus Fischer und Jörg Stöcklin stand deshalb das Alpen-Rispengras (*Poa alpina*), eine der wichtigsten Futterpflanzen des Schweizer Berggebiets.

Diese genetische Analyse erfordert zwar einen recht hohen Aufwand, doch war dieser lohnenswert: Sowohl die Nutzungsvielfalt wie auch die kulturelle Tradition fanden ihren Niederschlag in der genetischen Vielfalt des Rispengrases. Die genetische Vielfalt seiner Populationen war nämlich umso grösser, je mehr Nutzungstypen in der untersuchten Gemeinde vorkamen. Im Weiteren wiesen die Walser Gemeinden eine höhere genetische Diversität auf als die germanischen. Auch war die genetische Vielfalt des Alpen-Rispengrases in Weiden grösser als in Mähwiesen. Letzteres bringen die Forschenden unter anderem damit in Zusammenhang, dass die Weidetiere den Transport der Samen verstärken.

Landwirtschaftspolitik – eine Schlüsselgrösse

Die Ergebnisse der beiden Forschungsteams verdeutlichen klar: Bei extensiver Nutzung findet sich im Grasland der Schweizer Alpen immer noch eine überaus reiche Vielfalt an Pflanzen und Tieren, die aber durch Intensivierung und – vor allem in Randlagen – durch Verbrachung gefährdet ist. Eine Umstellung von Schnittnutzung auf extensive Beweidung ist im Vergleich zur grossflächigen Verbrachung weniger problematisch.

Die Forschungsteams vertreten die Ansicht, dass die Landwirtschaftspolitik dieser Entwicklung entgegentreten muss. Insbesondere fordern sie drei konkrete Änderungen bei den Direktzahlungen:

- Der Anteil an Direktzahlungen, der qualitativ hochwertige ökologische Leistungen abgeltet, soll auf Kosten der pauschal ausbezahlten Flächenbeiträge erhöht werden. Die Berglandwirtschaft erbringt heute diese hochwertigen ökologischen Leistungen, und der Tendenz zur rationalisierungsbedingten Nutzungsaufgabe kann so entgegen getreten werden.
- Zusätzlich zu den parzellenbezogen ausgerichteten Ökobeiträgen soll die landschaftliche Diversität vermehrt honoriert werden (Beispiel: Bonus in Vernetzungsprojekten).
- Die Beitragsregelungen sollen nicht mehr schweizweit einheitlich ausgestaltet sein, sondern sollen regionale und kulturelle Unterschiede berücksichtigen.

Ein weiterer Aspekt betrifft nicht die staatlichen Finanzströme sondern bestehende Denkmuster: Angesichts ihrer Bedeutung für die Biodiversität verdiente die Arbeit der Berglandwirtschaft eine Wertschätzung durch die Gesellschaft, bei der weniger die Produktion im Vordergrund steht als vielmehr das Verständnis und die Anerkennung dieser unverzichtbaren ökologischen Leistung.

*** Dr. Andreas Lüscher**, Agroscope Reckenholz-Tänikon, Projektleiter des NFP 48-Projekts «Treibende Kräfte für Veränderungen in der Bewirtschaftung und der Biodiversität von Grasland im Alpenraum – Eine Basis für die Planung zukünftiger Entwicklungen».

Kontakt: andreas.luescher@art.admin.ch

**** Dr. Jürg Stöcklin**, Biologisches Institut der Universität Basel, und **Prof. Dr. Markus Fischer**, Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern, Projektleiter des NFP 48-Projekts «Auswirkungen der Wechselwirkung zwischen kulturellen Traditionen und sozioökonomisch motivierten Veränderungen der landwirtschaftlichen Nutzung auf die biologische Vielfalt von Wiesen und Weiden in den Alpen» und Mitautoren der thematischen Synthese II, «Land- und forstwirtschaftliche Nutzungen der alpinen Landschaften und biologische Vielfalt».

Kontakt: juerg.stoecklin@unibas.ch; markus.fischer@ips.unibe.ch

Die thematische Synthese, «Land- und forstwirtschaftliche Nutzungen der alpinen Landschaften und biologische Vielfalt», erscheint im Frühsommer 2007 im vdf-Verlag Zürich.

«Man muss ein Idealist sein»

Wildheuet – «das Erbe der Bergler», wie ein Dokumentarfilm unlängst diese harte Arbeit an stotzigen Hängen betitelt hat. Das Erbe verblasst mehr und mehr, und doch gibt es Bauern, die daran festhalten, obwohl ökonomisch wenig dafür spricht. Einer wie Franz Omlin aus Sachseln, ein Wildheuer trotz allem – im Herzen der Schweiz.

Text *Stefan Christen, Luzern*

Frage an Franz Omlin bei Kaffee, Brot und frischem Alpkäse am Küchentisch im Bauernhaus: Warum Wildheuet? «Die Tradition», sagt er. «Eine Tradition, die Generationen zurückreicht. Mein Vater hat sich sommers schon aufgemacht zum Wildheuet an steilen Hängen, der Grossvater hat es auch gemacht. Nur dass damals die Zeit eine andere war. Vor 50 Jahren stritten sich die Bauern noch um das Bergheu.» Und Heuen am Hang heute? «Man muss ein Idealist sein», sagt seine Frau Marie und lacht.

Der Idealismus der Omlins ereignet sich Jahr für Jahr im Gebiet der so genannten Voralp Gibel, in der Nähe des geografischen Mittelpunkts der Schweiz, der Aelggi-Alp. Gemeindegebiet Sachseln, Kanton Obwalden. Die Hochalp Aelggi besteht aus einem Plateau auf rund 1600 Metern Höhe und dem westlichen Hang unterhalb der Gebirgskette Bocki und Haupt. Die Voralp liegt auf rund 1300 Metern Höhe, am nördlichen Hang, südlich des Sarnersees. Unten im Tal, mit prächtiger Aussicht auf den Sarnersee, steht der Hof Bruochli, der «Hauptsitz» der Bauernfamilie Omlin, von Franz und Marie mit ihren Töchtern Monika (15) und Irène (10), ein Milchwirtschaftsbetrieb mit rund 40 Kühen und 22 Hektar Landwirtschaftsland.

Wildheuet da und dort

Die Alpen sind in Obwalden seit alters mit der Talwirtschaft verbunden; sie sind für viele Bauernbetriebe die erweiterte Futterbasis. Rund 900 Grossvieheinheiten werden laut der Korporation Sachseln auf den Sachsler Alpen gesömmert. Omlins führen in der Voralp Gibel auf eigener Scholle und in der Hochalp Aelggi je einen eigenen Alpbetrieb, wo Anfang Juni bis Ende August ein angestellter Älpler mitarbeitet. Und sie heuen zwei Parzellen in der Voralp Gibel, in einer Höhe von rund 1500 Metern. Gemäht wird im Zwei-Jahres-Rhythmus, das heisst: Das erste Jahr findet der Wildheuet auf der einen, das zweite Jahr auf der anderen Parzelle statt. Je etwas mehr als zwei Hektar werden dabei abgemäht.

Als ihre Kinder klein waren, haben Omlins den Wildheuet einige Zeit lang ausgelassen. Seit rund fünf Jahren wird nun aber wieder im erwähnten Rhythmus gemäht. Vieles hängt vom Wetter ab,

gerade an diesem Hang in den Sachsler Voralpen. Aufgrund seiner Nordlage ist mit dem Kanton vertraglich vereinbart, dass der Wildheuet nicht wie üblich Mitte August, sondern bereits im Juli stattfinden kann. Voraussetzung dafür sind mehrere Tage bis Wochen schönes, heisses, trockenes Sommerwetter. Vorausgesetzt ist aber auch der Goodwill von Bekannten, Verwandten, Freiwilligen, von vielleicht acht bis zehn Helferinnen und Helfern: Ohne sie wäre das anstrengende Werk für die Bauernfamilie Omlin nicht zu leisten.

Wenn die Füsse brennen

Hinzu kommt auch die Ausrüstung, die für eine «Heumahd» unabdingbar sind: Steigeisen und gute Bergschuhe. «Sie verhindern trotzdem nicht», erzählt Marie Omlin, «dass den Helfern nach einem Tag die Füsse brennen, weil sie ständig in schräg abfallender Hanglage stehen, rechen, Netze binden.» Deshalb gehört ein linderndes Fussbad später in der Alphütte zum Fixpunkt dieser vier bis fünf Heutage. Den «Mäder», wie der Motormäher genannt wird, bedient Franz Omlin. «Natürlich könnte man es auch von Hand machen, aber so gehts einfach schneller.» Die Arbeit ist auch so noch knochenhart genug, für alle Beteiligten, und wer sich nicht vorsieht, läuft Gefahr, sich beim Umfallen in ein Heunetz zu verwickeln. Schwere Unfälle kommen beim Wildheuen immer wieder vor.

Was paradox ist

Immerhin erleichtert heute die zeitgenössische Flugtechnik den Transport. Das Heu wird nicht mehr hinuntergetragen, die schweren Heuballen werden auch nicht, wie anderswo üblich, mit Heubähnli talwärts befördert. Mit dem Helikopter gehts einiges schneller, rund 900 Kilo Heu fliegt er aufs Mal hinunter. Beim Wildheuet der Omlins und ihrer Helferinnen und Helfer kommen rund sieben Tonnen zusammen. Allerdings: Die Miete von Pilot und Helikopter, der das Heu der Alp «zunutzt», ist teuer. «Das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen stimmt nicht», sagt Omlin. Anders gesagt: Die Bewirtschaftung dieser Berghänge rechnet

> «Paradox ist: Ich könnte das Gras den Hang hinunterwerfen, ich bekäme diese Beiträge trotzdem.»

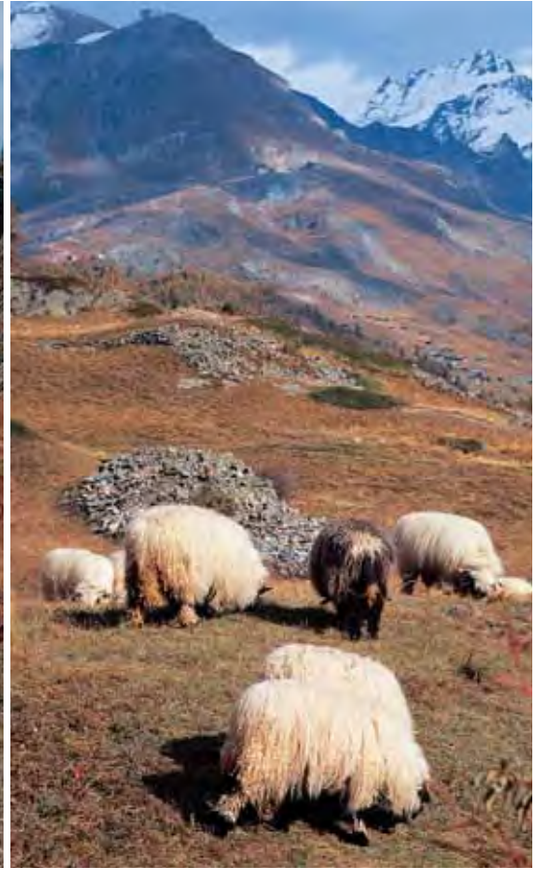
sich für ihn ökonomisch nicht. Da helfen auch die Bewirtschaftungsbeiträge des Bundes nicht viel. Und da restriktiv geregelt ist, wie der Wildheuet gehirtet und verfuttert werden darf, haperts auch mit der Verwertung. «Paradox ist: Ich könnte das Gras den Hang hinunterwerfen, ich bekäme diese Beiträge trotzdem.» Dass auch Bauern Beiträge erhielten, die das Gras nicht verwerten, sei jedenfalls ungerecht.

Und so erfährt, wer mit Franz und Marie Omlin über den Wildheuet spricht, auch einiges über den Kampf vieler Bauern mit der Unbill der Zeit, sprich: mit der heutigen Agrarpolitik. «Eigentlich», räsoniert Franz Omlin, «sind wir mehr und mehr nur noch Landschaftspfleger.» Es gelte ja mittlerweile der Grundsatz: «Was muss ich heute weniger arbeiten, damit ich mehr Beiträge bekomme.» Diese Beitragspolitik müsse sich dringend ändern. «Denn Leute, die produzieren wollen, kommen nicht zu Land, weil andere Beiträge dafür kassieren, dass sie ihr Land nicht bewirtschaften.»

Weil man Spass daran hat …

Trotzdem ist Franz Omlin offensichtlich die Freude am Ursprünglichen des Wildheuets geblieben, an dieser anstrengenden Arbeit am Hang: War man früher männiglich froh um nährwertreiches Heu von saftigen Bergwiesen, «macht man es heute nur noch, weil man Spass daran hat». Dass die Parzelle, wo er selbst heuet, sein eigener Grund und Boden ist, «erleichtert sicher, dass wir gehen». Natürlich sei ihm auch bewusst, «dass die Pflanzenvielfalt rasch verloren geht, wenn dort nicht mehr gemäht wird». Wobei der Zwei-Jahres-Rhythmus beim Mähen der Artenvielfalt sogar noch förderlich sei. Und klar ist auch: «Was nicht bewirtschaftet wird, verstaudet.»

Deshalb ist Franz Omlin aus Sachseln alles in allem entschlossen, weiterhin zu heuen am Berg. Auch wenn die Sorge um die Zukunft seines Betriebs immer gegenwärtig ist. «Die Frage ist», so Marie Omlin, «ob wir in einigen Jahren noch eine Existenz haben werden.»



Darum braucht es die Schafe doch!

Unter Naturschützern geniessen Schafe häufig keinen guten Ruf. Der Schaftritt schade der Grasnarbe und habe deshalb nachteilige Folgen für die Vegetation und die Bodenstabilität. Hält diese Einschätzung auch wissenschaftlichen Erkenntnissen stand? Mit ungewöhnlichen Experimenten ist die Biologin Erika Hiltbrunner auf der Furka den Auswirkungen des Schaftritts und weiterer Einflüsse auf die hochalpinen Pflanzengemeinschaften, deren Wasserhaushalt und die Hangstabilität nachgegangen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine angepasste Weidenutzung die Biodiversität dieser hochalpinen Gebiete unterstützt und gleichzeitig erhebliche ökonomische Vorteile für die Betreiber von Wasserkraftwerken mit sich bringt.

Text *Pirmin Schilliger, Luzern*

Das alpine Ökosystem ist äusserst empfindlich. Schon bei geringsten Veränderungen droht es aus dem Gleichgewicht zu geraten. Besonders kritisch reagieren Steilhänge. Sie bleiben in der Regel stabil, wenn die Pflanzendecke intakt ist. Vier Jahre lang hat Erika Hiltbrunner* auf dem Furkapass, auf 2500 Metern Höhe, hochalpine Schafweiden untersucht. Die Biologin von der Universität Basel bewegte sich dabei in einem ihr vertrauten Gelände, hat sie doch während ihres Studiums ihr Geld jeweils als Sennerin verdient.

Resistent gegen den täglichen Schaftritt

Die Resultate ihrer Untersuchungen sind vielfältig und teils komplex. Je nach Art und Intensität der Beweidung kann der Schaftritt positive wie auch negative Auswirkungen auf die hochalpinen Pflanzengemeinschaften haben. In Gebieten, die schon seit Jahrhunderten beweidet werden, reagieren die Pflanzen auf Schaftritt unempfindlich und sind bestens an die Einwirkungen des Schaftritts angepasst. Die Pflanzendecke hat nicht gelitten, sondern ist bis heute robust und dicht geblieben. Hier dürfte die Selektion längst stattgefunden haben, vermutet die Biologin. Wohl vor langer Zeit sind genau jene Pflanzenarten verschwunden, welche die mechanischen Einwirkungen des Schaftritts schlecht vertragen.

Doch das Gleichgewicht, das sich eingependelt hat, ist äusserst labil. Dies zeigten die Reaktionen der meisten Pflanzenarten auf ein experimentelles Betrampeln. «Es gibt offenbar eine Schwelle, ab der die Betrampelung für viele Pflanzen dann doch zu stark

wird», so Hiltbrunner. Die Forscherin entwickelte für die entsprechenden Tests originelle Werkzeuge. Sie versah Birkenstocksandalen mit echten Schaffüssen, die mit Kunststoff verstärkt wurden. So konnte die Forscherin im Steilhang selbst zum experimentellen Betrampeln schreiten.

Sehr deutlich reagieren die meisten hochalpinen Pflanzen auf erhöhten Stickstoffeintrag aus der Luft. Schon bei kleinsten Mengen, die Hiltbrunner in ihren Experimenten einbrachte, produzierte beispielsweise die Krummsegge (*Carex curvala*), die auf diesen Weiden dominierende Pflanzenart, über die Hälfte mehr Biomasse. «Das ist nicht weiter erstaunlich, denn über die natürlichen Quellen im Boden steht den Pflanzen in diesem hochalpinen Gebiet nur wenig Stickstoff zur Verfügung», erklärt Erika Hiltbrunner. Auch das Schweizer Milchkraut (*Leontodon helveticus*) und der Bunte Wiesenhafer (*Helictrichon versicolor*) reagierten auf die zusätzlichen Nährstoffe mit Blattwachstum und einer Zunahme der Biomasse. Petersbart (*Geum montanus*) und Alpenrispengras (*Poa alpina*) zeigten dagegen keine Reaktion. «Die Düngung aus der Atmosphäre verändert das eingependelte Gleichgewicht», folgert die Forscherin. «Einzelne Arten werden dominanter und produzieren mehr Biomasse, und tendenziell wird die Artenzahl reduziert.»

Hitze setzt zu

Die überraschendsten Resultate fand die Biologin, als sie den Einfluss der Erwärmung untersuchte. Für dieses Experiment versetzte Hiltbrunner ein hochalpines Rasenstück in einem Steilhang um 200 Meter talwärts, was einer Erwärmung um ein Grad gleichkommt. Sämtliche Pflanzenarten produzierten einen Drittel weniger Biomasse und nahmen zahlenmässig ab. Weitaus am empfindlichsten verhielten sich jene Pflanzen, die an eine lange Schneedecke angepasst sind, so zum Beispiel das kleine Alpenglöckchen (*Soldanella pusilla*), das Zwerg-Ruhrkraut (*Gnaphalium supinum*) und der Alpen-Mutternwurz (*Ligusticum muttelina*).

Die im Feldexperiment gewonnenen Erkenntnisse wurden durch Beobachtungen im Hitzesommer 2003 bestätigt. Sämtliche hochalpinen Pflanzen «litten» unter der Hitze. Die einzelnen Arten erholten sich im folgenden Sommer allerdings unterschiedlich schnell. Klar scheint: Sollten sich solche Extremereignisse häufen, hätte dies im untersuchten Gebiet markante Folgen für die Biodiversität. Hiltbrunner glaubt, dass die rasche Klimaveränderung, wie sie im Forschungsprojekt simulierte wurde, die Anpassungsfähigkeit vieler Pflanzenarten tempomässig überfordert.

Auch die Entwicklung der Pflanzenwurzeln nahm die Wissenschaftlerin unter die Lupe. Erste Resultate deuten darauf hin, dass die Wurzeln sich in Folge der Erwärmung in tiefere Bodenschichten zurückziehen und sich die Hangstabilität dadurch verschlechtern dürfte.

Schafe behirten und Weiden einzäunen

Aus ihren Ergebnissen leitet Hiltbrunner einige Empfehlungen für die Schafhalter ab. Die vom Menschen verursachten Veränderungen, wie erhöhter Stickstoffeintrag und Erwärmung, bedingen Anpassungen in der Bewirtschaftung. «Das Gebiet sollte gleichmässig und nicht zu intensiv beweidet werden. Empfindliche Zonen – Feuchtgebiete, spät ausapernde Gebiete und fragile Gipfelzonen – sollten gemieden werden», betont die Biologin. Dies ist nur möglich, wenn die Herden von einem Hirten betreut werden. Die Schafe sollten im Frühsommer nicht zu früh auf die Weide gelassen werden. Zudem sollten die Tiere nicht einfach frei herumlaufen können, sondern mit Zäunen «geführt» werden. «Schafe halten sich am liebsten möglichst in der Höhe auf, wo es angenehm kühl ist. Ohne Zäune werden deshalb die höheren Lagen tendenziell über- und die tieferen Lagen unterweidet», erklärt Hiltbrunner.

> «In Gebieten, die schon seit Jahrhunderten beweidet werden, reagieren die Pflanzen auf Schaftritt unempfindlich und sind bestens an die Einwirkungen des Schaftritts angepasst.»

Beweidung im Dienst der Elektrizitätswirtschaft

Eine nachhaltige Landnutzung auf hochalpinen Weiden liefert einen unerwarteten Zusatznutzen für die Betreiber von Wasserkraftwerken. Gäbe man die Beweidung vollständig auf, würde die Grasdecke höher, es würde mehr Niederschlag verdunsten und der Wasserabfluss würde um fünf bis zehn Prozent geringer ausfallen. Entsprechend könnte in den Wasserkraftwerken weniger Strom produziert werden. Jährlich wäre mit einem Verlust von 100 bis 200 Franken pro Hektar (Endverbraucherpreis) zu rechnen. Diese ökologischen und ökonomischen Zusammenhänge will Erika Hiltbrunner in künftigen Forschungsprojekten unter der Leitung von Christian Körner* am Furkapass intensiver untersuchen. Dank dem NFP 48 konnten erste Resultate zum Oberflächenabfluss nach künstlichen Beregnungen in hochalpinen Schafweiden gewonnen werden.

***Prof. Dr. Christian Körner**, Botanisches Institut der Universität Basel, war Projektleiter, **Dr. Erika Hiltbrunner** Mitarbeiterin im NFP 48-Projekt «Die interaktiven Wirkungen von Landnutzung, Stickstoffeintrag und Erwärmung auf hochalpine Ökosysteme in den Zentralalpen».

Kontakt: ch.koerner@unibas.ch

Auch auf der Alp gibts **Unkräuter – immer mehr?**

Für das bewirtschaftete Grünland der Alpen galt einst das Gleiche wie für Äcker und Gärten: Unkräuter wurden bekämpft, da sie die Futterpflanzen verdrängen und den Ertrag mindern. Da heute viele Bergwiesen und -weiden aufgegeben oder weniger sorgfältig gepflegt werden als früher, nehmen die typischen Weideunkräuter zu – möglicherweise mit gravierenden Folgen für die Artenvielfalt. Die Forschungsgruppe um Heinz Müller-Schärer* und Urs Schaffner* hat die Rolle dieser Pflanzen beim Nutzungswandel untersucht und danach gesucht, wie den Unkräutern am besten beizukommen ist.

Text *Roman von Sury, Zürich*

Ebenso alt wie die Landwirtschaft selbst sind die Unkräuter – etwas wertfreier Beikräuter genannt –, die sich zum Leidwesen der Bauern regelmässig einstellen und die Erträge schmälern. Auf den Alpwiesen und -weiden gelten diejenigen Pflanzen als Unkräuter, die für das Vieh unbekömmlich oder giftig sind und kaum gefressen werden; im Vergleich zu den übrigen Weidepflanzen verfügen sie damit über einen grossen Vorteil in der Konkurrenz um Platz und Ressourcen. Sie regelmässig zu beseitigen – zu schneiden, auszureissen oder gar auszugraben – gehört zur Arbeit der Älpler und Älplerinnen. Erst dank dieser Arbeit konnte auf den Alpweiden die enorme Artenvielfalt entstehen.

Weisser Germer auf dem Vormarsch?

Die Nutzung vieler Alpweiden nahm in den letzten Jahrzehnten im ganzen Alpenraum ab. Die Pflege wurde reduziert oder die Nutzung ganz aufgegeben (Verbrachung). Profitieren von dieser Entwicklung könnte der Weisse Germer (*Veratrum album*), ein grossblättriges, giftiges Liliengewächs mit zahlreichen grünweissen Blüten auf schmaler endständiger Rispe. Als Unkraut ist der Weisse Germer in feuchteren Alpweiden und Riedwiesen sehr verbreitet. Er pflanzt sich sowohl vegetativ über einen Wurzelstock (Rhizom), im höheren Alter aber auch über Samen fort. Auch am Betelberg oberhalb Lenk im bernischen Simmental gedeiht der Weisse Germer heute anscheinend häufiger als früher. Hans Beetschen (64) von der Voralp Weissenstein führt dies in seinem Fall darauf zurück, dass die Feuchtwiesen hier seit Jahren im Frühjahr nicht mehr beweidet werden. Dies lässt vermuten, dass der Weisse Germer bei nachlassender Nutzung möglicherweise eine wichtige Rolle spielt. Im Projekt VERA (für *Veratrum*) wollte das Team um Heinz Müller-Schärer diese Rolle besser verstehen und wirksame Bekämpfungsmassnahmen erarbeiten.

Verdrängung und Schutz

Das Verhalten des Weissen Germers ist auf keine einfache Formel zu bringen: Auf den verschieden intensiv genutzten Flächen kommt er erstaunlicherweise ähnlich häufig vor. Sein Einfluss auf die Vielfalt der übrigen Pflanzen variiert jedoch und hängt auch davon ab, wie gross der betrachtete Ausschnitt ist. Dies zeigen Untersuchungen in fünf Regionen der französischen und Schweizer Alpen, wo die Vegetation intensiv genutzter (gedüngter), traditionell genutzter (ungedüngter) und brach gefallener Weiden miteinander verglichen wurde. So beeinflusste eine hohe Dichte des Weissen Germers nur auf den kleinsten Versuchsflächen (1 m^2) die Zahl der übrigen Arten. Dabei war in den Brachflächen ein Rückgang, in Intensiv-Weiden jedoch eine Zunahme zu beobachten; auf traditionell genutzten Weiden gab es kaum Unterschiede. Offenbar spielen zwei gegenläufige Mechanismen eine Rolle: Während auf Brachflächen die übrigen Arten durch Lichtkonkurrenz geschwächt werden, profitieren sie auf intensiv beweideten Flächen von der Nähe zum Unkraut, das vom Vieh gemieden wird. Unabhängig vom Weissen Germer veränderten sowohl die intensive Nutzung als auch die Verbrachung die Artenzusammensetzung deutlich und bewirkten einen Rückgang des Pflanzenreichtums. Dieser fällt besonders auf grossen Flächen (grösser als ein Hektar) ins Gewicht. Auf Brachflächen wirkte das Unkraut als Katalysator, indem es die anderen Arten weiter zurückdrängte.

Mit Sägemehl zu mehr Biodiversität

Durch das Ausbringen von Sägemehl ist es möglich, den für die Pflanzen verfügbaren Stickstoff mikrobiell stärker zu binden. Auf diese Weise kann das Wachstum unerwünschter Pflanzen eingeschränkt werden. Im Rahmen des Projekts VERA prüfte das Forschungsteam auf fünf Viehweiden der Alpen und des Jura, ob diese Methode auch im Kampf gegen den Weissen Germer taugt. Das Sägemehl vermochte den Germer zwar nicht zurückzudrängen. Es führte jedoch zu einer Reduktion der Deckung und – noch deutlicher – der Biomasse der gesamten Vegetation, insbesondere diejenige der Gräser. Da auf diesen Alpweiden ein Zusammenhang besteht zwischen der Zunahme an Biomasse und dem Rückgang des Artenreichtums, könnte Sägemehl nach Meinung des Forschungsteams – zumindest fallweise – dazu dienen, die Biodiversität zu erhalten.

Suche nach der Achillesferse

Für eine effiziente Bekämpfung eines Unkrauts ist es wichtig zu wissen, in welchem Entwicklungsstadium ein Eingriff besonders wirksam ist. Zu diesem Zweck erfasste das VERA-Forschungsteam den Lebenszyklus des Weissen Germers in einem umfassenden mathematischen Modell – vom Samen über den Keimling zur Jungpflanze bis hin zu den vegetativen beziehungsweise Samen bildenden Altpflanzen. Die Analyse auf der Basis von fünfzehn ver-

«Um einen Germer-Bestand zu reduzieren, scheint es am wirkungsvollsten, die Stängel frühzeitig auszureissen.»

schiedenen Populationen zeigte: Samen des Weissen Germers bleiben im Boden kaum mehr als drei Jahre keimfähig, und die sexuelle Vermehrung ist für die Entwicklung eines Bestandes eher unbedeutend. Entscheidender sind das Wachstum der Pflanzen und die vegetative Verbreitung über Seitentriebe. Entsprechend muss die Unkrautbekämpfung am ehesten beim Stängel und beim Wurzelstock (Rhizom) ansetzen. Die Analyse zeigte aber auch: Mehrmaliges Schneiden der Germer-Sprosse vermindert zwar das Pflanzenwachstum, der Bestand stirbt jedoch nicht aus. Um einen Germer-Bestand zu reduzieren, scheint es am wirkungsvollsten, die Stängel frühzeitig auszureissen; denn dies verhindert sowohl die Samenbildung als auch die vegetative Vermehrung.

Alpwirtschaft lohnt sich immer weniger

Parallel zu den botanischen Studien betrachtete das VERA-Forschungsteam auch die sozio-ökonomischen Bedingungen der Alpbewirtschaftung. Danach nahm die Zahl der Alpbetriebe im Kanton Freiburg zwischen 1990 und 2000 um einen Fünftel ab. Gleichzeitig sanken auch die Alpflächen und Herdengrössen. Dies zeigt, dass die Nutzungsaufgabe hier schon seit Jahren im Gang ist. Gemäss den VERA-Studien ist dieser Prozess zunehmend wirtschaftlich begründet. Hing 1990 die Zahl der Tiere, die auf einer Alp geweidet wurden (Bestossungsdichte), noch vornehmlich von strukturellen Gegebenheiten wie Meereshöhe, Erreichbarkeit usw. ab, waren zehn Jahre später ökonomische Faktoren wie Milchverkauf und Gebäudewert die entscheidenden Grössen. Im Gegensatz zu anderen Kantonen spielte die Eigentumsform keine Rolle. Für Heinz Müller-Schärer zeigt sich in diesem Trend, wie wichtig die Sömmerungsbeiträge für die Erhaltung der Alpwirtschaft – und letztlich auch der Biodiversität – in der Schweiz sind. Die Gelder sollten jedoch noch gezielter eingesetzt werden, beispielsweise für spezielle, die Artenvielfalt schonende Beweidungssysteme.

* **Prof. Dr. Heinz Müller-Schärer**, Universität Freiburg, Projektleiter, **Dr. Urs Schaffner**, CABI Bioscience Delémont, Mitgesuchsteller des NFP 48-Projekts «VERA: Veratrum album auf Alpweiden unter zukünftigen Landnutzungsszenarien: ein Modellsystem zur Entwicklung von Bewirtschaftungsstrategien zur Verhinderung von Unkrautinvasionen und Verlust der Artenvielfalt».

Kontakt: heinz.mueller@unifr.ch

Der Basler Goldgräber

Im Rahmen des NFP 48 entdeckte der Basler Biologe Fritz Oehl drei neue Arten von Bodenpilzen und identifizierte sie als neue Gattung jener Pilzklasse, die mit höheren Pflanzen eine «arbuskuläre Mykorrhiza» ausbilden. Mit diesen und weiteren Funden belegt Oehl, dass «arbuskuläre Mykorrhiza-Pilze» auch in der alpinen Höhenstufe verbreitet vorkommen. Dies ist von nicht geringer praktischer Bedeutung: Die Bodenpilze fördern das Pflanzenwachstum und können im Erosionsschutz und zur Wiederbegrünung – beispielsweise bei Skipisten – erfolgreich eingesetzt werden.

Text *Urs Steiger, Luzern*

Die meisten Pflanzen leben in Gemeinschaft mit Bodenpilzen, die ihnen Mineralstoffe aus dem Boden liefern und dafür Zucker aus der pflanzlichen Photosynthese erhalten. Diese enge Lebensgemeinschaft zwischen Pflanzenwurzeln und Pilzen nennt man Mykorrhiza. Mit ihrem feinen, aber sehr engmaschigen Geflecht tragen die Mykorrhiza-Pilze wesentlich zur Stabilität von Böden und zum Erosionsschutz in Hanglagen bei. Deshalb wecken sie auch das Interesse von Anwendern, vor allem in der Landwirtschaft und der Ingenieurbiologie. So werden heute verschiedene Produkte zur Bodenverbesserung auf der Basis von Mykorrhiza-Pilzen angeboten, sowohl für die Blumentöpfe im Wohnzimmer wie auch für die Rosen im Garten oder die Wiederbegrünung von Hängen.

Pilzreichtum unterhalb der Schneegrenze

Bodenpilze, die eine arbuskuläre Mykorrhiza – kurz AM – ausbilden, sind zwar seit mehr als 120 Jahren bekannt. Trotz des generellen – auch wirtschaftlichen – Interesses an diesen Bodenpilzen kümmerte sich jedoch kaum jemand systematisch um deren Verbreitung, und schon gar nicht in den höher gelegenen Gebieten der Alpen. Bis vor kurzem ging man sogar davon aus, dass dort aus klimatischen und vegetationsbedingten Gründen diese Art der Mykorrhiza den Pflanzen wenig nützen und daher auch kaum vorkommen könnte.

Diese Sicht hat Fritz Oehl* gründlich revidiert: Oehl fand in den Schweizer Alpen nicht nur rund 60 der knapp 200 bekannten AM-Pilzarten, sondern auch mehrere neue. Drei der neuen Arten konnte er in der von ihm beschriebenen neuen Gattung *Pacispora* einordnen – *Pacispora coralloidea*, *Pacispora franciscana* und *Pacispora robigina*. Überraschenderweise fand Fritz Oehl auch eine grosse Artenvielfalt in Höhenlagen bis zu 3000 Metern; eine ganz und gar neue Erkenntnis, war doch bis anhin völlig unbekannt, dass diese Pilze in solchen Höhen der Alpen überhaupt existieren. Seine ausführlichen Untersuchungen belegen zudem einen klaren Zusammenhang zwischen den auf verschiedenen Gesteinstypen entwickelten Böden und den jeweils gefundenen Bodenpilzarten. Zudem zeigte sich auch eine deutliche Beziehung zwischen der Höhenstufe und dem Vorkommen bestimmter Pilzarten.

Und: Das Entdecken neuer Arten geht munter weiter. Es scheint fast, als ob Fritz Oehl mit jeder Handvoll Erde, die er umdreht, neue Pilze findet. Angesichts der Bedeutung der AM-Pilze für die Pflanzenwelt und die Landwirtschaft sieht sich der Basler Forscher in der Rolle des Goldsuchers. Die Suche nach diesen Bodenpilzen gestaltet sich nämlich keineswegs als Kinderspiel. Im Gegensatz zur Pilzsuche im Herbstwald sind die Bodenpilze von blossem Auge nicht sichtbar. In den Pflanzenwurzeln lassen sich die Pilze eindeutig nur nach Einfärbung oder durch molekulare Techniken nachweisen. Oehl führt daher einen «Indizienprozess»: Er bestimmt die Sporen, welche die Bodenpilze zu ihrer Reifezeit in den umliegenden Boden auswerfen und schliesst daraus auf die vorhandenen Pilze. Dazu müssen die Sporen jedoch in aufwändiger Laborarbeit aus dem Bodenmaterial gewonnen und anschliessend unter dem Mikroskop nach den jeweiligen Arten bestimmt und ausgezählt werden.

Beleg für direkten Zusammenhang zwischen Pilz und Sporen

Hierbei ist grosse Erfahrung ebenso wichtig wie die technische Unterstützung durch molekulare Untersuchungen, auf die das Forschungsteam für Pflanzenphysiologie des Botanischen Instituts an der Universität Basel zurückgreifen kann. Die technischen Möglichkeiten in Basel haben es Fritz Oehl auch ermöglicht, zusammen mit seinen Forschungskollegen – erstmals überhaupt – den Gen-Sequenzen von zwei bisher unbekannten, nur in den Wurzeln gefundenen Pilzarten Sporen zuzuordnen und sie unter den Namen *Glomus badium* und *Acaulospora alpina* als neue Arten zu beschreiben. Aufgrund der umfangreichen Studien der letzten Jahre ist Fritz Oehl auch in der Lage, Details über die standortspezifische, aber weite Verbreitung dieser Art in Mitteleuropa und speziell im Alpenraum zu liefern. Das von Andres Wiemken geführte Basler Forschungsteam hat damit definitiv eine bedeutende Stellung unter den Forschungsteams, die sich weltweit mit Mykorrhiza befassen, eingenommen.

Erfolgreiche Praxisumsetzung

Weltweit gibt es nur wenige Spezialisten, die in der Lage sind, neue Pilzarten zu bestimmen und einzuordnen. Fritz Oehl ist deshalb für seine Forschungsarbeiten auf intensive internationale Kooperation angewiesen. Doch gleichzeitig arbeitet das Basler Team sehr eng mit Praxisanwendern in ganz Europa zusammen. Vor allem die Samen-Produzenten und Begrünungsfirmen sind an den Forschungsresultaten interessiert. Regelmässig werden im Basler Labor AM-Pilzarten für die Praxis getestet und evaluiert. Im Alpenraum und speziell im Hochgebirge wird insbesondere nach Möglichkeiten für Verbesserungen bei der Wiederbegrünung von Skipisten oder beim Erosionsschutz in gefährdeten Lagen gesucht. Feldversuche in St. Moritz und Davos zeigen, dass mithilfe eines Substrats, das ausgewählte AM-Pilze enthält, die Pflanzendecke weit schneller zuwächst als auf Kontrollflächen, wo die Pflanzen unter den dort herrschenden natürlichen Bedingungen auf die Unterstützung der Bodenpilze verzichten müssen. Somit können Bodenpilze, die aus den Alpen isoliert wurden, bei der ökologischen Erhaltung der Alpen wiederum sehr nützlich sein.

* **Dr. Fritz Oehl**, Botanisches Institut der Universität Basel, war Mitarbeiter im Forschungsprojekt «Landschaftsvielfalt aus unterirdischer Perspektive: die Bedeutung der Mykorrhiza».

Projektleitung: **Prof. Dr. Andres Wiemken**, Botanisches Institut der Universität Basel

Kontakt: andres.wiemken@unibas.ch

Wald im Vormarsch

In den letzten 150 Jahren hat die Waldfläche in der Schweiz um 30 bis 50 Prozent zugenommen – vor allem im Berggebiet. In einzelnen Regionen ist bereits die Hälfte der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Wald verschwunden. Das Forschungsteam um Priska Baur hat im Projekt WASALP verschiedene Faktoren identifiziert, welche die Zunahme der Waldfläche erklären, ohne allerdings eine alles erklärende Urformel gefunden zu haben. Klar ist aber: Die Zunahme des Wohlstands spielt eine grosse Rolle, und die heutige Ausgestaltung der Agrarpolitik ist nicht in der Lage, den Vormarsch des Waldes zu stoppen.

Text *Pirmin Schilliger, Luzern*

«Die Rückkehr des Waldes im Schweizer Berggebiet ist kein neues Phänomen, sondern bereits seit rund 150 Jahren im Gange», erklärt Projektleiterin Priska Baur*. Geografisch verläuft die Entwicklung sehr unterschiedlich. Im dicht besiedelten Mittelland sind kaum neue Waldflächen zu beobachten. Mehr als vier Fünftel des wegschrumpfenden Landwirtschaftslandes werden hier überbaut, wie sich aus der Arealstatistik der Schweiz entnehmen lässt. Der Wald dehnt sich vor allem im Berggebiet aus; etwas weniger stark im Jura und in den Voralpen, ausgeprägter im Alpenraum. Besonders viele neue offene Wälder sind im Wallis zu finden, während in den Zentralalpen verbuschte Flächen dominieren. In Graubünden sind sämtliche Übergangsstufen von der landwirtschaftlichen Extensivierung bis zum geschlossenen Wald häufig anzutreffen. Im Tessin und in Südbünden ist dieser Prozess vielerorts weit gehend abgeschlossen: Die beiden Gebiete weisen heute den höchsten Bewaldungsgrad der Schweiz auf. Im 20. Jahrhundert ist hier über die Hälfte der landwirtschaftlichen Nutzfläche verschwunden.

> «Im Tessin und in Südbünden ist im 20. Jahrhundert über die Hälfte der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Wald verschwunden.»

Lokal verläuft die Entwicklung höchst unterschiedlich. Dies haben Fallstudien und quantitative Analysen des gesamten Berggebiets gezeigt. Generell kehrt der Wald an landwirtschaftlich ungünstigen Lagen zurück. Im Berggebiet ist die Ausbreitung des Waldes

aber gerade auch in der unmittelbaren Nähe von Siedlungen zu beobachten. Dies weist auf die vorwiegend ökonomischen Gründe der Entwicklung hin: Der Wald dehnt sich vor allem auf jenen Flächen aus, die landwirtschaftlich extensiviert und schliesslich nicht mehr bewirtschaftet werden. Dabei handelt es sich um Standorte, auf denen die Erträge nicht (mehr) ausreichen, um den Bewirtschaftungsaufwand zu decken.

Von der Wiese zur Weide zum Wald

Die natürliche Wiederbewaldung verläuft überall nach vergleichbarem Muster: In einem ersten Schritt verzichten die Bauern darauf, die Wiesen zu mähen, und lassen das Vieh weiden. Je nach Standort und Intensität der Beweidung können in dieser Phase Gehölze aufkommen. Um die Verbuschung zu verhindern, säuberten die Bauern und Älpler früher die Flächen in aufwändiger Handarbeit. Diesen Einsatz leisten sie heute immer seltener. Werden die Weiden jedoch vom aufkommenden Gehölz nicht regelmässig befreit, gewinnen Sträucher und Bäume die Oberhand. Es entsteht je nach Standort ein Gebüschwald oder ein offener Wald, der allmählich zu einem geschlossenen Wald zusammenwächst. Das Tempo, mit der sich eine aufgegebene Fläche in Wald rückverwandelt, kann sehr unterschiedlich ausfallen. Unter günstigsten Bedingungen kann bereits nach 20 Jahren auf einer früheren Magerwiese oder Weide ein Wald stehen.

In Regionen, in denen steile Hänge dominieren, nimmt die Waldfläche erwartungsgemäss häufiger zu. Die Wahrscheinlichkeit einer Verwaldung steigt zudem mit schlechterer Bodenqualität – steiniger, geringere Bodentiefe, zu feucht oder zu trocken – und bei kühleren Klimabedingungen. Das Vorrücken des Waldes hängt besonders stark davon ab, wie die jeweilige Fläche bewirtschaftet wird und ob in der Umgebung bereits Wald vorhanden ist. Wenn benachbarte Parzellen ebenfalls nicht mehr bewirtschaftet werden und bereits verwaldet sind, ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine aufgelassene Fläche nicht nur verbuscht, sondern zu Wald wird, besonders hoch. Angrenzender Wald dient als Samenquelle und beschleunigt so die Wiederbewaldung.

Wald gleich Wohlstand

Teils unerwartete Resultate gewann das Forschungsteam mit der Analyse der sozio-ökonomischen Hintergründe der Wiederbewaldung. So fand das Forschungsteam keinen Zusammenhang zwischen Abwanderung und Wiederbewaldung. «Die populäre Hypothese, wonach der Wald dort aufkommt, wo die Menschen weggehen, konnten wir nicht bestätigen», so Baur. Hingegen zeigt sich in der Agrarstruktur ein wichtiger begleitender Faktor: In den Kantonen Tessin und Wallis mit einem traditionell hohen Anteil an landwirtschaftlichen Nebenerwerbsbetrieben war die Waldflächenzunahme in der Vergangenheit grösser. Auch die Entfernung

zur nächsten Strasse spielt eine Rolle. Schwieriger war es, robuste Zusammenhänge zwischen Waldflächenzunahme und Siedlungs- und Bauzone zu belegen. Auch der Versuch, eine direkte Verbindung zwischen wirtschaftlichen Überlegungen – Opportunitätskosten der landwirtschaftlichen Arbeit – und der Wiederbewaldung nachzuweisen, ist nur halbwegs geglückt. Das könnte daran liegen, dass diese Aspekte erst verzögert, beim Generationenwechsel, wirksam werden: Dann nämlich, wenn die jungen Hofnachfolger die Bewirtschaftung ungünstiger Lagen extensivieren oder ganz aufgeben, weil sie wirtschaftliche Gesichtspunkte stärker gewichten.

Die Forscher interpretieren die natürliche Wiederbewaldung als Ausdruck eines grundlegenden gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wandels, bei dem der Rückgang der Armut und die Zunahme des Wohlstands eine grosse Rolle spielen. Die früher ausgedehnte Bewirtschaftung von Grenzertragslagen war vor allem auch Ausdruck von Armut und Not, letztlich eine Frage des Überlebens. Die Verfügbarkeit bestimmter Grössen hat sich aber verschoben: Früher waren Nahrungsmittel, Energie, Dünger und andere Hilfsmittel knapp, dafür gab es billige Arbeitskräfte im Überfluss. Heute ist es umgekehrt: Nahrungsmittel gibt es in der Schweiz im Überfluss, Energie und Hilfsmittel sind vergleichsweise billig, Arbeitskräfte umso teurer. Für Bauern gibt es heute Einkommensalternativen, und die Bewirtschaftung von Grenzertragslagen ist keine Frage des Überlebens mehr.

Der Zusammenhang zwischen Landnutzung und Wohlstand lässt sich auch anhand der Ziegenbestände illustrieren. Die Ziege als «Kuh des armen Mannes» ist selten geworden: Ihr Bestand sank in den letzten Hundert Jahren von 350 000 auf 50 000. Mit dem Verschwinden der Ziege, die einwachsende Gehölze auf extensiv genutzten Flächen auf ihrem Speisezettel nicht verschmäht, ging – nicht zuletzt zur Freude der Förster – ein wirksamer Mechanismus verloren, der das natürliche Aufkommen von Wald verhindert.

Die grossräumigen Unterschiede der Waldausdehnung konnten die Forscher zwar gut modellieren, aber eine Urformel zur Erklärung der Waldflächenzunahme im Schweizer Berggebiet haben sie nicht gefunden. «Es gibt erhebliche Erklärungslücken, und wir mussten die Grenzen quantitativer Analysen erfahren», räumt Baur ein. Deutlich stellte sich heraus, dass die Wiederbewaldung immer auch kleinräumig interpretiert werden muss, weil regionale und lokale Besonderheiten die Entwicklung stark beeinflussen.

Vernachlässigtes Sömmerungsgebiet

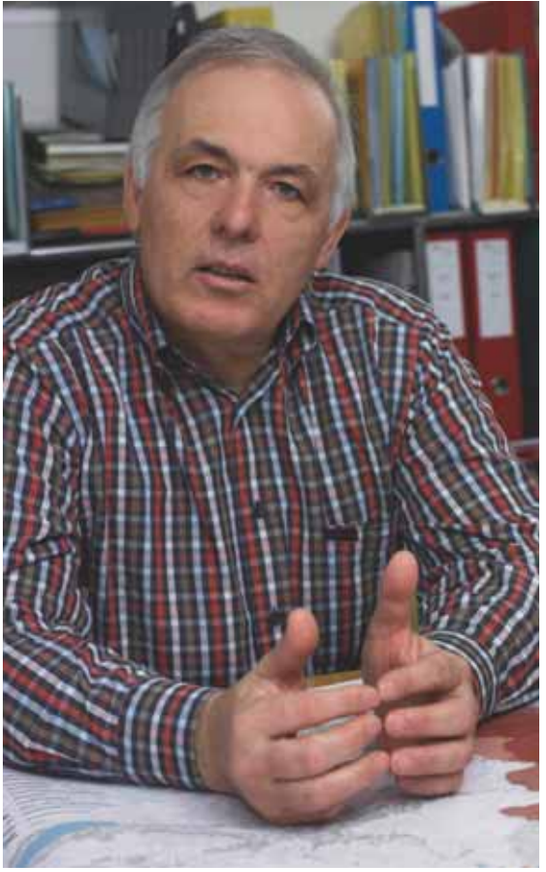
Obwohl die direkten Einkommenszahlungen an die Landwirtschaft seit den 1990er-Jahren in der Schweiz deutlich ausgebaut wurden, insbesondere auch mit verstärkten finanziellen Anreizen zur Bewirtschaftung von ertragsarmen Wiesen und Weiden, werden Grenzertragslagen trotzdem zunehmend aufgegeben. Die Ergebnisse des Projekts WASALP zeigen die Gründe: Zwei Drittel der verbuschten und wieder bewaldeten Flächen liegen im Sömmerungsgebiet, das aber nur gerade vier Prozent der Direktzahlungen erhält. Besonders gravierend wirkt sich aus, dass es im Sömmerungsgebiet keine flächengebundenen Direktzahlungen gibt. Diese werden nur auf der so genannten «Landwirtschaftlichen Nutzfläche» ausbezahlt. Es ist deshalb nicht zu erwarten, dass die derzeitige Agrarpolitik die natürliche Wiederbewaldung zu stoppen vermag.

Erhärtet wird diese Prognose auch durch Fallstudien in ausgewählten Gemeinden. Deutlich am wenigsten schnell schreitet die Verbuschung und Wiederbewaldung in der Emmentaler Gemeinde Eggiwil voran. Hier werden auch ausgeprägte Steillagen bewirtschaftet. Sie zählen grösstenteils zur «Landwirtschaftlichen Nutzfläche». Entsprechend hoch sind die finanziellen Anreize für die Weiterführung der Bewirtschaftung. Gerade umgekehrt ist es im bündnerischen Tujetsch. In dieser Gemeinde finden sich ausgedehnte Sömmerungsweiden, die von den Direktzahlungen nicht profitieren. Die Anreize, die Bewirtschaftung fortzuführen, sind entsprechend gering.

Priska Baur verweist auf die grosse Bedeutung des Sömmerungsgebiets für die Kulturlandschaft der Schweiz. Es umfasst immerhin einen Drittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche, und es finden sich dort besonders viele ökologisch und landschaftlich wertvolle Standorte, zum Beispiel äusserst seltene Trockenwiesen und -weiden. Nicht nur aus ökologischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht stellt sich deshalb die Frage, ob die bisherige Politik der Direktzahlungen der richtige Weg ist, das Sömmerungsgebiet als landwirtschaftlich geprägte Kulturlandschaft gezielt und kostengünstig zu erhalten.

* **Dr. Priska Baur**, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, war Projektleiterin des NFP 48-Projekts WASALP «Waldausdehnung im Schweizer Alpenraum: eine quantitative Analyse naturräumlicher und sozioökonomischer Ursachen unter besonderer Berücksichtigung des Agrarstrukturwandels».

Kontakt: priska.baur@wsl.ch



«Auch das **Ergebnis falscher Politik**»

Im Berggebiet erobert sich der Wald riesige Flächen zurück. Ausgeprägt ist die Waldausdehnung in den südlichen Alpen: im Tessin und in Teilen des Wallis und Graubündens. Welche Möglichkeiten haben die Kantone, diese Entwicklung besser zu steuern? Ein Gespräch mit Cla Semadeni*, Chef des Amts für Raumentwicklung des Kantons Graubünden.

Text *Stefan Christen, Presswerk, Luzern*

Cla Semadeni, welche Regionen Graubündens sind von der Waldausdehnung besonders betroffen?
Vor allem die südlichen Täler, etwa das Misox und das Calancatal, weniger das Unterengadin; aber auch Teile des Prättigaus, der Surselva und des Schanfig. Letztlich nimmt der Wald überall dort zu, wo unter anderem auch aus topografischen Gründen die landwirtschaftliche Bewirtschaftung zurückgeht, in Gebieten, in denen nicht mehr gemäht und geweidet wird. Wo man früher den Boden bewirtschaftete, wächst nun der Wald heran. Dies ist nicht einmal abhängig von der Höhenlage, im Bergell etwa ist das Phänomen bereits knapp über 400 Metern über Meer zu beobachten.

Der Wald kommt dort auf, wo die Landwirtschaft geht. Erklärt dieser Zusammenhang das Phänomen?
Die Kausalität mag vordergründig stimmen. Es gibt aber auch andere Ursachen. Wo und wie sich der Wald entwickelt, hängt auch von der Waldbewirtschaftung ab, also etwa auch davon, welche Strategie die Förster verfolgen, welche Wald, Uferbestockungs- und Heckenpflege sie betreiben, oder wie das Waldfeststellungsverfahren in der Praxis funktioniert. Natürlich sagen viele Förster: Verantwortlich sind die Landwirte. Aber es gibt auf beiden Seiten eine Verantwortung. Auch das Meliorations- und Forstwesen spielt eine Rolle, also auch die Frage, wie die land- und forstwirtschaftlichen Gebiete erschlossen werden. Es zeigt sich, dass das heutige Beitragssystem der Agrar- und Forstpolitik diesbezüglich kaum Wirkung zeigt. Das Phänomen der Waldzunahme ist auch das Ergebnis falscher Politik.

Was muss sich ändern?
Die Waldgesetzgebung des Bundes ist der Schlüssel: Sie muss angepasst werden. Heute wird der

Wald gewissermassen aus der Waldperspektive festgelegt, was etwa das Zurückdämmen der Vergandung, der Verbuschung und der Einwachsung schwierig macht, beispielsweise auf traditionellen Skipisten, die mit der Zeit einwachsen. Wie andere Nutzungsflächen sollten die Waldflächen so definiert werden, dass sie den Interessen und Zielvorstellungen der Gesellschaft als Ganzes – und nicht nur der Förster – entsprechen. Eine Teilrevision des eidgenössischen Waldgesetzes ist zwar im Gang, sie geht aber auf diese Fragestellungen noch nicht oder noch zu wenig ein.

Wie reagiert der Kanton Graubünden auf die Waldzunahme?
Zum einen gibt es als Planungsinstrument der kantonalen Forstorgane den Waldentwicklungsplan (WEP), der in manchen bündnerischen Regionen bereits in Kraft ist. Darin sind die Grundsätze der Waldnutzung definiert, aber auch Konflikte und mögliche Lösungen. Zum anderen betreiben wir über die Ortsplanungen eine Art Schadensbegrenzung. Landschaftsentwicklungskonzepte sollen die Entwicklung steuern. Es ist klar: Wo die Vielfalt hinter der Eintönigkeit einer Landschaft verschwindet, nimmt auch ihr touristischer Wert ab. Positiv zu werten ist hingegen die Urkraft der Natur, die in den Einwachsungen zu beobachten ist. Und schliesslich schützen Wälder auch vor Naturgefahren wie Rutschungen und Lawinen.

Wie lässt sich aus raumplanerischer Sicht die Entwicklung besser steuern?
Indem man den Wert einer Landschaft, einer Kulturlandschaft besser erkennt, ihr einen hohen Stellenwert einräumt. Das ist ein Prozess der Bewusstseinsbildung, den wir fördern – ganz abgesehen von klassischen planerischen Instrumenten. Letztlich müssen auch die Gemeinden und Regionen aktiv werden. Zum Teil tun sie dies heute schon mit verschiedenen Landschaftsentwicklungsprojekten. Es braucht Pioniere. Und es braucht, ganz im Sinne des NFP 48, die Partizipation der Akteure vor Ort, damit sich etwas ändert. Die Leute müssen darüber reden können. Das allein genügt aber nicht: Die heutigen – auch administrativen – Verhältnisse rund um den Wald erschweren Änderungen; deshalb sind Korrekturen auf gesetzgeberischem Weg erforderlich.

«…und es braucht, ganz im Sinne des NFP 48, die Partizipation der Akteure vor Ort, damit sich etwas ändert.»

* **Cla Semadeni,** Architekt ETH Zürich, ist seit 1998 als Chef des Amts für Raumentwicklung des Kantons Graubünden tätig. Er ist Mitglied der Begleitung zur thematischen Synthese V des NFP 48.

Wild mag Wald – aber nicht zum Fressen gern

Der Wildverbiss gilt als grosses Problem im Gebirgswald. Doch Reh, Hirsch und Gämse sind besser als ihr Ruf. Zu diesem Schluss kommen Josef Senn von der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und seine Mitarbeitenden, die den Einfluss des Wildes auf die Waldentwicklung und das Überleben der Weisstanne untersucht haben. Der Wildverbiss ist nur einer von vielen Faktoren, die sich auf die Verjüngung und die Artenzusammensetzung eines Waldbestandes auswirken. Die Resultate relativieren damit etablierte Ansichten zur Rolle der wilden Huftiere im Wald.

Text *Gregor Klaus, Rothenfluh*

Der Waldboden war übersät mit Weisstannen-Keimlingen. Ein idealer Ort, um den Werdegang dieser neuen Baumgeneration zu untersuchen, dachte Helene Häsler*. Die Doktorandin beschloss, mehrere Hundert Keimlinge zu markieren und regelmässig aufzusuchen. Dies würde Aufschluss über die Sterberate und die Todesursachen junger Weisstannen geben. Doch als die Doktorandin drei Wochen später wiederkam, waren praktisch alle Keimlinge verschwunden. Haben die in dem Gebirgswald lebenden Gämsen die kleinen Weisstannen weggegrast? Verzweifelt telefonierte Häsler direkt aus dem Wald mit dem Projektleiter Josef Senn* von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf. Auch Senn war vom raschen Verschwinden der Keimlinge überrascht. Heute wissen die beiden Wissenschaftler, dass die als verschollen erklärten Keimlinge nicht dem Wild zum Opfer gefallen waren. Vielmehr wurden sie vom Hitzesommer 2003 dahingerafft. «Diese Erkenntnis war für uns eines der ersten Indizien, dass die wilden Huftiere im Gebirgswald nicht die Rolle spielen, die ihnen seit Jahrzehnten von der Forstwirtschaft zugewiesen wird», sagt Senn.

Überraschend deutliche Resultate

Für die Forstwirtschaft steht fest, dass die vielen Rehe, Hirsche und Gämsen im Wald ein Problem darstellen, weil sie die Sterberate junger Bäume massiv erhöhen und dadurch die Artenzusammensetzung und Struktur des Waldes in eine unerwünschte Richtung lenken. Vor allem die ökonomisch wichtige Weisstanne wird von den Huftieren angegangen. Als besonders problematisch gilt ein starker Verbiss in Schutzwäldern im Gebirge, wo die Weisstanne mit ihren tiefen Pfahlwurzeln und ihrer Resistenz gegen Borkenkäfer eine wichtige Rolle spielt. Doch wissenschaftliche

Beweise für einen signifikanten Einfluss wilder Huftiere auf die Verjüngung der Tanne fehlten bisher weit gehend.

Senn beschloss, dem Wald-Wild-Konflikt auf den Grund zu gehen und den Einfluss des Wildes auf den Gebirgswald zu untersuchen. «Es war irgendwie zu einfach, das Wild für alles verantwortlich zu machen», meint der Forscher. Schritt für Schritt untersuchte sein Team aus acht Wissenschaftlern die gegen das Wild erhobenen Vorwürfe. Seine Forschungsresultate zeigen: Das Wild ist nicht die einzige und in den meisten Fällen nicht die wichtigste Ursache für eine ungenügende Waldverjüngung und einen zu geringen Anteil an Weisstannen im Schweizer Gebirgswald.

Doch der Weg zu dieser Erkenntnis war steinig: Häsler musste in vier Gebirgswäldern die Verjüngungssituation, den Wildverbiss und die Bewegungsmuster des Wildes ermitteln. Die Untersuchungsgebiete waren über den ganzen Alpenraum verteilt und reichten von Visp im Kanton Wallis über Escholzmatt im Kanton Luzern und Sarnen im Kanton Obwalden bis nach Triesenberg im Fürstentum Liechtenstein. In jedem Waldbestand hatte Häsler zehn Flächen festgelegt, die sie alle drei Monate aufsuchte. Auf den Flächen, die sich zum Teil an steilen Lagen befanden, suchte sie nach verbissenen Tannen und Kot von Wildtieren. Die Anzahl Kothaufen nahm sie als Mass für die Nutzungsintensität der Flächen durch das Wild.

Schon bald wurde klar: Das Wild hat keine Vorliebe für Flächen mit überdurchschnittlich vielen jungen Weisstannen.

Weisstannen sind keine Vorzugsspeise

Dieser Befund steht im Widerspruch zur in der Forstpraxis verbreiteten Ansicht, die wilden Huftiere würden junge Weisstannen gezielt aufsuchen und fressen. Vielmehr bevorzugen sie Flächen mit Gras und Kräutern. Wenn auf diesen Flächen Weisstannen wachsen, kann es zwar zu intensivem Wildverbiss kommen; bezogen auf das gesamte Waldgebiet hat das Wild aber keinen entscheidenden Einfluss auf die Waldstruktur und die Artenzusammensetzung. «Das Wild ist kein konstanter Faktor im Wald, sondern eine Variable», erklärt Häsler. Den Forschenden war es deshalb auch nicht möglich, aus der Verbissintensität auf die Dichte und die Alterszusammensetzung der Jungbäume und damit auf die Verjüngungssituation der Tanne zu schliessen. So war der Anteil derjenigen Weisstannen, die eine Höhe erreichten, in der sie für das Wild nicht mehr erreichbar waren, trotz langjähriger intensiver Nutzung durch wilde Huftiere im Untersuchungsgebiet bei Sarnen am grössten. «Die Nutzungsintensität hatte also wenig Einfluss darauf, wie viele Tannen aus der verbissgefährdeten Grössenklasse in die nächsthöhere Klasse wuchsen», erklärt Senn.

Will man die Verjüngung und die Entwicklung der Weisstanne verstehen, reicht es deshalb nicht, sich auf den Einflussfaktor «Huftier» zu beschränken. Beispielsweise können trockene Sommer in einem Waldbestand eine gesamte Baumgeneration eliminieren – so geschehen im Jahr 2003. Ein grosser Teil der Verluste an Weisstannen-Sämlingen scheint auf das Konto von Mäusen zu gehen: Die Forschenden konnten zeigen, dass die Häufigkeit verbissener Weisstannen bis 10 cm Höhe mit dem Vorkommen dieser kleinen Säugetiere anstieg, und nicht mit der Huftierdichte.

Angesichts dieser Forschungsergebnisse stellt sich die Frage, wie es zur Vorverurteilung des Wildes gekommen ist. Senn kann sich gut vorstellen, was schief gelaufen ist: «Förster haben ganz konkrete Vorstellungen, welche Baumarten in welchen Stammdichten in einem Wald mit bestimmten Standortverhältnissen wachsen müssen», erklärt der Wissenschaftler. «Wenn die Erwartungen nicht eintreffen, glaubt man, ein Problem zu haben. Als Erstes sucht man ein Verjüngungshemmnis für die in zu geringer Anzahl vorkommenden Baumarten. Schaut man die vorhandenen Bäumchen an, stösst man bald einmal auf abgebissene Zweigspitzen, worauf dann oft auf die Suche nach weiteren Faktoren verzichtet wird.»

Blick zurück bringt Bestätigung

Doch die gängigen Vorstellungen zur standortgerechten Baumartenzusammensetzung haben manchmal mit der Situation vor Ort wenig zu tun. Von den Forschenden durchgeführte Forstinventuren in hoch gelegenen Waldbeständen im Verbreitungsgebiet der Weiss-

«Das Wild ist nicht die einzige und in den meisten Fällen nicht die wichtigste Ursache für eine ungenügende Waldverjüngung.»

tanne und mit geringen forstlichen Eingriffen in der Vergangenheit ergaben nur sehr geringe Anteile an älteren Tannen. Diese lagen weit unterhalb der für potenzielle natürliche Waldgesellschaften angenommenen Werte. «Daraus lässt sich schliessen, dass die Angaben in der Literatur eher Ausnahmen, sicher aber keine Durchschnittswerte darstellen», erklärt Senn. «Diese Baumzahlen können selbst mit einer völligen Eliminierung des Wildes nicht erreicht werden.» Das Wild hatte nämlich keinen Einfluss auf die Entwicklung der heute alten Bäume: Diese haben sich zu einer Zeit etabliert, als es in den Schweizer Wäldern fast kein Wild gab. «Vor 100 Jahren waren Hirsch und Reh in der Schweiz ausgestorben, und Gämsen überlebten im Gebirge nur in geringen Dichten», sagt die Wildbiologin Häsler. «Bis weit ins 20. Jahrhundert erfolgte die Waldentwicklung praktisch wildfrei.» Dennoch konnten die Forschenden anhand alter Forstinventuren und Nutzungsaufzeichnungen für mehrere Orte in der Schweiz nachweisen, dass in diesem Zeitraum die Anteile der Weisstanne und vieler Laubbäume abgenommen haben, während sich die Fichte ausbreitete. Die Auswertung zeitgenössischer Quellen zeigte, dass die Verjüngung und die Ausbreitung der Weisstanne durch forstliche Eingriffe zugunsten der Fichte und durch intensiv betriebene Waldweidewirtschaft behindert wurden.

> «Einen verbissenen Haupttrieb kann eine Weisstanne unter günstigen Lichtverhältnissen innerhalb von zwei Jahren kompensieren.»

Auch die Haltung, junge Bäume mit verbissenen Trieben als todgeweiht anzusehen, muss hinterfragt werden. «Unsere Experimente haben ergeben, dass eine Weisstanne unter günstigen Lichtverhältnissen einen verbissenen Haupttrieb innerhalb von zwei Jahren vollständig kompensieren kann», sagt Senn. Diese Fähigkeit zur Kompensation kann als Anpassung an einen potenziellen Verbiss interpretiert werden. Der Verbiss beeinflusst deshalb oft nur die Wachstumsgeschwindigkeit.

In dunklen Wäldern steigt der Wildeinfluss

Einen markanten Einfluss des Wildes auf die Baumverjüngung und die Artenzusammensetzung kann sich Senn nur in dunklen Hochwäldern mit spärlichem Unterwuchs und damit wenig alternativem Futter vorstellen. Der steigende Holzvorrat in den Schweizer Wäldern kann deshalb zu Problemen führen. Im Jahr 2004 wurden laut Forststatistik nur zwei Drittel des nutzbaren Zuwachses von 7,4 Millionen Kubikmetern aus den Wäldern geholt. Das hat zur Folge, dass die Wälder immer dunkler werden und der Wildeinfluss steigen wird.

Ähnliche Probleme stellen sich im Stotzigwald in der Urner Gemeinde Gurtnellen. Dieser rund 100 Hektar grosse Schutzwald an der Nordwestflanke des Bristen spielt eine wichtige Rolle für den Schutz der Gotthardautobahn vor Steinschlag, Erosion und Lawinen. Doch die ungenügende Verjüngung der Weisstanne stellt ein grosses Problem dar. Neben den schwierigen Standortbedingungen – die durchschnittliche Hangneigung beträgt 40° – und den ungenügenden Lichtverhältnissen wird der Verbiss durch Gämsen, die das Gebiet als Wintereinstand nutzen, als mögliche Ursache diskutiert. «Die Tiere würden zwar gerne den Talboden und die gegenüberliegenden Wiesen zur Futtersuche nutzen, doch dies wird ihnen durch die Autobahn verwehrt», erklärt Häsler.

Senn mag aufgrund seiner Forschungsresultate allerdings nicht so recht an einen alleinigen Einfluss des Wildes glauben. Beobachtungen der Vegetation in mehreren Verjüngungsschlägen scheinen dem Wissenschaftler Recht zu geben: Trotz der hohen Wilddichte klappt die Waldverjüngung in diesen Flächen. Weitere forstliche Eingriffe, welche die Bedingungen für die Tanne verbessern würden, sind allerdings riskant, da sie kurz- bis mittelfristig die Schutzwirkung des Stotzigwaldes gefährden könnten.

Ein weiteres Indiz für den mässigen Einfluss des Wildes auf den Wald kommt aus dem Schweizerischen Nationalpark. Hier dringt der Wald trotz hoher Wilddichte unaufhaltsam in die ehemaligen Alpweiden vor. «An trockenen Standorten zwar langsam», erklärt Senn, «aber auf den waldfähigen Standorten kommt der Wald früher oder später zurück.»

Senn und Häsler haben ihre Ergebnisse und Schlussfolgerungen an zahlreichen Veranstaltungen einem breiten Publikum näher gebracht. Doch wie reagieren Forstwissenschaftler auf die Resultate? «Ich werde mit vielen Fragen konfrontiert und registriere eine gewisse Skepsis», sagt Häsler. «Es wird wohl noch eine Weile dauern, bis der so genannte Wald-Wild-Konflikt entschärft ist. Ich spüre bei den betroffenen Parteien aber auch eine gewisse Neugier und Offenheit dem Thema gegenüber. Das gibt Anlass zur Hoffnung auf eine Lösung des Konflikts.»

* **Dr. Josef Senn**, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf, war Leiter, **Helene Häsler** Mitarbeiterin des NFP 48-Projekts «Die Weisstanne und der Wald-Wild-Konflikt im Gebirge: Verändert der Verbiss durch Huftiere die Waldlandschaft in den Alpen?».

Kontakt: josef.senn@wsl.ch

«Im Nationalpark dringt der Wald trotz hoher Wilddichte unaufhaltsam in die ehemaligen Alpweiden vor.»

Fitness für den Schutzwald

Wie muss ein Schutzwald bewirtschaftet und verjüngt werden, damit er stabil bleibt und dauerhaft gegen Steinschlag schützt? Das Forschungsteam um Peter Brang untersuchte diese Frage unter anderem im Stotzigwald, einer der heikelsten Zonen entlang der A2 im Urner Reusstal. Die Ergebnisse sind für eine erfolgreiche Schutzwaldpflege von grossem Interesse.

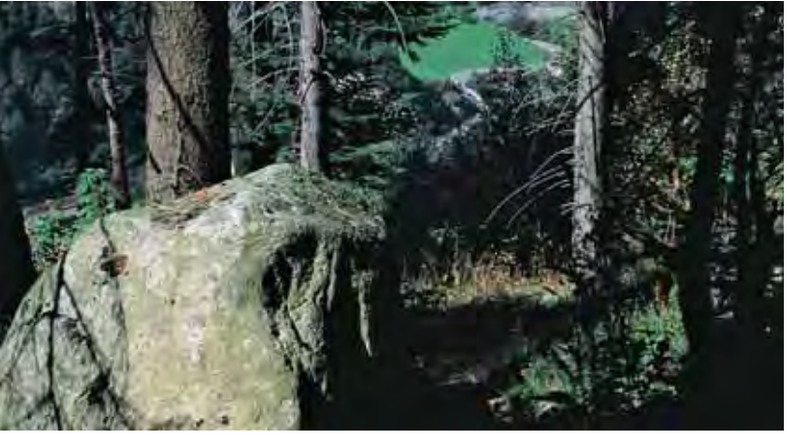
Text *Pirmin Schilliger, Luzern*

«Die Schutzwirkung eines Gebirgswaldes ist abhängig vom Bestand an ausgewachsenen Bäumen. Die Bestandesstruktur ist aber keine feste Grösse, sondern verändert sich mit der Walddynamik», erklärt Peter Brang*. Langfristig können Gebirgswälder ihre Schutzfunktion nur erfüllen, wenn sie sich stetig und ausreichend verjüngen. Dies ist aber heute vielerorts nicht mehr der Fall. Wegen der tiefen Holzpreise und der ungünstigen Produktionsbedingungen wird in vielen Wäldern in den Alpen schon länger kein Holz mehr genutzt. Die Folgen: Im Schatten der grossen Bäume kann kaum noch Jungwuchs aufkommen und der Schutzwald überaltert. Die ungenügende Waldverjüngung wird durch den Wildverbiss verschärft. Allerdings ist das Ausmass dieses Problems schwer abzuschätzen, da zu wenig Kenntnisse zur langfristigen Dynamik von Bergwäldern vorhanden sind. Es ist unklar, wie viel Verjüngung ein Gebirgswald benötigt, um seine Schutzwirkung auch noch in 50 oder 100 Jahren garantieren zu können.

Simulierte Steinschläge

Um das Wissen zu verbessern, simulierten die Wissenschaftler mithilfe verschiedener Computermodelle die Schutzwirkung von Waldbeständen. Mit dem von französischen Forschern entwickelten Steinschlag-Tool «Rockyfor» konnten sie nachweisen, dass in den untersuchten Hängen ohne die bestehenden Wälder dreimal so viele Steine den Hangfuss erreichen als mit den Wäldern. Dieses Simulationsmodell erlaubt es zudem, die räumliche Verteilung von Steinschlag in bewaldeten Steilhängen genau abzubilden. Mit dem an der ETH Zürich entwickelten und vom Forschungsteam verfeinerten Tool «ForClim» lässt sich hingegen die Struktur von Bergwäldern in Abhängigkeit von Verjüngungs- und Sterblichkeitsraten über mehrere Jahrzehnte recht genau vorhersagen. Neu kann abgeschätzt werden, wie sich eine spärliche Verjüngung auf die Waldentwicklung auswirkt.

Es zeigte sich, dass durch eine spärliche Baumverjüngung die Schutzwirkung eines Waldes während der ersten 40 Jahre nicht erheblich leidet. Der Grund: Die jungen Bäume brauchen mehrere Jahrzehnte, bis sie überhaupt robust genug sind, um eine Schutzwirkung entfalten zu können. Bis eine junge Fichte zwei Meter hoch und damit gegen Schneebewegungen, Wildverbiss und Pilzkrankheiten einigermassen widerstandsfähig ist, können 50 Jahre vergehen. Und bis das Stämmchen junger Bäume kleine Steine aufhalten kann, kann es Jahrzehnte dauern. «Unsere Modelle weisen darauf hin, dass eine durch Lichtmangel und Wildverbiss beeinträchtigte Baumverjüngung die Schutzwirkung des Gebirgswaldes erst verzögert – schätzungsweise erst nach 60 Jahren – verringert», so Brang.



Empfehlungen für die Praxis

Peter Brang und sein Forschungsteam haben verschiedene Erkenntnisse gewonnen, die in der Forstpraxis zur Anwendung gelangen sollten:

Im Gebirgswald sollten nur moderate Eingriffe vorgenommen werden, denn die Bestandesdichte ist für den Schutzeffekt entscheidend.
Nach einem Holzschlag kann die Schutzwirkung dadurch erhöht werden, dass die gefällten Bäume nicht weggeräumt, sondern am Boden liegen bleiben, und dass grössere Stämme allenfalls diagonal zum Hang verankert werden.
Eine allzu geringe oder eine fehlende Schutzwaldpflege führt über Jahrzehnte zwar zu hohen Stammdichten, jedoch auch zur Überalterung des Waldes.
Wald- und Hanglänge sind entscheidende Faktoren. Sie müssten, wenn die Auswirkungen eines Steinschlags abgeschätzt werden sollen, viel stärker beachtet werden.

Diese Empfehlungen, die teils bereits heutiger Praxis entsprechen, sollten in die Weiterentwicklung der Richtlinien zur Bewirtschaftung von Gebirgsschutzwäldern einfliessen.

Dichte allein führt ins Dilemma

Schliesslich untersuchte das Forschungsteam den Schutzwald als Gesamtsystem, indem sie ForClim mit einem einfachen Steinschlagmodell koppelten. Die Daten dazu lieferte der Stotzigwald in Gurtnellen. Resultat: Der Gebirgswald bietet vor allem gegen Steine mit einem Durchmesser von weniger als 80 cm einen hervorragenden Schutz. Zudem steigt die Schutzwirkung mit zunehmender Stammzahl: Grössere Blöcke können aufgefangen werden, wenn mindestens alle acht Meter ein Baum mit einem Durchmesser von über 36 cm steht. Aber auch die Waldlänge ist für die Schutzwirkung von Bedeutung – bei einem Steinschlag vergleichbar mit dem «maximalen Bremsweg».

«Es wäre allerdings falsch, auf Grund dieser Erkenntnisse einfach möglichst dichte Wälder zu propagieren», warnt Brang. Dies führte ins Dilemma, dass man kurz- und mittelfristig zwar eine hohe Schutzwirkung erreichen, Lichtmangel aber das Wachstum der Jungbäume und damit die Verjüngung des Waldes behindern würde. Gebirgswälder mit vielen Bäumen bieten zwar während Jahrzehnten den besten Schutz vor Steinschlag. Die Schutzwirkung schwindet aber allmählich, wenn der Anfangsbestand durch das natürliche Absterben fortwährend reduziert wird.

Eines der ursprünglichen Ziele des Forschungsprojekts, aus den gewonnenen Informationen Frühwarn-Indikatoren für eine ungenügende Waldverjüngung abzuleiten, verfolgte das Forschungsteam nicht weiter. «Wir konnten zu wenig genau ermitteln, welche Struktur ein Wald in 60 Jahren aufweisen wird», räumt Brang ein. Nun soll ein weiteres Computermodell, an dem noch gearbeitet wird, ganzheitlichere Prognosen über die längerfristige Entwicklung des Schutzwaldes liefern. Nebst Steinschlag, Waldwachstum, Waldverjüngung und Wildverbiss werden darin auch natürliche Störungen (z. B. Windwurf, Borkenkäfer), waldbauliche Eingriffe (z. B. selektiver Holzschlag, Pflanzung), technische Schutzvorrichtungen und ökonomische Aspekte (Holzpreis, Risiken aufgrund der Naturgefahren) einbezogen. Dieses Modell soll den Waldbewirtschaftern helfen, die Kostenwirksamkeit verschiedener Waldmanagementstrategien abzuschätzen.

Der ideale Schutzwald

«Der ideale Schutzwald ist nicht der möglichst dichte Wald mit dicken Bäumen, sondern ein Mosaik aus Gruppen von dicken und dünnen Bäumen sowie aus Lücken», stellt Brang klar. Dieser so genannte Gebirgsplenterwald mit seinen stufigen Beständen bietet offensichtlich den besten nachhaltigen Schutz vor Naturgefahren. Er lässt sich aber in seiner Struktur nur mit periodischen waldbaulichen Eingriffen erhalten, wobei lediglich einzelne Bäume oder kleinere Baumgruppen gefällt werden sollten. Ohne derartige Eingriffe schliesst sich der Baumbestand zu einem gleichförmigen Hochwald. Unklar bleibt, welches Risiko es bedeuten würde, würde man den Gebirgswald sich selbst überlassen und die natürliche Dynamik spielen lassen. «Ältere Fichtenwälder werden störungsanfällig und neigen zu flächigen Zusammenbrüchen», gibt Brang zu bedenken. Wie schnell sie sich wieder regenerieren, bleibt Spekulation. Jedenfalls würde ein zusammengebrochener Wald wegen des erwähnten langsamen Wachstums der jungen Bäume über eine längere Zeitspanne seine Schutzwirkung einbüssen.

* **Dr. Peter Brang**, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf, war Projektleiter des NFP 48-Projekts «Minimale Baumverjüngung in Schutzwäldern: Herleitung von Sollwerten mit Simulationsmodellen».

Kontakt: brang@wsl.ch

«Der Schutzwald verhinderte Schlimmeres»

Welche wichtige Schutzfunktion der Stotzigwald bei Gurtnellen erfüllt, zeigte sich eindrücklich, als im Frühling 2006 in unmittelbarer Nähe ein verhängnisvoller Felssturz auf die Gotthard-Autobahn niederging. Unabhängig davon bemüht man sich – auch auf Initiative eines NFP 48-Forschungsprojektes – im Kanton Uri schon seit längerem um nachhaltige Lösungen im Spannungsfeld von Waldpflege und Wildmanagement. Ein Gespräch mit Beat Annen, Vorsteher des Amts für Forst und Jagd, Uri.

Text *Stefan Christen, Presswerk, Luzern*

*Beat Annen, im Rahmen der so genannten «Plattform Stotzigwald» * wurde versucht, eine gemeinsame Strategie für diesen wichtigen Schutzwald zu finden. Was hat die Plattform gebracht?*
Beat Annen: Das Projekt war gerade deshalb bahnbrechend, weil es erstmals alle Interessenvertreter an einen Tisch brachte. Alle – Jäger, Förster, Landwirte, Behörden – hatten im Grunde Erfahrung mit der Problematik. Was fehlte, war eine gemeinsame Perspektive. Die Jäger, die Tourismusorganisationen hatten jeweils ihre eigenen Projekte. Dank der Plattform haben nun alle Beteiligten in etwa den gleichen Wissensstand. Man lernte gemeinsam am Objekt. Dieser Weg war das Interessante.

Ist die gemeinsame Perspektive auch nach Abschluss des Projekts noch spürbar?
Natürlich sitzt man nicht ständig an den runden Tisch. Aber die Plattform hat doch zu mehr Vertrauen im gegenseitigen Umgang geführt.

Was halten Sie vom Austausch zwischen Forschung und Praxis, der in dieser Plattform ja beispielhaft versucht wurde?
Dass die Projektleitung von aussen, aus der Forschung kam, führte dazu, dass emotionale Diskussionen versachlicht wurden. Dies war sicher ein Vorteil. Hingegen ist diese Form der Zusammenarbeit auch eine Chance für die Forschenden, die zum Teil eine sektorialere Betrachtungsweise haben als die Leute der Praxis. Wir sind uns der Komplexität des Themas Schutz-

wald, der Waldverjüngung und der Weisstannenarmut schon lange bewusst. Viele Faktoren spielen ineinander, man kann beispielsweise das Problem Wildverbiss nicht isoliert betrachten.

Aus der Plattform ist ein Entwicklungskonzept für den Stotzigwald hervo gegangen, mit Massnahmenkatalogen in den Teilbereichen Waldbau, Jagd/Biotophege, Landwirtschaft, Öffentlichkeitsarbeit. Wie weit ist die Umsetzung gediehen?
Grundsätzlich war keine der vorgeschlagenen Massnahmen für uns völlig neu. In Einzelprojekten haben die meisten Vorschläge schon vorher Niederschlag gefunden. Neu war jedoch, dass wir bei einem Objekt, dem Stotzigwald, ganz genau hingeschaut haben, und dass dieser Prozess von allen gemeinsam getragen wurde. Der Bereich Waldbau ist etwa in ein Projekt eingeflossen, wo es um das Auslichten des Waldes geht. Auch im Bereich Biotophege sind wir am Ball, Waldwiesen werden offen gehalten. Ausserdem haben die Wildhüter im vergangenen Winter mit der geforderten Regulierung des Wildbestandes begonnen. Der Abschuss von Gämsen erweist sich in diesem überaus steilen Gelände im Winter allerdings als sehr schwierig. Diesbezüglich stossen die Wildhüter an Grenzen. Projektiert wird zurzeit auch ein Vernetzungskonzept in den landwirtschaftlich genutzten Flächen, das darauf zielt, den Lebensraum des Wildes zu verbessern. Dabei soll Freiland für einmal intensiv genutzt werden, um dem Wild eine bessere Nahrungsgrundlage zu schaffen.

«Schutzwaldpflege, Wildregulierung, Biotophege – diese Bereiche bleiben wichtig, das sind Daueraufträge.»

Bleiben all diese Bemühungen auf den Stotzigwald beschränkt?
Nein. Das Konzept soll auch grossräumig umgesetzt werden. Bereits in der Umsetzung ist etwa ein Wildbiotophege-Projekt für den ganzen Kanton. Auch Wildruhezonen, mit denen der Konflikt zwischen Wintertourismus und Wild entschärft werden kann, betrachten wir unter einem regionalen Blickwinkel. Nur so – mit dem Blick aufs Ganze – lassen sich im Wald- und Wildmanagement langfristig Lösungen finden. Eine Erfolgsgarantie gibt es zwar nicht. Aber ich bin zuversichtlich.

Die Bedeutung des Schutzwaldes wurde einer breiten Öffentlichkeit im In- und Ausland im Frühling 2006 wieder bewusst, als ein Steinschlag bei Gurtnellen zwei Menschen auf der Autobahn A2 tötete und die Transit-Verbindung für mehrere Wochen kappte. Hat der Schutzwald eine noch grössere Katastrophe verhindert?
Ja, mit Sicherheit. Der gut gepflegte Schutzwald zwischen Abrissstelle und Autobahn hat Schlimmeres verhindert. Nach dem Felssturz war eindrücklich zu beobachten, wie viele Steinblöcke im bewaldeten Auslauf- und Ablagerungsgebiet von Bäumen aufgehalten wurden. Der Wald hat dafür gesorgt, dass nicht noch mehr Felsbrocken in die Tiefe fielen.

Der Wald hat dabei Schaden genommen, Bäume wurden geknickt und gespalten. Und dann kam auch noch der Borkenkäfer …
Ja, der Borkenkäfer drang ins Fallholz des Steinschlaggebiets. Wo immer es auf Grund der schwierigen Geländebedingungen möglich war, sind die befallenen Stämme entrindet worden. Der feuchte Spätsommer hat dazu beigetragen, dass dieses Problem etwas entschärft wurde.

Wie bringen Sie den beschädigten Wald wieder auf Vordermann?
Der Wald ist nach dem Felssturz natürlich teilweise angeschlagen. Allerdings wären die Folgeschäden noch einiges grösser, wenn die Zusammensetzung des Waldes nicht stimmen würde. Wir legen beim Aufbau und überhaupt in der Waldpflege grossen Wert auf einen guten Mix zwischen starken und jüngeren Bäumen, Weisstannen, Rottannen, Laubbäumen.

Reicht eine gute Waldpflege aus, damit der Stotzigwald seine Schutzfunktion auch in Zukunft erfüllen kann?
Schutzwaldpflege, Wildregulierung, Biotophege – diese Bereiche bleiben wichtig, das sind Daueraufträge. Der bestmögliche Steinschlagschutz geschieht letztlich im Zusammenspiel von Schutzwald und technischen Verbauungen wie Steinschlagnetzen oder Dämmen. Allerdings sind die technischen Möglichkeiten in diesem steilen Gelände fast ausgereizt. Deshalb ist die Waldpflege ja so wichtig: Ein guter Schutzwald, der die enorme Sturzenergie von Steinen abbauen kann, erhöht auch die Wirkung von Verbauungen massiv.

* Die «Plattform Stotzigwald», die im Rahmen des NFP 48-Projekts «Die Weisstanne und der Wald-Wild-Konflikt im Gebirge» initiiert wurde, suchte in einem zweijährigen Prozess neue Lösungen im Wald- und Wildmanagement für den Stotzigwald (vgl. auch Themenheft 1). Aus der Plattform ging ein Entwicklungskonzept hervor, das derzeit umgesetzt wird. Beat Annen, seit 2004 Vorsteher des Amts für Forst und Jagd, Uri, war an der Plattform selbst nicht direkt beteiligt, wirkt aber an der Umsetzung des Entwicklungskonzepts federführend mit.

Hochwasserschutz und Ökologie vereinen

Das Management der Fliessgewässer stellt eine grosse Herausforderung unserer Zeit dar – sowohl hinsichtlich der Sicherheit wie auch der Ökologie. Tatsache ist, dass als Folge der grossen Wasserlaufkorrekturen die Biodiversität seit 1850 stark abgenommen hat. Jean-Michel Gobat und sein Team zeigen, wie Sicherheit und Ökologie in Zukunft vereint werden könnten.

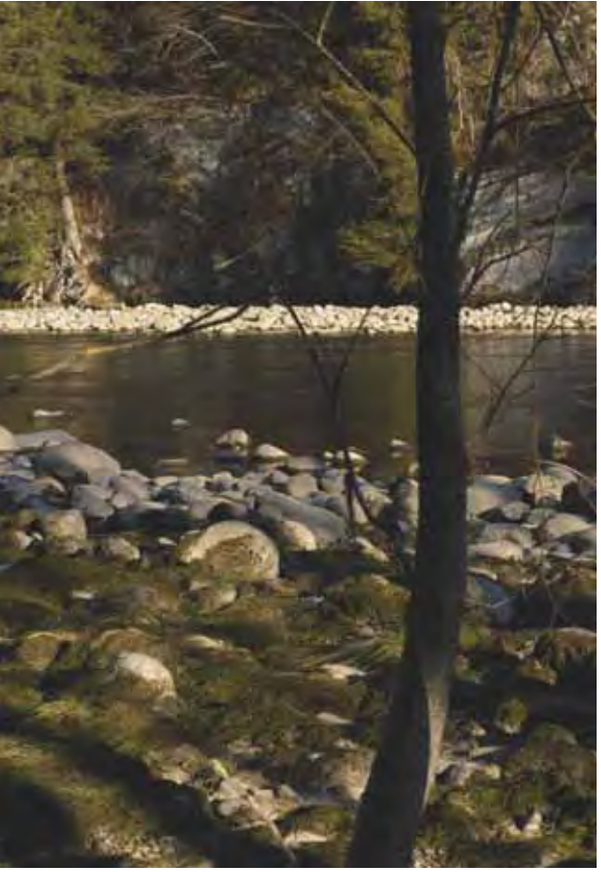
Text *Anna Hohler, Lausanne*

«Wir sind wahrscheinlich die einzigen, die im Rahmen des NFP 48 nicht hauptsächlich in den Bergen gearbeitet haben. Wir blieben unten in den Tälern und setzten uns zum Ziel, die Überschwemmungsebenen zu untersuchen», erzählt Jean-Michel Gobat* vom Botanischen Institut der Universität Neuenburg. «Der Grund dafür liegt auf der Hand: Wir fanden da eine ganz deutliche Verdichtung der Problematik. Wie in einem Trichter wirkt sich alles, was in einem Einzugsgebiet passiert, früher oder später am unteren Ende aus. Jede Veränderung in der Höhe beeinflusst auch die Ebene und betrifft damit den grössten Teil der Bevölkerung im Alpenraum.»

«Flood'alps» – abgeleitet aus «Floodplains of the Alpine Arc», Überschwemmungsebenen im Alpenraum – lautet der Titel des Projekts. Hauptziel des Forscherteams war es, die Veränderungen in der Beziehung zwischen dem Wunsch nach Sicherheit und nach Biodiversität aufzuzeigen. Die Arbeit befasst sich mit dem Zeitraum zwischen 1850, als die grossen Flusskorrektionen in Angriff genommen wurden, und dem Jahr 2000. In einem zweiten Schritt ging es darum, dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) konkrete Vorschläge als Entscheidungshilfen zu unterbreiten. Das zum grossen Teil interdisziplinär geführte Projekt umfasste Wasserbauingenieure der Eidg. Technischen Hochschule Lausanne (EPFL), Biologen und Bodenspezialisten aus dem Team von Jean-Michel Gobat, ein Team um den Soziologen François Hainard von der Universität Neuchâtel sowie zwei private Büros, welche die rechtlichen und die politisch praktischen Gesichtspunkte des Projekts untersuchten.

Entkräftete Vorurteile

Als wichtigste Hypothese definierte das Forschungsteam drei aufeinander folgende Entwicklungsphasen: die erste Phase – von 1850 bis ungefähr 1970 –, in der alle zivilisatorischen Eingriffe vom Sicherheitsdenken geleitet waren. Nach dieser Phase, in der die Flüsse systematisch eingedämmt wurden, wird die absolute Sicherheit mehr und mehr in Frage gestellt. In den 70er-Jahren wächst das Bewusstsein, dass es das Nullrisiko nicht gibt, dass trotz unzähliger Schutzbauten weiterhin Katastrophen passieren. Parallel dazu taucht der Begriff der Biodiversität auf, und die Ver-



«Oft braucht es nur einen Anstoss, um das Bewusstsein für die Anliegen der Umwelt zu sensibilisieren.»

luste auf dieser Ebene werden unübersehbar. Schliesslich ging das Forscherteam von einer zweiten Veränderung um das Jahr 2000 aus: Sicherheit und Naturschutz wurden von da an neu im Zusammenhang betrachtet. «Diese dreistufige Entwicklung konnten wir bestätigen», erklärt Jean-Michel Gobat. «Die Übergangszeiten sind jedoch nicht so klar definiert, wie angenommen. Weder 1970 noch 2000 stellen echte Wendepunkte dar.»

Entkräftet wurde dagegen eine andere Hypothese. «Wir haben bewusst parallel in den drei wichtigsten Kulturregionen der Schweiz gearbeitet: in der Westschweiz an der Saane im Abschnitt von Montvovon bis Broc (FR), in der Deutschschweiz am Rhein zwischen Rhäzüns (GR) und Sargans (SG) und in der Region Tessin/Graubünden im Gebiet Grono-Arbedo. Wir dachten, dass sich die Resultate der verschiedenen Sprachregionen unterscheiden würden, was jedoch nicht der Fall war. Das Vorurteil, wonach sich die lateinischsprachigen Regionen weniger oder gar nicht um Umweltanliegen kümmern würden, ist wirklich nur ein Vorurteil.»

Konkrete Beispiele helfen weiter

Jean-Michel Gobat und sein Team haben festgestellt, dass es oft nur einen Anstoss braucht, um das Bewusstsein für die Anliegen der Umwelt zu sensibilisieren. «Ein einzelnes Renaturierungsprojekt kann als Beispiel dienen und ein Klima der Offenheit schaffen. Die Nachbargemeinde sieht vielleicht, dass es funktioniert, und möchte auch etwas in dieser Richtung unternehmen. Dass an der Saane derzeit noch kein Renaturierungsprojekt läuft, ist unserer Meinung nach nicht auf eine so genannt lateinische Mentalität, sondern auf fehlende Vorbilder zurückzuführen.»

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Kommunikation. Was man bereits erahnen konnte, wurde durch Soziologen bestätigt: Es kommt auf die Art an, wie man mit den Leuten spricht. Eine gewisse Formulierung schafft Vertrauen beim Gesprächspartner, eine andere erntet Argwohn und Skepsis. Zwei Mitarbeitende von «Flood'alps» – Mihaela Nedelcu und François Hainard – haben dieser Problematik ein ganzes Buch** gewidmet. Darin erzählt ein Geograf (40) Folgendes: «Nicht die wissenschaftliche Information ist wichtig. Nicht, dass ich sage: ‹Die Überschwemmungsebenen sind wichtig, da sie 3,2 Prozent des Waldes ausmachen.› Worauf es wirklich ankommt, ist das Vermitteln [...] Der Kontakt mit den Leuten! Nehmen wir zum Beispiel die Sprache. Du gehst in ein abgelegenes Dorf und sprichst dort italienisch. Damit bist du einer von ‹unten›, ein Aussenstehender. Kommst du aber im Oktober und sprichst stattdessen Dialekt und erkundigst dich, wie die Jagd gelaufen ist, entsteht eine gewisse Akzeptanz, und man findet einen Weg, mit den Leuten zu diskutieren. Kommt man gleich mit Fakten vom Bundesamt, hat man schon verloren. Man darf nicht meinen, dass einem das Bundesinventar, die Gesetze und Verordnungen alle Türen öffnen, und man allgemein akzeptiert wird.»

Die Reaktion der Leute hängt auch stark von ihrer Positionierung in der Machthierarchie ab. «Auf Bundesebene kann man mit relativ viel Verständnis rechnen. Hier wurde der Schritt zur Verknüpfung von Sicherheit und Biodiversität gemacht. Auf der Kantons- und Gemeindeebene ist es schwieriger», sagt Jean-Michel Gobat. Er erzählt von seinem Erstaunen, als er entdeckte, dass das Wasser und die Flüsse in gewissen Gebieten Graubündens den Gemeinden gehörten und nicht – wie sonst üblich – dem Kanton.

«Die Zahl der Leute, die mitentscheiden, explodiert und macht jeden Eingriff um ein Vielfaches komplizierter. Hinzu kommt auch der wirtschaftliche Aspekt. In Grono beispielsweise, einem italienischsprachigen Dorf in Graubünden, kam die Renaturierung der Moesa zustande, weil die Gemeinde den Kies der SBB für eine Alptransit-Baustelle verkaufen konnte.»

Was schlagen die Forscher also vor, um die Entscheidungsprozesse zu vereinfachen und einem Projekt zur Umsetzung zu verhelfen? Erstens muss ein Projekt zum richtigen Zeitpunkt lanciert werden. «Oft ist es nutzlos, irgendwo nach fünfzig problemlosen Jahren etwas ändern zu wollen. Nach einem Hochwasser jedoch sind die Leute sensibilisiert», erklärt Jean-Michel Gobat. Das heisst natürlich nicht, dass man sich zurücklehnen und tatenlos die nächste Überschwemmung abwarten soll! «Auf der Ebene der Nachkontrollen haben wir echte Defizite festgestellt. Bei einer Katastrophe sind sowohl Rettungseinsätze als auch Notmassnahmen gut geplant. Sobald der Alltag jedoch wieder einkehrt, tritt der Fluss ebenfalls wieder in Vergessenheit. Als eine mögliche Entscheidungshilfe schlagen wir vor, eine permanente Unterstützungsstruktur zu schaffen als Verbindungsglied zwischen Wasser und Bevölkerung. Sie müsste der öffentlichen Hand unterstellt sein und könnte zum Beispiel Aktionen zur Sensibilisierung organisieren. Das Internationale Zentrum «Civiltà dell'Acqua» in Venedig***, mit dem wir in Kontakt stehen, könnte dabei als Vorbild dienen.»

* **Prof. Dr. Jean-Michel Gobat**, Botanisches Institut der Universität Neuchâtel, war Projektleiter des NFP 48-Projekts Flood'alps.

Kontakt: jean-michel.gobat@unine.ch

** **Mihaela Nedelcu** und **François Hainard**: «Pour une écologie citoyenne. Risques environnementaux, médiations et politiques publiques», L'Harmattan, Paris, 2006.

*** http://cica.provincia.venezia.it

«Man darf nicht meinen, dass einem das Bundesinventar, die Gesetze und Verordnungen alle Türen öffnen.»

ESSAY

Von der Entwicklung der Kulturlandschaft, besonders auch der alpinen, dürften unsere künftige Lebensqualität, unsere Sicherheit und schliesslich auch unser wirtschaftliches Gedeihen in viel stärkerem Mass abhängen als von tausend Dingen, welche die Gemüter ungleich mehr beschäftigen, wie etwa die jeweiligen Konsumentenpreise, die Frage, ob die Swisscom am Ende doch noch privatisiert wird, oder was mit dem Gold der Nationalbank passiert. Solche und ähnliche Themen stehen auf der politischen Agenda viel weiter oben und beschäftigen die mediale Öffentlichkeit mehr als die grundsätzliche Sorge um den Zustand und die Entwicklung der Umwelt.

Warum ist das so? Es gehört wohl zu den Konstanten der gesellschaftlichen Wahrnehmung von Umwelt, dass wir uns lieber mit den nahe liegenden als mit den zeitlich oder räumlich entfernteren Dingen abgeben. Die Tagesaktualität interessiert uns in der Regel mehr als das, was nachher kommt, auch wenn dieses «Nachher» eine Folge des täglichen Tuns und Lassens ist. «Panem et Circenses» – Brot und Spiele – war schon früher ein Leitmotiv der Regierenden, wenn sie beliebt sein und an der Macht bleiben wollten. Der Unterschied zu früher ist nur, dass das Vermögen, zwischen Einzelheiten und Zusammenhängen, zwischen Symptomen und Ursachen zu unterscheiden, nun selbst eine Frage von existenzieller Bedeutung geworden ist.

Die alpine Kulturlandschaft

Von blinden Flecken in Politik und Wissenschaft und ihrer Überwindung

Text *Hans Weiss, Bern**

Bezug zur agrarischen Realität ignoriert

Dass wir mit dieser Unterscheidung Mühe bekunden, hat noch weitere spezifische Gründe. Der Erste hat seine Wurzel in der thermo-industriellen Revolution des 19. und 20. Jahrhunderts. Die Nutzung fossiler Rohstoffe ermöglichte einen sehr weitgehenden Ersatz menschlicher Arbeit durch Maschinen sowie die massenweise Herstellung von Gütern und ihren Transport über weite Strecken. Damit lösten sich die ökonomische Theoriebildung und das Ressourcendenken immer mehr von der agrarischen Welt ab. Bis über den Zweiten Weltkrieg hinaus und gestützt vom Gedanken der Landesversorgung war die Landwirtschaft immerhin noch der «Nährstand». Doch heute wird auch dieses Modell verabschiedet. Die ökonomische Praxis orientiert sich nur noch an einer industriellen und postindustriellen Realität. Der Bezug zu Boden und Landschaft wird faktisch ignoriert. Boden ist nur noch ein wirtschaftlicher Standortfaktor in der globalen Konkurrenz und nicht mehr eine kostbare und unvermehrbare Lebensgrundlage. Zwar weiss jedes Kind, dass die Milch letzten Endes doch von der Kuh und nicht vom Supermarkt kommt, aber dieses Wissen ist von unserer Lebenswirklichkeit abgespalten. Die Kulturlandschaft interessiert als Erholungsraum, als «Reservoir von Biodiversität», als Kulisse für die Touristenwerbung. Das Bewusstsein aber, dass wir die Kulturlandschaft einer während Jahrhunderten nachhaltigen Bodenbewirtschaftung verdanken, ist unse-

rer Gesellschaft innerhalb nur einer Generation abhanden gekommen. Und deshalb werden die Arbeiten und Leistungen, welche die «vielfältige und schöne Kulturlandschaft» erst generieren, auf dem Markt nicht abgegolten. Wir haben zwar eine immer noch einflussreiche Agrarpolitik, darin dominiert aber das Tauziehen um Preise, Subventionen und Direktzahlungen. Schutz und Pflege des Kulturlandes sind davon faktisch ausgeklammert. Das Gros der Konsumentinnen und Konsumenten interessiert sich zwar vermehrt für die biologische Qualität der Produkte, allenfalls noch für ihre Herkunft, kaum aber für das, worum es letztlich geht: um den Kreislauf, der vom phänomenalen Ganzen der Kulturlandschaft ausgeht und über einen beträchtlichen, auf dem Markt nicht abgegoltenen Erhalt und Unterhalt wieder dahin zurückführt.

Vorrang des Quantitativen

Ein weiterer Grund für den «blinden Flecken» in der gesellschaftlichen Wahrnehmung des gefährdeten Gutes der Kulturlandschaft ist die Priorisierung des Quantitativen gegenüber dem Qualitativen in der Wissenschaft. Das hat schon Goethe erkannt, als er seinen Mephisto dem gelehrten Herrn Faust mit bissiger Ironie sagen lässt: «Was Ihr nicht tastet, steht Euch meilenfern, was Ihr nicht fasst, das fehlt Euch ganz und gar, was Ihr nicht rechnet, glaubt Ihr, sei nicht wahr, was Ihr nicht wägt, hat für Euch kein Gewicht, was Ihr nicht münzt, meint Ihr, gelte nicht.»

Die Kulturlandschaft, besonders die alpine, entzieht sich dem Zugriff der quantifizierenden Ansätze, weil sich hier auf kleinstem Raum physikalische, biologische, kulturelle und soziale Phänomene nicht nur begegnen, sondern gegenseitig durchdringen. Man denke an eine Trockenmauer, einen Kornspeicher, einen Obstgarten, eine Wildheuwiese. Da stecken Anpassungsleistungen, ein hochentwickeltes Know-how und ebenso hochentwickelte soziokulturelle Formen der Tradierung drin, die durch Wissenschaft und Technik allein niemals zu ersetzen sind. Dabei sind die erwähnten Beispiele nur Teile eines Landschaftsganzen, das die ökosystemische Komplexität noch bei weitem übersteigt.

Reduktion von Komplexität

Die Tendenz zur Quantifizierung verleitet zur Vereinheitlichung und damit zur Reduktion von Komplexität. Dem geben wir mit einem Arsenal an allgemeinen Begriffen von hohem Abstraktionsniveau Ausdruck. Beispiele für solche Wortschöpfungen und ihrer fast beliebigen Kombinierbarkeit sind «Lösungsorientierter Ansatz», «Landschaftskonzept», «Projektbezogenheit» und «Umsetzungsstrategie». Sie haben den Vorteil, dass man darunter eine unübersehbare Zahl von einzelnen Phänomenen und Massnahmen summieren kann. Es tönt gescheit und präzise. Letztlich sind es aber nur Worthülsen, die nichts aussagen und keine Wirklichkeit abbilden. Auf einer praktischen, erdnahen Ebene rächt sich diese Homogenisierung. So kann beispielsweise die «flächendeckende Bewirtschaftung» sowohl das Mähen einer artenreichen Magerwiese als auch ein Wegnetz meinen, das den Transport von Jauche auf Alpweiden erlaubt und damit ebenfalls das Ende einer letztlich kulturellen Artenvielfalt bedeutet. Unter die mit Direktzahlungen entlöhnte Bewirtschaftung fällt die Beweidung mit Schafen, welche – sofern sie nicht in geordneten Bahnen gehalten wird – die Wiese und ihre Grasnarbe zerstören. Die gleiche agrarökonomische Massnahme kann völlig gegenläufige Effekte bewirken. Solches Marktversagen ist nicht wirklich ökonomischer Natur, denn nach schöner Landschaft besteht eine grosse Nachfrage. Es ist viel mehr die Folge einer unzulässigen Quantifizierung, wo es letzten Endes um Qualitäten und ihre gerechte Abgeltung geht.

Das Subjektivitätstabu

Und schliesslich können wir noch ein drittes Hindernis für eine adäquate Politik zur Rettung der alpinen Kulturlandschaft ausmachen. Man könnte es das Subjektivitätstabu nennen. Um beim Beispiel der Bergwiese zu bleiben: Wir haben dieses Tabu so weit verinnerlicht, dass wir uns Sorgen um den geistigen Zustand eines Wissenschaftlers machen würden, wenn er etwa den Heuduft oder das Grillengezirpe in einem Umweltverträglichkeitsbericht oder in einer Evaluation erwähnte. Nun geht es nicht darum, dass Wissenschaftler ihre Ergebnisse in Verszeilen kleiden. Aber wir sollten wenigstens anerkennen, dass Landschaft wesensgemäss von subjektiven und gefühlsmässigen Inhalten gar nicht zu trennen ist.

Wünsche an die Wissenschaft

Zu den Aufgaben der Wissenschaft gehört die Erarbeitung von Begriffen, welche die unterschiedlichen Realitäten korrekt abbilden und nicht zur Verdeckung von Konflikten führen. Die Naturwissenschaften sollen mithelfen, erstarrte Mythen zu entlarven, die mit ihren Erzählungen nicht mehr die Umwelt deuten, sondern nur noch dazu dienen, Vorurteile, Privilegien und Marktverzerrungen – etwa unter dem Titel der «touristischen Erschliessung» oder der «Pflege der Kulturlandschaft» – aufrechtzuerhalten. Die Ökonomen sollen nicht müde werden, daran zu erinnern, dass nichts auf dieser Welt gratis ist, sondern dass uns für alle konsumierten Güter und Dienstleistungen Rechnungen präsentiert werden. Die Kultur- und Geisteswissenschaften schliesslich dürften vermehrt aufzeigen, dass das Erleben der Landschaft genauso von kulturellen Wahrnehmungen und subjektiven Wertungen konstituiert wird wie von objektiven, messbaren Grössen. Da wir alle unseren – zum Teil unbewussten – Anteil an subjektiven Beziehungen und Wertungen zu einer bestimmten Landschaft haben, ist diese Dimension der Unverwechselbarkeit durchaus auch ein öffentliches Gut. Dieses gilt es zu verteidigen gegen die zunehmende Homogenisierung und die Vereinnahmung der Landschaft durch «ortlose» Aktivitäten, das heisst durch Akteure, für die Landschaft nur noch eine austauschbare Kulisse und nicht mehr unverwechselbare Heimat ist.

* **Hans Weiss**, dipl. Kulturingenieur ETH/SIA, war langjähriger Geschäftsführer der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz und des Landschaftsfonds Schweiz und ist heute freiberuflich tätig. Er ist Autor zahlreicher Publikationen zu den Themenbereichen «Landschaftsschutz» und «Raumplanung». 2002 war er Preisträger des «King Albert Mountain Award».

Das Nationale Forschungsprogramm 48 «Landschaften und Lebensräume der Alpen» des Schweizerischen Nationalfonds

Globalisierung, europäische Integration und Marktliberalisierung beschleunigen den Wandel im Alpengebiet und verändern die Rahmenbedingungen in wichtigen Bereichen. Im Auftrag des Bundesrats sucht das Nationale Forschungsprogramm 48 «Landschaften und Lebensräume der Alpen» seit 2002 wissenschaftlich fundierte Antworten auf die Frage, welche Entwicklungen im Alpenraum erkennbar, gesellschaftlich wünschbar, ökologisch vertretbar und wirtschaftlich tragbar sind. 2007 wird das Forschungsprogramm abgeschlossen sein.

Fünf Leitfragen stehen dabei im Zentrum:

Wie nehmen die Menschen Landschaften und Lebensräume wahr?

Wie und warum verändern sich Landschaften und Lebensräume im Alpenraum?

Wie können gemeinsame Ziele für die Entwicklung der Landschaften und Lebensräume gefunden und erreicht werden?

Welchen wirtschaftlichen Wert haben die alpinen Landschaften und Lebensräume?

Wie kann die Landschaftsentwicklung frühzeitig gelenkt werden?

Eine enge Zusammenarbeit der Forscherinnen und Forscher mit der Bevölkerung im Alpenraum soll darauf hinwirken, dass die Forschung auf die Bedürfnisse der Betroffenen abgestimmt ist und zukunftsfähige Lösungsstrategien entwickelt. Als Nationales Forschungsprogramm legt das NFP 48 Wert darauf, den Forschungsergebnissen den Weg in die Praxis zu ebnen und damit einen möglichst hohen Praxisnutzen zu erzielen.

Die Themenhefte des NFP 48

Mit seinen Themenheften bietet das NFP 48 journalistisch aufbereitete Informationen rund um die Forschungsleitfragen. Die Themenhefte beleuchten das wissenschaftliche Umfeld dieser Fragestellungen, geben Einblick in die Arbeit der Forschungsprojekte und informieren über die gewonnenen und noch zu erwartenden Ergebnisse. Speziell widmen sich die Themenhefte auch den Aspekten der transdisziplinären Forschung und zeigen, wie die Forschenden den Dialog mit der Praxis suchen und pflegen. Insgesamt wollen die Themenhefte an die Forschungsthemen des NFP 48 heranführen. Die Auswahl und Darstellung der Themen erfolgt daher im Wesentlichen nach journalistischen Gesichtspunkten durch die Redaktion sowie die Autorinnen und Autoren. Die Themenhefte ersetzen damit in keiner Art die wissenschaftlichen Publikationen. Eine Übersicht zu diesen findet sich auf der Website.

Bereits erschienen:

Alpenwert
Themenheft III
des NFP 48

Alpendialog
Themenheft II
des NFP 48

Alpensichten
Themenheft I
des NFP 48

www.nfp48.ch

NFP 48 Landschaften und Lebensräume der Alpen
PNR 48 Paysages et habitats de l'arc alpin
NRP 48 Landscapes and Habitats of the Alps

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Der Bundesrat

Aktionsplan

Strategie Biodiversität Schweiz

Referenz/Aktenzeichen: Q421-1166

Vom Bundesrat am 06.09.2017 genehmigt.

Die Biodiversität umfasst

den **Artenreichtum** von Tieren, Pflanzen, Pilzen und Mikroorganismen,
die **genetische Vielfalt** innerhalb der verschiedenen Arten,
die **Vielfalt der Lebensräume** sowie
die **Wechselwirkungen** innerhalb und zwischen diesen Ebenen.

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU
Bern, 2017

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation (UVEK).

Projektorganisation Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Leitung: Franziska Schwarz, Vizedirektorin
Auftraggeber: Hans Romang, Chef Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften
Projektleitung: Franziska Humair, Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften

Zitierung
Aktionsplan des Bundesrates. 2017. Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz.
Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg.). Bern.

PDF-Download
Dieses Dokument finden Sie unter: www.bafu.admin.ch/aktionsplan-biodiversitaet

Diese Publikation ist auch in französischer, italienischer und englischer Sprache verfügbar.
Die Originalversion ist deutsch. In Zweifelsfällen betreffend Terminologie gilt
die deutsche Version

© BAFU 2017

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5

1.1 Biodiversität bewahren und fördern – ein gesellschaftlicher Konsens 5
1.2 Biodiversität - Eine gesellschaftliche und wirtschaftliche Notwendigkeit 5
1.3 Markanter Rückgang der Biodiversität gefährdet die Wohlfahrt der Schweiz 6

2 Handlungsbedarf 7

2.1 Zustand der Biodiversität in der Schweiz 7
2.2 Internationale Verpflichtungen 7

3 Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz 9

3.1 Von der Strategie zum Aktionsplan 9
3.2 Der Aktionsplan – Drei Aktionsbereiche mit 26 Massnahmen 10
3.2.1 Aktionsbereiche der Massnahmen 10
3.2.2 Massnahmen des Aktionsplans SBS 11
3.2.3 Pilotprojekte 13
3.3 Umsetzungsphasen, Finanzierung und Berichterstattung 14
3.4 Gesetzgeberischer Handlungsbedarf 16

4 Massnahmen Umsetzungsphase I 2017 – 2023 17

4.1 Sofortmassnahmen 17
4.2 Synergiemassnahmen 19
4.3 Massnahmen mit Pilotprojekten 23

5 Zu prüfende Massnahmen für die Umsetzungsphase II 2024 – 2027 26

Anhang A - Pilotprojekte 29

Anhang B – Verknüpfung zur SBS 43

Anhang C – Beitrag der Akteure 45

6 Literatur 47

1 Einleitung

Weshalb ist Biodiversität wichtig?
Die Biodiversität bildet die Lebensgrundlage für uns und alle künftigen Generationen.

1.1 Biodiversität bewahren und fördern – ein gesellschaftlicher Konsens

Die Bundesverfassung verpflichtet Bund und Kantone, für die dauerhafte Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen zu sorgen und dabei die natürliche Umwelt des Menschen vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu schützen (Art. 2 und 74 der Bundesverfassung). Die Notwendigkeit des umfassenden Schutzes unserer Umwelt erklärt sich durch existenzielle und wirtschaftliche Bedeutung der Biodiversität als unsere Lebensgrundlage. Die Anwendung des Vorsorgeprinzips zur Erhaltung der Biodiversität soll ausserdem sicherstellen, dass auch künftige Generationen ihre Bedürfnisse befriedigen können. Diese nachhaltige Nutzung der Biodiversität ist im Übereinkommen über die biologische Vielfalt international festgehalten und hat auch für die Schweiz Gültigkeit.[1]

Die Erhaltung und die Förderung der Biodiversität findet in verschiedenen Bundesgesetzen Niederschlag: Dazu zählen das Natur- und Heimatschutzgesetz, das Umweltschutzgesetz, das Jagdgesetz, das Gewässerschutzgesetz, das Fischereigesetz sowie das Gentechnikgesetz. Ein nachhaltiger Umgang mit der Biodiversität wird unter anderem im Raumplanungsgesetz, im Landwirtschaftsgesetz, im Waldgesetz und im Nationalparkgesetz geregelt.

1.2 Biodiversität - Eine gesellschaftliche und wirtschaftliche Notwendigkeit

Die Biodiversität ist unentbehrlich für das menschliche Wohlergehen.[2] [3] [4] Zusätzlich zu ihrer hohen wirtschaftlichen Bedeutung (siehe auch Kp. 1.2.1) weist die biologische Vielfalt auch einen Eigenwert sowie ästhetische und emotionale Werte auf (Tab. 1D). Nebst vom Wissen oder der Arbeitskraft (Humankapital) resp. dem Sachkapital (z.B. Maschinen, Produktionsanlagen) spricht die Volkswirtschaft auch vom Naturkapital, also vom ökonomischen Wert eines Landschaftsraumes, dessen zentraler Bestandteil die Biodiversität ist.

Die Gemeinschaften aus Pflanzen, Tieren, Pilzen und Mikroorganismen, die als funktionale Einheit miteinander und mit ihrer nicht belebten Umwelt in Wechselwirkungen stehen (Ökosysteme), erbringen unverzichtbare Leistungen von hohem wirtschaftlichem, gesellschaftlichem und ökologischem Wert (Tab. 1).[5] [6] Dazu zählen beispielsweise die Bereitstellung von Trinkwasser, Nahrung für Mensch und Tier sowie von Rohstoffen, die Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel, der Schutz vor Naturkatastrophen, die natürliche Schädlingskontrolle, die Bereitstellung von Wirkstoffen für Arzneimittel oder die Bedeutung von Naturräumen für die körperliche und geistige Erholung und somit für die menschliche Gesundheit. Diese Ökosystemleistungen ermöglichen die Existenz des Menschen sowie die Ausübung wirtschaftlicher Tätigkeiten. Eine Abnahme der Biodiversität hat somit nicht nur einen irreversiblen Verlust von Flora und Fauna zur Folge, sondern birgt auch Risiken für das Wohlergehen der Menschen und das Funktionieren der Wirtschaft.[7] [8]

Tabelle 1

Ökosystemleistungen für das menschliche Wohlergehen und die wirtschaftliche Entwicklung[9]

A Basisleistungen	B Versorgungsleistungen
• Bodenbildung [10] • Erhaltung der Nährstoffkreisläufe [11] • Erhaltung des globalen Wasserkreislaufs [12] • Sauerstoffproduktion[13]	• Nahrung und Futtermittel [14] • Trinkwasser [15] [16] • Medikamente [17] • Technische Innovationen [18] • Genetische Ressourcen[19]
C Regulierende Leistungen	**D Kulturelle Leistungen**
• Klimaregulierung/Kohlenstoffspeicherung [20] • Erosionsschutz [21] • Hochwasserschutz [22] • Bodenfruchtbarkeit [23] • Bestäubung von Kulturpflanzen [24] [25] [26] • Biologische Schädlingsregulierung [27] [28] • Regulierung von Krankheitserregern [29] • Lärmschutz, Luftreinhaltung und Klimaregulation in Städten [30] [31] [32]	• Erholung [33] [34] • Tourismus [35] [36] • Allgemeines Wohlbefinden [37] • Standortfaktor [38] [39] [40] • Ästhetischer Genuss [41] • Raumgebundene Identität («Heimatgefühl») [42]

1.3 Markanter Rückgang der Biodiversität gefährdet die Wohlfahrt der Schweiz

Der Verlust von Biodiversität und die Beeinträchtigung der Ökosystemleistungen verschärfen die grossen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zusätzlich (z.B. Nahrungsmittelproduktion, das Angebot an Erholungsgebieten oder die Bereitstellung von sauberem Trinkwasser). Der globale Biodiversitätsverlust ist eine der neun wichtigsten Belastbarkeitsgrenzen[i] unseres Planeten und eine von vier Grenzen, welche bereits überschritten wurden[ii] (neben Klimawandel und Stickstoffkreislauf).[43]

Folgen des Biodiversitätsverlusts

Die Produkte und Leistungen der Ökosysteme wurden bisher als **selbstverständlich** betrachtet und in der Regel kostenlos genutzt. Der anhaltende **Verlust an Biodiversität** und die damit verbundene Schädigung von Ökosystemen werden jedoch mittel- bis langfristig zu **hohen gesellschaftlichen Kosten** führen, da mit der Biodiversität auch die **Leistungen der Ökosysteme unwiderruflich verlorengehen**.

Ohne dem anhaltenden Biodiversitätsverlust in unserem Land Gegensteuer zu geben, riskieren auch wir den Verlust von Natur und Ökosystemleistungen und den Verlust an Lebensqualität. Die Biodiversität und die damit verbundenen Leistungen der Ökosysteme für Wirtschaft und Gesellschaft lassen sich nur zu einem sehr kleinen Teil durch technische Massnahmen ersetzen. Biodiversitätsverlust betrifft somit nicht nur heutige, sondern auch künftige Generationen. Nur wenn diese auf eine reichhaltige und gegenüber Veränderungen reaktionsfähige Biodiversität zurückgreifen können, werden sie die globalen Herausforderungen erfolgreich bewältigen können.

[i] Die Belastbarkeitsgrenzen zeigen, wie viel Umweltbelastung verträglich ist, damit sich der Mensch noch innerhalb einer Bandbreite von Umweltbedingungen bewegt, die für ihn günstig sind. Zu diesen Grenzen zählen der Klimawandel, Biodiversitätsverlust oder biogeochemische Kreisläufe (Stickstoff und Phosphor).

[ii] Das Überschreiten der festgelegten Grenzen birgt die Gefahr irreversibler und plötzlicher Umweltveränderungen, so dass sich die Bewohnbarkeit der Erde für die Menschheit verringert.

2 Handlungsbedarf

Der Handlungsbedarf für die Biodiversität ist gross und dringend. In Zukunft werden die zunehmende Überbauung und Zerschneidung von Lebensräumen, die Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung in den Gunstlagen der Berggebiete, der Rückzug der Landwirtschaft aus schwierig zu bewirtschaftenden Flächen, die Auswirkungen des Klimawandels, die Zunahme von Freizeitaktivitäten in bisher ungestörten Regionen sowie die Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten den bereits starken Druck auf die Biodiversität noch weiter erhöhen.[44] [45] [46]

Dringender Handlungsbedarf

Das langfristige **Überleben** vieler Arten **ist nicht gesichert**.
Der Anteil intakter, naturnaher Flächen
ist im Schweizer Mittelland und in den Tallagen der Berggebiete
auf einem bedenklich tiefen Niveau angelangt.
Ohne **massive zusätzliche Anstrengungen** werden die
Verluste landesweit weiter fortschreiten. [47]

2.1 Zustand der Biodiversität in der Schweiz

Die Biodiversität in der Schweiz ist in einem unbefriedigenden Zustand.[48] [49] In den vergangenen Jahrzehnten wurden verschiedene Instrumente entwickelt, um Kenntnisse über den Zustand der Biodiversität zu gewinnen und um die Biodiversität zu erhalten.[iii] Damit konnte in den letzten zwanzig Jahren der Verlust von Biodiversität in der Schweiz zwar minimal gebremst, jedoch bei weitem nicht gestoppt werden. Die Ausdehnung von Siedlungen und Verkehrsinfrastrukturen, die Zunahme von Tourismus- und Freizeitaktivitäten in bisher ungestörten Regionen, der Ausbau erneuerbarer Energien, die zunehmend intensive landwirtschaftliche Nutzung in Berggebieten, die Zerschneidung natürlicher Lebensräume, die direkten und indirekten Auswirkungen des Klimawandels sowie die Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten werden in der Schweiz den bereits starken Druck auf die Biodiversität noch weiter erhöhen. [50] [51]

Zudem treten immer häufiger diejenigen Faktoren, welche zu Biodiversitätsverlusten führen, gleichzeitig auf und überlagern sich, so dass sich die negativen Effekte auf die Biodiversität vervielfachen. Zudem können Leistungen der Ökosysteme (siehe Tab. 1) schlagartig verloren gehen.[52] Verschärfend kommt hinzu, dass von vielen Arten noch nicht bekannt ist, welche Funktionen sie im Ökosystem einnehmen, welchen Nutzen die Menschen und die Wirtschaft aus ihnen ziehen können oder welche Rolle sie in Zukunft einnehmen werden (beispielsweise bei verändernden Klimabedingungen).[53] Inzwischen hat sich gezeigt, dass nicht nur häufige, sondern auch seltene Arten für die Leistungserbringung von Ökosystemen von hoher Bedeutung sind.[54] Eine Trendwende beim Biodiversitätsverlust ist somit von grosser Dringlichkeit.

2.2 Internationale Verpflichtungen

Die 13. Vertragsstaatenkonferenz der Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity, CBD) in Cancún (Mexiko) richtete im Dezember 2016 einen eindringlichen Appell an die Weltgemeinschaft, rasch zu handeln: Sämtliche Politik- und Wirtschaftsbereiche sollen die Erhaltung und

[iii] bspw. Biotopinventare, Rote Listen, Biodiversitätsmonitoring, ökologischer Ausgleich in der Landwirtschaft, Sanierung der Wasserkraft

Förderung der Biodiversität respektive der Ökosystemleistungen zu ihrem zentralen Ziel machen, um das menschliche Wohlergehen langfristig zu sichern.

Die Mahnungen wiederholen sich in regelmässigen Abständen. Schon anlässlich der 10. Konferenz der Vertragsstaaten der Biodiversitätskonvention im Oktober 2010 in Nagoya (Japan) wurde deutlich, dass der Biodiversitätsverlust weltweit rasant fortschreitet.[55] Keiner der Vertragsstaaten des Übereinkommens, darunter auch die Schweiz, hatte das im Jahr 2002 vereinbarte Ziel erreicht, den Verlust der Biodiversität signifikant zu reduzieren. Als Reaktion verabschiedete die Vertragsstaatenkonferenz für die Jahre 2011 bis 2020 den Strategischen Plan für die Erhaltung der Biodiversität.[56] Dieser beinhaltet fünf strategische Ziele mit insgesamt 20 Umsetzungszielen (sog. Aichi-Biodiversitätsziele). Er soll als Rahmen für nationale und regionale Zielsetzungen dienen und eine kohärente und effiziente Umsetzung der Hauptziele der Biodiversitätskonvention fördern. Eine der zentralen Forderungen verlangt, dass die Vertragsstaaten nationale Biodiversitätsstrategien und dazugehörige Aktionspläne beschliessen und bis 2020 umsetzen. In der Schweiz haben die Aichi-Biodiversitätsziele bereits in den Zielen der Strategie Biodiversität Schweiz des Bundesrates Eingang gefunden.[57]

Am 25. September 2015 haben die 193 Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Sie ist seit 2016 der global geltende Rahmen für die nationalen und internationalen Bemühungen zur gemeinsamen Lösung der grossen Herausforderungen der Welt.[58] Dazu gehört auch die Erhaltung der Biodiversität. Die Strategie Nachhaltige Entwicklung 2016–2019 des Bundesrates orientiert sich an der Agenda 2030.[59] Kernbestandteil der Agenda 2030 sind die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) und ihre 169 Unterziele.[iv] Ziel 15 fordert, Landökosysteme zu schützen, wiederherzustellen und ihre nachhaltige Nutzung zu fördern sowie den Biodiversitätsverlust zu stoppen. Die Umsetzung der Aichi-Biodiversitätsziele gilt als ein wichtiger Beitrag zur Umsetzung der Agenda 2030.

[iv] https://www.eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html

3 Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz

3.1 Von der Strategie zum Aktionsplan

Das schweizerische Parlament reagierte auf den Verlust der Biodiversität und auf die entsprechenden internationalen Entwicklungen, indem es am 18. September 2008 die Erarbeitung einer Strategie Biodiversität Schweiz in die Legislaturplanung 2007 – 2011 aufnahm. Mit Bundesratsbeschluss vom 1. Juli 2009 wurde das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) beauftragt, eine entsprechende Strategie zu erarbeiten. In der am 25. April 2012 durch den Bundesrat verabschiedeten Strategie Biodiversität Schweiz sind zehn strategische Ziele zur Förderung und zur langfristigen Erhaltung der Biodiversität formuliert, an denen sich alle Akteure zu orientieren haben, um gemeinsam genügend Wirkung zu entfalten und klare Ergebnisse zu erreichen.

Die Strategie Biodiversität Schweiz formuliert als Oberziel: «*Die Biodiversität ist reichhaltig und gegenüber Veränderungen reaktionsfähig. Die Biodiversität und ihre Ökosystemleistungen sind langfristig erhalten*». Die zehn strategischen Ziele sind aufeinander abgestimmt, beeinflussen und unterstützen sich in der Umsetzung gegenseitig und orientieren sich an den Aichi-Biodiversitätszielen.

Mit seinem Beschluss vom 25. April 2012 zur SBS erteilte der Bundesrat UVEK den Auftrag, einen Aktionsplan zu erarbeiten, der die Ziele der SBS konkretisiert und ein Gesamtpaket an Massnahmen zur Zielerreichung vorschlägt. Die Erarbeitung des Aktionsplans zur Strategie Biodiversität Schweiz (Aktionsplan Biodiversität) ist Bestandteil der Legislaturplanungen 2011 – 2015[60] und 2015 – 2019[61].

Es war dem Bundesrat ein Anliegen, die Massnahmen in einem partizipativen Prozess ausarbeiten zu lassen, um eine breit abgestützte Akzeptanz bei den von der Umsetzung betroffenen Partnern und Akteuren zu erreichen. Durch den intensiven Dialog sollten auch mögliche Interessensgegensätze offensichtlich werden. Die Erarbeitung eines ersten Massnahmenpakets unter der Federführung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) erfolgte unter Einbezug von 650 Fachleuten aus 250 Verbänden und Organisationen.[62] Die vorgeschlagenen Massnahmen wurden vom BAFU sowie von weiteren Bundesämtern geprüft, bewertet, konkretisiert und gebündelt. Ende 2013 lag eine erste Fassung des Aktionsplans Biodiversität mit 110 Massnahmen vor. Im Zentrum der Konkretisierungsarbeiten stand die Frage, ob und in welchem Umfang die zehn Ziele der Strategie Biodiversität Schweiz mit den Massnahmen des Aktionsplans erreicht werden können.

Am 18. Februar 2015 entschied der Bundesrat, den Kantonen diejenigen Massnahmen zur Vorkonsultation vorzulegen, welche die Kantone in Bezug auf die Umsetzung sowie in finanzieller und personeller Hinsicht direkt betreffen. Die meisten Kantone zeigten sich sowohl mit der generellen Stossrichtung der Massnahmen als auch mit dem vorgeschlagenen zeitlichen Umsetzungshorizont einverstanden. Aufgrund der Rückmeldungen der Kantone wurden die im Aktionsplan Biodiversität beschriebenen Massnahmen auf Synergien und Doppelspurigkeiten hin geprüft und überarbeitet. Die Ergebnisse der Vorkonsultation sind in einem Bericht zusammengefasst.[63]

Das BAFU hat den Massnahmenkatalog im Anschluss an die Vorkonsultation unter Berücksichtigung der Rückmeldungen der Kantone und der bereits angegangenen oder umgesetzten Aktivitäten (z.B. Streichung bereits umgesetzter Massnahmen wie die Erarbeitung einer Strategie zu invasiven gebietsfremden Arten[64]) in mehreren Schritten überarbeitet und konsolidiert. Die Massnahmen wurden – mit Blick auf deren Wirkung, Dringlichkeit und Finanzierbarkeit – priorisiert, gebündelt und zeitlich gestaffelt.

Damit die dringendsten Defizite der Biodiversität in der Schweiz rasch angegangen werden können, hat der Bundesrat am 18. Mai 2016 beschlossen, in den Bereichen Naturschutz und Waldbiodiversität zusätzlich 55 Millionen Franken zu investieren, weitere 80 Millionen Franken wurden zu diesem Zweck aus dem Budget des BAFU umdisponiert (Sofortmassnahmen).[65] Somit kann der Bund für

die Jahre 2017 bis 2020 insgesamt 135 Millionen Franken für dringliche Sanierungs- und Aufwertungsmassnahmen in Biotopen von nationaler Bedeutung, für Fördermassnahmen im Bereich Waldbiodiversität sowie zur Bekämpfung invasiver gebietsfremder Arten aufwenden. Die Kantone beteiligen sich in ähnlichem Umfang an der Finanzierung der Sofortmassnahmen. Den rechtlichen Rahmen zur Umsetzung der Sofortmassnahmen bilden sowohl das Natur- und Heimatschutz- als auch das Waldgesetz. Die Mittelvergabe richtet sich nach den im Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich festgehaltenen Ziele und Massnahmen.[66]

3.2 Der Aktionsplan – Drei Aktionsbereiche mit 26 Massnahmen

3.2.1 Aktionsbereiche der Massnahmen

Direkte, langfristige Förderung der Biodiversität. Ein Kernanliegen der Strategie Biodiversität Schweiz ist der Auf-, Ausbau und Unterhalt einer landesweiten Ökologischen Infrastruktur. Diese stellt schweizweit die Vernetzung ökologisch wertvoller Flächen sicher und bildet damit sowohl die räumliche als auch die funktionale Basis für eine reichhaltige, gegenüber Veränderungen reaktionsfähige und langfristig erhaltene Biodiversität. Dazu muss die biologische Qualität bestehender Schutzgebiete verbessert werden sowie die räumliche und funktionale Vernetzung zwischen schutzwürdigen Lebensräumen gesichert sein. Eine funktionale Vernetzung von Lebensräumen besteht dann, wenn der Austausch und die Bewegungen von Individuen, Genen und ökologischen Prozessen (beispielsweise durch Wanderung) zwischen diesen Lebensräumen mit Korridoren und Trittsteinen gewährleistet sind. Wo nötig sollen Schutzgebiete ergänzt oder Gebiete bestimmt werden, in denen Massnahmen zur spezifischen Förderung von Arten getroffen werden können. Davon profitieren insbesondere gefährdete Arten, für deren Erhaltung die Schweiz eine internationale Verantwortung trägt (National Prioritäre Arten).

Nachhaltige Nutzung, ökonomische Werte, internationales Engagement. Es existieren zahlreiche Schnittstellen zwischen der Biodiversitätspolitik des Bundes und anderen Politikbereichen oder Strategien, welche schon heute zur Erhaltung der Biodiversität beitragen. Dazu zählen z.B. das Landschaftskonzept Schweiz (LKS)[67], die Immobilienstrategie des Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS[68], die Wachstumsstrategie Tourismus[69], die Agrarpolitik[70], der Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln[71], das Raumkonzept Schweiz[72], die Waldpolitik 2020[73], der Aktionsplan zur Anpassung an den Klimawandel[74], die Agglomerationspolitik[75], der Sachplan Verkehr[76], der Aktionsplan zur Strategie nachhaltige Entwicklung[77], die Aussenpolitik[78] oder die Luftreinhalte-[79] und Chemikalienpolitik[80]. Im Rahmen der vorgeschlagenen Massnahmen gilt es nun, diese Schnittstellen anzugehen, Synergiepotenzial zugunsten der Biodiversität zu beschreiben und mögliche Synergien zu nutzen.

Dabei ist zu beachten, dass sich Schutz und Nutzung der Biodiversität nicht gegenseitig ausschliessen müssen. Beispielsweise besteht auch in Räumen, in denen die Biodiversität unter Druck ist (z.B. landwirtschaftlich genutzte Flächen, Siedlungsräume), grosses Potenzial zur Biodiversitätsförderung (z.B. naturnahe Flächen mit Vernetzungs- und Lebensraumfunktion als Teil der Ökologischen Infrastruktur) – mit unmittelbar positiven Auswirkungen für die Bevölkerung (z.B. Erhaltung und Steigerung der Bodenqualität, Regulation von Luftqualität und Mikroklima, Lärmreduktion, Natur als Kontrast zur bebauten Umwelt).[v]

Generierung und Verbreitung von Wissen. Der schlechte Umweltzustand und der dringende Handlungsbedarf für die Biodiversität sind unzureichend im Denken und Handeln der Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft verankert. Insbesondere fehlt es der Bevölkerung an Wissen über die Vielfalt der Arten und ihrer Lebensräume[81]. Die Öffentlichkeit soll deshalb schwerpunktmässig für

[v] Zurzeit leben fast drei Viertel der Bewohnerinnen und Bewohner der Schweiz in Städten und Agglomerationen.

die Problematik des Biodiversitätsverlustes beziehungsweise den Nutzen ihrer Förderung sensibilisiert werden. Zudem sollen das Wissen um Prozesse in der Natur und das Verständnis über ökologische Zusammenhänge sowie Artenkenntnisse verstärkt in Aus- und Weiterbildungen einfliessen resp. praxisorientierte Fragestellungen rund um die Biodiversität im Zentrum von Forschungsprojekten und -schwerpunkten stehen. Der Bund unterstützt die Anstrengungen zur Förderung der Biodiversität, indem er einerseits in seinen Aufgabenbereichen selber handelt und seine Vorbildrolle wahrnimmt, andererseits Vollzugsbehörden oder Dritten Instrumente, Wissen und Finanzen zur Verfügung stellt.

3.2.2 Massnahmen des Aktionsplans SBS

Der vorliegende Aktionsplan zur Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) formuliert 26 Massnahmen (Tabellen 2 und 3), die sich an den Zielen der SBS orientieren (Anhang B) und das Engagement sämtlicher Sektoren für die Biodiversität erfordern (Anhang C). Nach dem Beschluss des Bundesrats zum Aktionsplan SBS sollen die Massnahmen vom BAFU gemeinsam mit den betroffenen Bundesstellen und den Umsetzungspartnern im Detail ausformuliert und insbesondere durch die massgebenden Indikatoren für die Erfolgskontrolle ergänzt werden. Dabei sollen die Rückmeldungen aus verschiedenen Treffen mit den betroffenen Kantonen und Bundesstellen und die in diesem Zusammenhang erarbeiteten Massnahmenbeschreibungen berücksichtigt werden. Die detaillierten Massnahmenbeschreibungen werden durch den Bund dokumentiert und publiziert.

Sofortmassnahmen (siehe Kp. 4.1). Der Bundesrat hat am 18. Mai 2016 beschlossen, die Kantone während der Jahre 2017 – 2020 bei der Durchführung von Massnahmen zur dringenden Abfederung von Vollzugsdefiziten in den Bereichen Naturschutz und Waldbiodiversität zu unterstützen. Diese Sofortmassnahmen orientieren sich an den Vollzugsaufgaben, welche im Vierjahresrhythmus im Rahmen der Programmvereinbarungen im Umweltbereich zwischen Bund und Kantonen festgelegt werden.[82] Die Sofortmassnahmen haben zum Ziel, die schon laufenden Anstrengungen der Kantone im Umweltbereich zu ergänzen und werden deshalb in Nachverhandlungen zu den Vereinbarungen zur Programmperiode 2016 – 2020 festgelegt und sollen in den Jahren 2021 – 2023 weitergeführt werden.

Die in Kapitel 4.1 aufgelisteten Massnahmen bilden dabei die wichtigsten Themenbereiche für Projekte und für weitere Initiativen zur Umsetzung von Sofortmassnahmen ab. Vorab Biotope von nationaler aber auch solche von kantonaler und regionaler Bedeutung sind in einem qualitativ schlechten Zustand und müssen saniert, aufgewertet oder unterhalten werden. In den Schweizer Wäldern hat sich die Situation für die Biodiversität vorab aufgrund der Umsetzung der Waldpolitik 2020 bereits etwas verbessert. Jedoch reichen diejenigen Gebiete, in denen die Biodiversität vor den Interessen des Menschen Vorrang hat, nicht aus, um die Biodiversität im Wald langfristig erhalten zu können. Auch fehlt es an Alt- und Totholz, damit genügend Lebensräume für holzbewohnende Arten bereitstehen. Rund ein Viertel aller in den Schweizer Wäldern lebenden Arten (rund 6000) sind für ihr Überleben auf Alt- bzw. Totholz angewiesen. Dringender Handlungsbedarf besteht zudem für die National Prioritären Arten welche auf vielfältige Lebensräume und Strukturen auch ausserhalb von Biotopen angewiesen sind.

Synergiemassnahmen (siehe Kp. 4.2). Diese Massnahmen haben zum Ziel Grundlagen zu verbessern, konzeptionelle Rahmenbedingungen zu definieren und Synergiepotenzial zu nutzen, so dass die Biodiversität innerhalb einzelner Sektoren und Politikbereiche (z.B. Naturschutz, Landwirtschaft, Raumplanung) oder in gemeinsamer Anstrengung verschiedener Sektoren und Politikbereiche noch optimaler gefördert werden kann. Dazu gehören beispielsweise, bestehende Instrumente zur Lebensraumförderung wirkungsvoller einzusetzen, Best-Practice Beispiele zur Verfügung zu

stellen (z.B. Musterbaureglemente) oder biodiversitätsrelevante Faktoren in Entscheidungsfindungsprozesse zu integrieren (z.B. Vermeidung von Fehlanreizen bei Subventionsvergaben im Inland oder bei der internationale Biodiversitätsfinanzierung). Ausserdem muss die langfristige Sicherung des Raums für die Erhaltung der Biodiversität in Quantität, Qualität und regional optimaler Verteilung konzeptionell verankert werden.

Massnahmen mit Pilotprojekten (siehe Kp. 4.3). Pilotprojekte gewährleisten erste konkrete und wirkungsvolle Schritte zur Umsetzung komplexer und aufwendiger Massnahmen. Dies betrifft insbesondere die Schaffung resp. Weiterentwicklung der Ökologischen Infrastruktur (z.B. durch die Förderung der regionalen Vernetzungsplanung), die Artenförderung (National Prioritäre Arten) sowie die Sensibilisierung von Anspruchsgruppen und der Öffentlichkeit für die Relevanz der Biodiversität für das Wohlergehen der menschlichen Gesellschaft. Die Pilotprojekte zeigen auf, wie die zur Verfügung stehenden Ressourcen in der Praxis effektiv und effizient für die Biodiversität eingesetzt werden können.

Tabelle 2

Massnahmen des Aktionsplans Biodiversität, welche in einer ersten Umsetzungsphase 2017 – 2023 umgesetzt werden.

	Kapitel
Sofortmassnahmen	**4.1**
Unterhalt und Sanierung bestehender Schutzgebiete	4.1.1
Schaffung und Unterhalt von Waldreservaten	4.1.2
Quantitative und qualitative Sicherstellung von Alt- und Totholz	4.1.3
Spezifische Förderung National Prioritärer Arten	4.1.4 / 4.3.4
Synergiemassnahmen	**4.2**
Konzeption der landesweiten Ökologischen Infrastruktur	4.2.1
Entwicklung einer Bodenstrategie Schweiz	4.2.2
Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an die natürlichen Standortbedingungen	4.2.3
Evaluation der Wirkung von Bundessubventionen	4.2.4
Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bei raumrelevanten Entscheidungen	4.2.5
Ergänzung der bestehenden Nachhaltigkeitsstandards mit Aspekten der Biodiversität	4.2.6
Anforderungen der Biodiversität in Musterbaureglementen	4.2.7
Internationale Zusammenarbeit zugunsten der Biodiversität und Umsetzung der Verpflichtungen im Bereich Biodiversitätsfinanzierung	4.2.8
Nutzung internationaler Erkenntnisse zugunsten der nationalen Biodiversitätspolitik	4.2.9
Massnahmen mit Pilotprojekten	**4.3**
Regionale Vernetzungsplanung der ökologisch wertvollen Lebensräume	4.3.1
Optimierung der sektorübergreifenden Lebensraumförderung	4.3.2
Biodiversitätsfördernde Rückzonungen	4.3.3
Spezifische Förderung National Prioritärer Arten	4.3.4
Sensibilisierung für das Thema Biodiversität	4.3.5
Vorbildlicher Schutz und Förderung der Biodiversität auf aktiv genutzten Arealen des Bundes	4.3.6

Tabelle 3
Zu prüfende Massnahmen für eine zweite Umsetzungsphase 2024 – 2027

	Kapitel
Massnahme	**5**
Verbindliche Sicherung besonders wertvoller Biodiversitätsflächen	5.1
Ausarbeitung und Weiterentwicklung sektorspezifischer Instrumente und Programme zur Vermeidung der genetischen Verarmung	5.2
Auf- und Ausbau von Ex-situ-Sammlungen zur Erhaltung prioritärer genetischer Ressourcen und gefährdeter Arten	5.3
Stärkung der Schweizer Forschung im Bereich Biodiversität	5.4
Stärkung des Themas Biodiversität in der Allgemein- und Berufsbildung	5.5
Sektorspezifische Stärkung des Themas Biodiversität in der Weiterbildung und Beratung	5.6
Stärkung der Massnahmen gegen den illegalen Handel mit Tieren und Pflanzen	5.7
Optimiertes und modernisiertes Datenmanagement	5.8

3.2.3 Pilotprojekte

Die Pilotprojekte[vi] (Anhang A) werden unter der Federführung des UVEK (BAFU) und in Zusammenarbeit der betroffenen Bundesämter durchgeführt. Im Bereich Strasse und Bahninfrastruktur ist eine Zusammenarbeit zwischen dem BAFU und dem Bundesamt für Strassen (ASTRA) und dem Bundesamt für Verkehr (BAV) vorgesehen. Für den Themenbereich der Sicherung von Bundesflächen für die Biodiversität ist eine Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) geplant.

Pilotprojekte mit Federführung BAFU. Die Pilotprojekte (Anhang A) tragen dazu bei, den Auf- und Ausbau der Ökologischen Infrastruktur zu beschleunigen, z.B. durch die Aufwertung des Gewässerraums für die Biodiversität oder durch die Förderung der Biodiversität in Agglomerationen. Die Förderung national prioritärer Arten strebt danach, den spezifischen Anforderungen dieser Arten an ihren Lebensraum Rechnung zu tragen oder ihr langfristiges Überleben anderweitig fördern. Die Pilotprojekte sollen den ökonomischen Mehrwert der Biodiversitätsförderung (z.B. Erhöhung von Standortqualitäten, Inwertsetzung des Gewässerraums für Wirtschaft und Gesellschaft) zeigen und zur Sensibilisierung von Entscheidungstragenden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, aber auch der breiten Bevölkerung beitragen (z.B. Naturerlebnisse in Siedlungsgebieten).

Pilotprojekte im Bereich Strasse. Verkehrsinfrastrukturen (Strasse, Schiene) haben eine erhebliche beeinträchtigende Wirkung auf die Biodiversität.[83] Das ASTRA berücksichtigt im Rahmen von Bauvorhaben schon heute Auflagen des BAFU zugunsten der Biodiversität resp. der Umweltvorschriften. Beispielsweise kann durch die Wahl geeigneter Querungshilfen die Zerschneidungsfunktion von Verkehrsträgern verringert werden. Die Pilotprojekte BAFU-ASTRA wollen die Bemühungen zur Sanierung der Wildtierkorridore verbessern und ergänzen. Zudem soll das Potenzial der Grünräume entlang von Verkehrsinfrastrukturen als Lebensraum besser genutzt werden (gemäss der vom ASTRA angewandten Methodik zur Pflege der Grünräume entlang der Nationalstrassen).[vii]

Im Rahmen der gemeinsamen Pilotprojekte wird das ASTRA abklären, ob es möglich sein wird, den Zeitplan des Nationalstrassenprogramms *Sanierung der Wildtierkorridore* zu straffen. Dazu wird das

[vi] Die definitive Ausarbeitung der Projektbeschriebe der Pilotprojekte ist Teil der Umsetzung des Aktionsplans SBS.

[vii] Standortangepasster Böschungsunterhalt gemäss ASTRA-Richtlinie 18007 *Grünräume an Nationalstrassen* und der dazugehörenden Dokumentation 88007 *Methodologie zur* Festsetzung *von Biodiversitätsschwerpunkten.*

BAFU in Zusammenarbeit mit den Kantonen bis Ende 2019 die Grundlagen zum Handlungsbedarf zur Sanierung von Wildtierkorridoren von überregionaler Bedeutung überarbeiten und ergänzen. Zudem soll modellhaft anhand von Massnahmen für Fledermäuse der Schutz und die Förderung national prioritärer Arten aufgezeigt werden.

Pilotprojekte im Bereich Bahninfrastruktur. Auch Bahninfrastrukturen haben eine erhebliche beeinträchtigende Wirkung auf die Biodiversität. Deshalb wird im Bereich der Neubauten von Bahninfrastrukturen bereits heute einiges für die Biodiversität unternommen. Das BAV stellt jedoch Handlungsbedarf beim konkreten Unterhalt fest (z.B. Böschungsunterhalt). Das BAV soll das BAFU daher in Zukunft noch besser bei der Förderung der Biodiversität im Eisenbahnbereich unterstützen. Vorgesehen sind insbesondere der bessere Schutz, die Förderung sowie die langfristige Erhaltung der Biodiversität durch die Bahninfrastrukturbetreiberinnen. Ab 2021 will das BAV die Biodiversität als Bestandteil in die Leistungsvereinbarungen aufnehmen. Dazu definiert das BAV zusammen mit den Bahninfrastrukturbetreiberinnen entsprechende Leistungsziele und kontrolliert deren Einhaltung. Die Umsetzung der Massnahmen liegt in der Verantwortung der Infrastrukturbetreiberinnen. Diese sind dazu angehalten, die Massnahmen verhältnismässig und im Rahmen anstehender Unterhaltsarbeiten umzusetzen, damit der effiziente Mitteleinsatz gewährleistet wird. Weiter sollen mit den Bahninfrastrukturbetreiberinnen weitere Pilotprojekte formuliert werden. Die Kernanliegen des BAFU betreffen den standortangepassten Böschungsunterhalt, Querungshilfen (Über-/Unterführungen) von Bahntrassen sowie eine biodiversitätsrelevante Ausgestaltung resp. einen entsprechenden Unterhalt der Bahnhofsareale. Diese Massnahmen sollen insbesondere der Stärkung der Ökologischen Infrastruktur, aber auch der Förderung National Prioritärer Arten dienen.

Pilotprojekt im Bereich Sicherung von Bundesflächen für die Biodiversität. Auf zahlreichen Arealen im Eigentum des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) befinden sich Biotope, Lebensräume und Artenhotspots, welche für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität in der Schweiz, insbesondere für den Auf- und Ausbau der Ökologischen Infrastruktur von grosser Relevanz sind. Im Zuge der Weiterentwicklung der Armee werden in den nächsten Jahren mehrere Standorte und Immobilien aus der militärischen Nutzung entlassen und können für eine zivile Nachnutzung zur Verfügung stehen (Dispositionsbestand, gemäss Stationierungskonzept der Armee). Das BAFU und das VBS erstellen deshalb im Rahmen eines gemeinsamen Pilotprojekts eine Gesamtübersicht biodiversitätsrelevanter Flächen und Immobilien aus dem Dispositionsbestand der Armee. Dabei wird auch geprüft, welche Flächen vorerst im Besitz des Bundes bleiben sollen, so dass sie in einem zweiten Schritt für einen allfälligen Flächenaustausch mit den Kantonen im Sinne der Biodiversitätsförderung zur Verfügung stehen. Zudem müssen auch Rahmenbedingungen für die Sicherstellung einer nachhaltigen Bewirtschaftung festgelegt werden.

3.3 Umsetzungsphasen, Finanzierung und Berichterstattung

Der dringende Handlungsbedarf für die Biodiversität ist gegeben (siehe auch Kp. 2). Der Umsetzung von Massnahmen zugunsten der Biodiversität stehen jedoch die realpolitischen und insbesondere die finanziellen und zeitlichen Rahmenbedingungen in der Schweiz entgegen. Die angespannten Haushaltslagen resp. die Sparanstrengungen bei Bund und Kantonen schränken die Möglichkeiten stark ein, zusätzliche finanzielle oder personelle Ressourcen für die Verbesserung des Umweltzustands aufzuwenden und diese Ressourcen auch über längere Zeit zu garantieren. Als Folge davon wird die Umsetzung der Massnahmen des Aktionsplans in die Praxis schrittweise und über weite Strecken auf Basis schon bestehender Ressourcen erfolgen müssen.

Die zeitliche Umsetzung des Aktionsplans Biodiversität ist vorerst für zwei Umsetzungsphasen (siehe Abb. 1) vorgesehen. Die Umsetzungsphase I umfasst die Jahre 2017 – 2023, die Umsetzungsphase II die Jahre 2024 – 2027. Das Ende der Umsetzungsphase I sowie die ganze Umsetzungsphase II orientieren sich bewusst an den Perioden der Programmvereinbarungen im Umweltbereich zwischen Bund und Kantonen. Die Programmvereinbarungen stellen ein Subventionsinstrument des Bundes für Verbundaufgaben im Umweltbereich dar. Damit wird ein effizienter und effektiver Einsatz der vorhandenen Ressourcen zugunsten der Biodiversität ermöglicht. Gleichzeitig kann der Bund im Rahmen der Programmvereinbarungen Schwerpunkte zur Förderung der Biodiversität setzen und der Austausch zwischen Bund und Kantonen zur Umsetzung entsprechender Massnahmen kann verstärkt werden.

Umsetzungsphase I: 2017 – 2023. Im Rahmen der Umsetzungsphase I werden Massnahmen zur dringenden Stärkung des Vollzugs realisiert (Sofortmassnahmen), Synergiemassnahmen sowie ab 2019 auch Pilotprojekte.

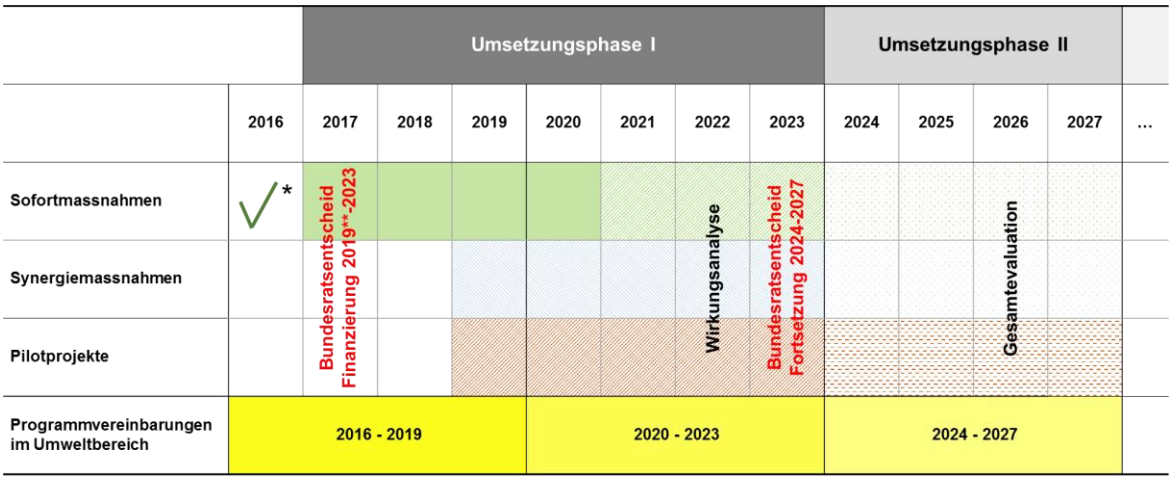
Wirkungsanalyse 2022 und Finanzentscheid 2023. Sämtliche Massnahmen und Pilotprojekte der Umsetzungsphase I werden 2022 hinsichtlich ihrer ökologischen und ökonomischen Wirkung auf die Erhaltung und die Förderung der Biodiversität evaluiert. Diese Wirkungsanalysen bilden die Basis für die inhaltlichen und finanziellen Entscheide in Hinblick auf die Umsetzungsphase II. Anträge zu einer allfälligen Weiterführung von Massnahmen oder Projekten resp. die Ergänzung des Aktionsplans Biodiversität durch weitere Massnahmen werden spätestens 2023 dem Bundesrat vorgelegt.

Umsetzungsphase II: 2024 – 2027. In der Umsetzungsphase II werden Massnahmen der Umsetzungsphase I fortgesetzt, angepasst oder durch weitere Massnahmen ergänzt. Aus heutiger Sicht wird die Fortsetzung der Sofortmassnahmen zur dringenden Verstärkung des Vollzugs zugunsten der Biodiversität unbedingt notwendig sein. Die bestehenden Defizite sind derart gross, dass sie bis Ende 2023 nicht vollständig behoben sein werden. Zudem stehen in der Umsetzungsphase II die in Kapitel 5 aufgeführten Massnahmen an, auf die in der Umsetzungsphase I aus Ressourcengründen verzichtet werden musste. Dies sind z.B. Massnahmen in den Bereichen Forschung, Aus- und Weiterbildung oder des Datenmanagements.

Gesamtevaluation 2026 und allenfalls Fortführung des Aktionsplans Biodiversität nach 2027. Teil der Umsetzungsphase II ist eine Gesamtevaluation zur Beurteilung der Strategie Biodiversität Schweiz und ihrer Umsetzung vorgesehen. Die Resultate der bis dann geleisteten Sanierungsanstrengungen der Kantone und das noch bestehende Defizit werden ebenfalls aufgezeigt werden. Die Gesamtevaluation 2026 dient als Entscheidungsgrundlage für eine Weiterführung des Aktionsplans Biodiversität in der Zeit nach 2027. Die Erhaltung und Förderung der Biodiversität wird auch nach 2027 eine existenzielle Aufgabe im Interesse der Bevölkerung sein.

Abbildung 1

Zeitliche Gliederung des Aktionsplans und Abgleich mit den Programmperioden NFA



*Gemäss Bundesratsentscheid vom 18. Mai 2016 zur Finanzierung von Sofortmassnahmen in den Bereichen Naturschutz und Waldbiodiversität 2017 – 2020.

**Zusätzliche Mittel zur Fortführung der Sofortmassnahmen werden erst ab 2021 benötigt.

3.4 Gesetzgeberischer Handlungsbedarf

Die im Aktionsplan Biodiversität zusammengefassten und für die Umsetzungsphase I vorgeschlagenen Massnahmen können im Rahmen der bestehenden Gesetze umgesetzt werden. Allfällige Lücken auf Gesetzes- oder Verordnungsstufe können als Ergebnis der Wirkungsanalyse 2022 angegangen werden.

4 Massnahmen Umsetzungsphase I 2017 – 2023

Sämtliche Massnahmen der Umsetzungsphase I basieren auf bestehendem Recht.

4.1 Sofortmassnahmen

Sofortmassnahmen dienen dazu, dringende Vollzugsdefizite in bestehenden Biotopen und im Bereich der Waldbiodiversität zu beheben und die Lücken in den Grundlagen für die National Prioritären Arten zu beheben. Die Umsetzung der Sofortmassnahmen wird im Rahmen von Programmvereinbarungen im Umweltbereich zwischen Bund und Kantonen festgelegt. Die Mittelvergabe richtet sich nach den im Handbuch Programmvereinbarungen festgehaltenen Ziele und Massnahmen.

4.1.1 Unterhalt und Sanierung bestehender Schutzgebiete

Programmvereinbarungen zwischen Bund und Kantonen haben zum Ziel, dass die Biotope von nationaler Bedeutung inklusive ausreichender Pufferzonen aufgewertet resp. saniert sind und der Unterhalt dieser Gebiete gesichert ist.
Nachholbedarf in Unterhalt und Sanierung schon existierender Schutzgebiete besteht sowohl bei den Biotopen von nationaler Bedeutung gemäss dem Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) als auch bei den jagdfreien und störungsarmen Schutzgebieten gemäss dem eidgenössischen Gesetz über die Jagd und den Schutz wildlebender Säugetiere und Vögel (JSG). Die Umsetzung der Sanierungsmassnahmen wird zwischen Bund und Kantonen vereinbart, in Management- und Pflegeplänen festgehalten, zeitlich gestaffelt und entsprechend der Kriterien Handlungsbedarf, Bedeutung, Aufwertungspotenzial und Machbarkeit priorisiert. Der Bund entwickelt ein Monitoring des Unterhalts und der Sanierungsmassnahmen und überprüft systematisch die Qualität deren Umsetzung. Die Kantone sind dafür besorgt, dass analoge Massnahmen für Biotope von regionaler und lokaler Bedeutung formuliert und umgesetzt werden. Im Sinne einer stärkeren Einbindung von Biotopen in die Raumplanung wird zudem eine grundeigentümerverbindliche Sicherung der Biotope angestrebt.

4.1.2 Schaffung und Unterhalt von Waldreservaten

Die Programmvereinbarungen im Bereich Waldbiodiversität zwischen Bund und Kantonen werden weiterentwickelt und es werden Wirkungsanalysen erstellt, so dass die in der Waldpolitik 2020 verabschiedeten Ziele für eine natürliche Waldentwicklung konsequent umgesetzt werden.
In der Waldpolitik 2020 ist festgehalten, die bestehende Fläche der Waldreservate (5,6% der Waldfläche, Stand Ende 2014) bis 2020 auf 8% und bis 2030 auf 10% zu ergänzen sowie bis zu diesem Zeitpunkt 30 Grossreservate (>500ha) einzurichten. Damit soll die Vision 2030 des Bundesrates erreicht werden, welche einen nachhaltigen Umgang mit der natürlichen Ressource Wald fordert. Naturwaldreservate ermöglichen eine natürliche Dynamik, indem die Welt der Organismen und ihre unbelebte Umwelt ihrer natürlichen Entwicklung überlassen werden. Damit gewähren Naturwaldreservate den für die langfristige Erhaltung der Biodiversität notwendigen Prozessschutz und sind zugleich wichtige Referenzflächen für das Monitoring natürlicher Prozesse sowie Anschauungsobjekte für die Naturbildung. Zur Umsetzung von Lebensraumfördermassnahmen für national prioritäre Waldarten und -gesellschaften oder zur Förderung ökologisch wertvoller Waldlebensräume werden zudem Sonderwaldreservate eingerichtet.

4.1.3 Quantitative und qualitative Sicherstellung von Alt- und Totholz

Im Rahmen der Umsetzung der Waldpolitik 2020 sollen die grössten ökologischen Defizite der Schweizer Wälder (Fehlen der Zerfallsphase, Mangel an alten Bäumen, unzureichende Mengen und Qualitäten an Alt- und Totholz) verringert werden.

Der Schweizer Wald ist ein relativ naturnaher Lebensraum, der sich durch eine naturnahe Waldbewirtschaftung auszeichnet (z.B. kein Dünger, keine Pestizide, natürliche Verjüngung, langfristige Nutzungszyklen). Dennoch weist er in Bezug auf die Biodiversität Defizite auf.[84] Auf vielen Flächen sind die Sollwerte für das Totholzvolumen gemäss Waldpolitik 2020 noch nicht erreicht und die Verteilung ist unbefriedigend. Alte Bäume sowie Alt- und Totholz sind jedoch eine entscheidende Ressource für das Überleben vieler Waldarten. Fast die Hälfte der holzbewohnenden Käferarten der Schweiz gilt dementsprechend als bedroht.[85] Die in der Waldpolitik 2020 definierten Sollwerte für Totholz werden indirekt über die Förderung von Altholzinseln und Biotopbäumen sowie über natürliche Prozesse (z.B. Stürme) erreicht. Waldbesitzer, Waldbewirtschafter sowie die Öffentlichkeit sollen für die Bedeutung der Altholzinseln, Biotopbäume und Totholz sensibilisiert werden.

4.1.4 Spezifische Förderung National Prioritärer Arten

Aufbauend auf dem «Konzept Artenförderung Schweiz» erarbeitet der Bund Aktionspläne zur Förderung National Prioritärer Arten, auf deren Grundlage die Kantone regionalspezifische Artenförderungsmassnahmen planen und umsetzen. Nationale Beratungsstellen werden ausgebaut und durch regionale ergänzt. Zudem wird die Ausbildung von Artenspezialisten gefördert.

Die Aktionspläne gemäss «Konzept Artenförderung Schweiz» orientieren sich u.a. an den Lebensraumansprüchen der National Prioritären Arten oder deren Artengruppen. Zudem werden Gebiete identifiziert, in denen Massnahmen zur Förderung der National Prioritären Arten und/oder Artengemeinschaften getroffen werden sollen. Dabei schliessen sich angepasste Nutzungen und Artenförderung nicht aus. Die Aktionspläne und die identifizierten Gebiete dienen den Kantonen als Grundlage zur Planung und Umsetzung regionalspezifischer Massnahmen zur langfristigen Erhaltung und der Förderung National Prioritärer Arten. Die Schutzziele sowie die Umsetzung der spezifischen Fördermassnahmen für National Prioritäre Arten werden im Rahmen der Programmvereinbarungen definiert und vom Bund entsprechend abgegolten. Die Kantone sind dafür besorgt, dass analoge Massnahmen für die regional prioritäre Arten getroffen und umgesetzt werden.

4.2 Synergiemassnahmen

Synergiemassnahmen verbessern Grundlagen, definieren konzeptionelle Rahmenbedingungen und nutzen Synergiepotenzial, so dass die Biodiversität innerhalb einzelner Sektoren und Politikbereiche (z.B. Naturschutz, Landwirtschaft, Raumplanung) oder in gemeinsamer Anstrengung verschiedener Sektoren und Politikbereiche noch optimaler gefördert werden kann.

4.2.1 Konzeption der landesweiten Ökologischen Infrastruktur

Der Bund erarbeitet gemeinsam mit den Kantonen ein gesamtheitliches Zielsystem zur Ökologischen Infrastruktur mit inhaltlichen und räumlichen Grundsätzen sowie mit Zielen zur Sicherung des Raumes für die langfristige Erhaltung der Biodiversität (quantitativ, qualitativ und regional verteilt). Regional bereits existierende Teile einer Ökologischen Infrastruktur sollen erhalten resp. der Auf- und Ausbau einer landesweiten Ökologischen Infrastruktur gefördert werden.
In enger Zusammenarbeit mit den Kantonen und weiteren interessierten Kreisen, vorab der Schutz- wie auch Nutzerseite erarbeitet der Bund in einem ersten Schritt konzeptionelle Grundlagen für die Weiterentwicklung der Ökologischen Infrastruktur. Vorhandene Daten zur Darstellung der Ökologischen Infrastruktur werden geprüft und Lücken identifiziert. Weiterführende Massnahmen für eine effiziente aber umfassende Darstellung werden angegangen. Ebenfalls werden der Mehrwert eines Konzepts gemäss Art. 13 des Raumplanungsgesetzes (RPG) bzw. die Integration der Grundsätze der Ökologischen Infrastruktur in ein bereits existierendes raumplanerisches Instrument (z.B. Landschaftskonzept Schweiz LKS) geprüft.

4.2.2 Entwicklung einer Bodenstrategie Schweiz

Der Bund entwickelt eine Bodenstrategie Schweiz mit dem Ziel, den Boden als nicht erneuerbare Ressource resp. seine natürlichen Funktionen langfristig zu erhalten.
Die Bodenstrategie Schweiz soll Massnahmen für ein nachhaltiges und integrales Bodenmanagement aufzeigen. Ein „Nationales Kompetenzzentrum Boden“ zur Verwaltung und Bereitstellung von Bodeninformationen wird angestrebt (in Erfüllung der Mo. 12.4230[viii]). Zudem soll der Vollzug im Bereich Bodenthematik gestärkt und Anstrengungen zur Sensibilisierung der Nutzenden resp. der breiten Öffentlichkeit für die Bedeutung der Ressource Boden eingeleitet werden. Konkrete Massnahmen werden im Rahmen der Erarbeitung der Bodenstrategie Schweiz formuliert.

[viii] Motion Müller-Altermatt. Nationales Kompetenzzentrum Boden als Gewinn für Landwirtschaft, Raumplanung und Hochwasserschutz. https://www.parlament.ch/centers/kb/Documents/2012/Kommissionsbericht_UREK-S_12.4230_2015-03-30.pdf

4.2.3 Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an die natürlichen Standortbedingungen

Im Sinne der Erkenntnisse aus dem Bericht in Erfüllung des Po. 13.4284[ix] und zur Erfüllung der Ziele der Strategie Biodiversität Schweiz werden die für die Umweltziele Landwirtschaft identifizierten Ziellücken geschlossen, insb. in den Bereichen Biodiversität und stickstoffhaltige Luftschadstoffe.

Zur Schliessung der Ziellücke im Bereich der Biodiversität werden bestehende Produktionssysteme evaluiert und weiterentwickelt. Zudem wird zur spezifischen Förderung von Arten und Lebensräumen geprüft, inwiefern ein «Bewertungs-, Kriterien- und Beratungssystem Biodiversität» einen Mehrwert bringen würde. Zur Eliminierung der Ziellücke bezüglich stickstoffhaltiger Luftschadstoffe in der Landwirtschaft verbessert der Bund zusammen mit den Kantonen die Umsetzung der Minderungsmassnahmen (Stall, Hofdüngerlager und -ausbringung). Zudem werden die Instrumente der Direktzahlungsverordnung zur Biodiversitätsförderung (Biodiversitätsförderflächen, Vernetzung, Strukturelemente) im Grünland und in Ackerbaugebieten auf ihre biologische Wirkung zur Förderung einheimischer Arten und Lebensräume analysiert. Die Ausgestaltung dieser Instrumente, deren Leistungsanforderungen und Abgeltungen werden im Hinblick auf mehr Effektivität verbessert.

4.2.4 Evaluation der Wirkung von Bundessubventionen

Bis 2023 legt der Bund eine Gesamtevaluation zu den Auswirkungen der Bundessubventionen und weiterer Anreize mit Folgen für die Biodiversität vor.

Die Auswirkungen der bestehenden Bundessubventionen und weiterer Anreize mit Auswirkungen auf die Biodiversität werden untersucht und es werden Möglichkeiten zur Vermeidung von Fehlanreizen aufgezeigt. Ausgewählte Fragestellungen werden vertieft analysiert und für die Gesamtevaluation vorbereitet. In dieser wird eine umfassende Gesamtübersicht der bis 2023 erzielten Fortschritte erstellt. Daraus resultierende Verbesserungsmöglichkeiten werden aufgezeigt und Optimierungen zur Umsetzung empfohlen.

[ix] Bericht in Erfüllung des Postulats Bertschy, Po. 13.4284. https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/publikationen-studien/publikationen/umweltziele-landwirtschaft-statusbericht-2016.html

4.2.5 Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bei raumrelevanten Entscheidungen

Der Bund initiiert und begleitet Grundlagenarbeiten zur Definition von Indikatoren, welche die wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der Ökosystemleistungen für die Schweizer Wirtschaft und Gesellschaft aufzeigen. Die Indikatoren werden alle vier Jahre überprüft und bei Bedarf angepasst und ergänzt.

Für viele Ökosystemleistungen fehlen verlässliche Aussagen, was ihre angemessene Berücksichtigung in politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen erschwert.[86] Der Bund will deshalb die Leistungen der Ökosysteme koordiniert erfassen, quantifizieren und kommunizieren. Als Leitfaden dient das internationale Projekt «The Economics of Ecosystems and Biodiversity» (TEEB).[87] In einem ersten Schritt wird ein Indikatorensystem für Ökosystemleistungen und für das Naturkapital erarbeitet. Synergien mit bestehenden Monitoringprogrammen, Umweltzustandserfassungen und Forschungsplattformen werden auf nationaler wie internationaler Ebene genutzt. Auf Basis dieses Indikatorensystems werden Instrumente entwickelt, die den Einbezug der Ökosystemleistungen in technische, politische und unternehmerische Entscheidungsfindungsprozesse erleichtern. Der Bund engagiert sich beim Wissenstransfer zum Thema Ökosystemleistungen. Der Fokus liegt dabei auf der praktischen Anwendung und der Integration von Ökosystemleistungen insbesondere in raumrelevante Entscheide aber z.B. auch in den Bereichen Tourismus und Landwirtschaft oder im Rahmen von Entscheidungen von Behörden oder Bauherren. Die Erkenntnisse aus diesen Arbeiten werden zur Sensibilisierung der Entscheidungsträger und der Gesellschaft genutzt.

4.2.6 Ergänzung der bestehenden Nachhaltigkeitsstandards mit Aspekten der Biodiversität

Der Bund setzt sich gestützt auf seine Labelstrategie[88] dafür ein, dass Nachhaltigkeitsstandards mit konkreten Biodiversitätskriterien ergänzt werden und vermehrt Eingang in Finanzentscheidungen verschiedener Sektoren finden.

Nachhaltigkeitsstandards sollen sich spezifischer auf Kriterien zum Schutz und der Förderung der Biodiversität ausrichten und vermehrt Anwendung finden, zum Beispiel im Rahmen von Bauprojekten, Beschaffungsentscheiden der öffentlichen Hand, privater Unternehmen, von Finanzmarktprozessen privater Finanzdienstleister und Vorsorgeeinrichtungen sowie internationaler Verhandlungen oder Investitionen und Projekten in Entwicklungs- und Schwellenländern. Der Bund schafft ausserdem die Voraussetzungen dafür, dass die Wirkung von Produkten auf die Biodiversität anhand von Ökobilanzen (Life Cycle Assessments) beurteilt und so weit als möglich abgeschätzt werden kann.

4.2.7 Anforderungen der Biodiversität in Musterbaureglementen

Zur Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum erarbeitet der Bund Musterbaureglemente und stellt diese als Arbeitshilfe den Kantonen und Gemeinden zur Verfügung. Die Umsetzung der Musterbaureglemente kann die Anpassung der kantonalen Baugesetzgebung erfordern.

Musterbaureglemente dienen Kantonen und Gemeinden als Arbeitshilfen für die Ortsplanung, die Formulierung bzw. Überprüfung sowie die Umsetzung von bau- und planungsrechtlichen Vorschriften. Mit dem Musterbaureglement werden die rechtlichen Vorgaben zum ökologischen Ausgleich im Siedlungsraum konkretisiert, namentlich die Förderung der Lebensräume und ihrer Vernetzung. Zudem werden biodiversitätsrelevante Faktoren im Rahmen der Ausschreibung und Bewertung von Planungen sowie bei der Beurteilung und Bewilligung von Bauprojekten berücksichtigt.

4.2.8 Internationale Zusammenarbeit zugunsten der Biodiversität und Umsetzung der Verpflichtungen im Bereich Biodiversitätsfinanzierung

Im Sinne der «Botschaft zur internationalen Zusammenarbeit 2017 – 2020» achtet die Schweiz auf den Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen und der Ökosysteme.

Die Schweiz verstärkt im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit ihr Engagement für die Biodiversität.[89] Der Fokus liegt dabei auf der nachhaltigen Nutzung der Biodiversität, der nachhaltigen Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen und von Ökosystemen, der Förderung nachhaltiger Produktionsmethoden, der Förderung des nachhaltigen Handels und auf der Umsetzung der Access and Benefit-Sharing (ABS) Prinzipien.

Die Sekretariate von biodiversitätsrelevanten multilateralen Abkommen (z.B. Übereinkommen über die biologische Vielfalt, Bonner Konvention, Ramsar Konvention, CITES-Übereinkommen) werden bestmöglich unterstützt.

4.2.9 Nutzung internationaler Erkenntnisse zugunsten der nationalen Biodiversitätspolitik

Die Schweiz verstärkt ihr Engagement in internationalen Organisationen und arbeitet an internationalen Berichterstattungen mit, so dass politische Entscheidungen auf umfassende wissenschaftliche Erkenntnisse zum Themenbereich Biodiversität gestellt werden können.

Die Schweiz leistet finanzielle Unterstützung für Projekte zur Bereitstellung und zum globalen Austausch biodiversitätsrelevanter Informationen durch Institutionen wie UNEP-Grid, IUCN, UNEP-WCMC oder GBIF und unterstützt wissenschaftliche Expertengruppen der CBD. Die Schweiz bringt sich zudem z.B. in GEO-BON ein, einer der bedeutendsten globalen Koordinationsstellen, welche Biodiversitätsinformationen erfasst (v.a. zur Beobachtung von Biodiversität und ihrer Veränderung über die Zeit), und verstärkt ihr Engagement in der «Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services» (IPBES), z.B. durch die Unterstützung der in der Schweiz ansässigen Technical Support Unit (TSU) für Europa/Zentralasien.

4.3 Massnahmen mit Pilotprojekten

Pilotprojekte gewährleisten erste konkrete und wirkungsvolle Schritte zur Umsetzung komplexer und aufwendiger Massnahmen.

4.3.1 Regionale Vernetzungsplanung der ökologisch wertvollen Lebensräume

Die Trennwirkung von Siedlungen und Verkehrsinfrastrukturen steht einer landesweiten funktionalen Vernetzung des Raums entgegen. Zum Antrieb des Auf- und Ausbaus der Ökologischen Infrastruktur erstellen die Kantone eine Vernetzungsplanung und der Sachplan Verkehr sowie seine Teilsachpläne werden mit Vorgaben für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität ergänzt.

Pilotprojekte (Anhang A)

A1.1 Vision Wasserschloss 2.0
A1.2 Inwertsetzung der Ökologischen Infrastruktur in den Pärken von nationaler Bedeutung
A1.3 Wo der Wald noch wild ist
A1.4 Potenzial von Flächenbörsen für die Biodiversität

Beiträge zur Vernetzung von Lebensräumen leisten auch folgende Pilotprojekte der Infrastrukturämter:

ASTRA
A7.1 Wiederherstellung der Vernetzung und Förderung von Lebensräumen entlang des Nationalstrassennetzes

BAV
A8.2 Bahntrassen durchgängig machen
A8.4 Verbesserung der Lebensraumqualität entlang von Bahntrassen

4.3.2 Optimierung der sektorübergreifenden Lebensraumförderung

Der Bund will die landesweite, funktionale Vernetzung von Lebensräumen vorantreiben. Dazu werden Synergien zur Aufwertung von Lebensräumen zwischen Landwirtschaft, Wald und Gewässern besser genutzt.

Pilotprojekte (Anhang A)

A2.1 Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren
A2.2 Biodiversität und Landschaftsqualitäten in Agglomerationen fördern

4.3.3 Biodiversitätsfördernde Rückzonungen

Der Bund unterstützt die Kantone beim Vollzug der Vorgaben des Raumplanungsgesetzes, durch die Verkleinerung überdimensionierter Bauzonen eine Zersiedelung zu verhindern. Im Sinne der Strategie Biodiversität Schweiz sollen Flächen rückgezont werden, welche sich unter anderem in einem Biotopinventar des Bundes oder der Kantone befinden oder die eine überregionale Vernetzungsfunktion erfüllen.

Pilotprojekte (Anhang A)

A3.1 Rückzonungen zugunsten der Biodiversität

4.3.4 Spezifische Förderung National Prioritärer Arten – siehe auch 4.1.4

Aufbauend auf dem «Konzept Artenförderung Schweiz» erarbeitet der Bund Aktionspläne zur Förderung National Prioritärer Arten, auf deren Grundlage die Kantone regionalspezifische Artenförderungsmassnahmen planen und umsetzen. Unter anderem werden Gebiete identifiziert, in denen Massnahmen zur Förderung der National Prioritären Arten und/oder Artengemeinschaften getroffen werden sollen. Dabei schliessen sich angepasste Nutzungen und Artenförderung nicht aus. Nationale Beratungsstellen werden weiter ausgebaut und durch regionale ergänzt. Zudem wird die Ausbildung von Artspezialisten gefördert.

Pilotprojekte (Anhang A)

A4.1 Stromtod von Vögeln schweizweit vermeiden
A4.2 Anreizsystem zur Ausscheidung und Pflege von Gebieten zur Förderung von Arten
A4.3 Konfliktherd Verkehr-Kleinfauna entschärfen

Beiträge zur Förderung National Prioritärer Arten leisten auch folgende Pilotprojekte der Infrastrukturämter:

ASTRA

A7.1 Wiederherstellung der Vernetzung und Förderung von Lebensräumen entlang des Nationalstrassennetzes

BAV

A8.1 Sichere Mittelspannungsmasten der Bahn für Vögel
A8.2 Bahntrassen durchgängig machen
A8.3 Biodiversitätshotspots auf Arealen der Bahn
A8.4 Verbesserung der Lebensraumqualität entlang von Bahntrassen

4.3.5 Sensibilisierung für das Thema Biodiversität

Ein Grossteil der Bevölkerung ist sich des Verlusts der Biodiversität und dessen Konsequenzen für Gesellschaft und Wirtschaft nicht bewusst.[90] Der Bund will deshalb das Risikobewusstsein der Bevölkerung für den anhaltenden Biodiversitätsverlust verstärken und so die Bereitschaft der Öffentlichkeit für biodiversitätsfreundliches Handeln fördern.

Pilotprojekte (Anhang A)

A5.1 Mainstreaming Biodiversity
A5.2 Dem Wert des Wassers auf der Spur
A5.3 Die Natur vor der Haustür

4.3.6 Vorbildlicher Schutz und Förderung der Biodiversität auf aktiv genutzten Arealen des Bundes

Sämtliche Areale des Bundes werden auf ihr Potenzial zur Förderung der Biodiversität hin untersucht und bei Eignung entsprechend erhalten, gepflegt, aufgewertet und vernetzt. Bis 2023 sind die Zielvorgaben in den Umweltmanagementsystemen der verschiedenen Bundesämter vereinheitlicht. Sofern die Schutzziele zugunsten der Biodiversität mit dem Hauptnutzungszweck von Arealen des Bundes vereinbar bzw. abgestimmt sind und auch längerfristig gewährleistet werden können, werden solche Areale Teil der Ökologischen Infrastruktur. Der Bund sammelt und dokumentiert Best-Practice Beispiele basierend auf Erfahrungen der bundeseigenen Betriebe, Kantone, Gemeinden oder Dritten und vermittelt diese Erfahrungen und Empfehlungen zum biodiversitätsfreundlichen Unterhalt von Flächen der öffentlichen Hand resp. zu ihrer Aufwertung im Sinne der Biodiversitätsförderung an Kantone und Gemeinden.

Pilotprojekt (Anhang A)

A6.1 Sicherung von Bundesflächen als wertvoller Teil der Ökologischen Infrastruktur

5 Zu prüfende Massnahmen für die Umsetzungsphase II 2024 – 2027

Die Umsetzung der nachfolgenden Massnahmen ist aus Ressourcengründen erst für die Jahre 2024 – 2027 vorgesehen. Ob diese Massnahmen zur Erreichung der Ziele der Strategie Biodiversität Schweiz relevant sind, wird eine Wirkungsanalyse der Massnahmen und Pilotprojekte der Umsetzungsphase I zeigen.

5.1 Verbindliche Sicherung besonders wertvoller Biodiversitätsflächen

Im Rahmen der geplanten Wirkungsanalyse des Aktionsplans Biodiversität werden bis spätestens 2022 neue Massnahmen und Instrumente geprüft, welche die öffentliche Hand in ihren Anstrengungen zum Auf- und Ausbau der Ökologischen Infrastruktur resp. zur Erhaltung ökologisch wertvoller Flächen stärken. Insbesondere soll die Verbindlichkeit zur Biodiversitätsförderung auf den entsprechenden Flächen erhöht werden.

Der öffentlichen Hand kommt eine zentrale Funktion im gezielten Auf- und Ausbau der landesweiten Ökologischen Infrastruktur zu. Die öffentliche Hand soll das Zusammenspiel verschiedener Ansätze unterschiedlicher Politikbereiche (z.B. Umwelt-, Raumplanungs- und Landwirtschaftsrecht) vermehrt nutzen. Als prioritäre Massnahme wird ein geeignetes Anreizsystem kombiniert mit einer Verpflichtung zu einer zielführenden landwirtschaftlicher Bewirtschaftung ökologisch wertvoller Flächen geprüft, welche im Rahmen der bestehenden Rechtsgrundlagen umgesetzt werden können. Im äussersten Fall kann auch der Erwerb landwirtschaftlicher Flächen auf dem freien Markt (infolge von Betriebsaufgaben) durch die öffentliche Hand geprüft werden. Dazu benötigt das landwirtschaftliche Bodenrecht jedoch eine neue Ausnahme vom Selbstbewirtschafterprinzip. Die so erworbenen Flächen müssen direkt (durch ökologische Aufwertung) oder indirekt (als Realersatz) der Erhaltung der biologischen Vielfalt dienen. Pflege und Unterhalt dieser Flächen werden mit Pachtvereinbarungen gewährleistet.

5.2 Ausarbeitung und Weiterentwicklung sektorspezifischer Instrumente und Programme zur Vermeidung der genetischen Verarmung

In Erfüllung des Aichi-Ziels 13 des strategischen Plans der Biodiversitätskonvention will der Bund die genetische Vielfalt von Nutzpflanzen und landwirtschaftlichen Nutztieren sowie ihren wilden Artverwandten sichern. Zudem sollen auch andere Arten von sozioökonomischem und kulturellem Wert langfristig erhalten werden.

Für verschiedene Sektoren wie z.B. die Land- und Waldwirtschaft, den Gartenbau sowie die Fischerei werden Massnahmen gegen die genetische Verarmung definiert und umgesetzt. Sie fokussieren auf die Nutzung einheimischer Arten und genetisch angepasster, standorttypischer Ökotypen sowie auf die Erhaltung und die Förderung naturnaher Lebensräume. Die Nutzungen sollen artspezifische Eigenheiten berücksichtigen (z.B. Wachstum, Laichzeit, Laichort bei Fischen).

5.3 Auf- und Ausbau von Ex-situ-Sammlungen zur Erhaltung prioritärer, genetischer Ressourcen und gefährdeter Arten

Zur langfristigen Erhaltung prioritärer, genetischer Ressourcen und der genetischen Vielfalt prioritärer Arten der Schweiz koordiniert der Bund ein Netzwerk aus nationalen Ex-situ-Sammlungen.

Ex-situ-Sammlungen konzentrieren sich auf stark gefährdete Pflanzenarten, für welche die In-situ-Erhaltung nicht ausreicht. Für die Schweiz prioritäre genetische Ressourcen werden so weit möglich in nationalen botanischen und zoologischen Gärten oder in andere Ex-situ-Sammlungen (z.B. mikrobiologische Stammsammlungen) eingelagert und erhalten. Dieses Vorgehen ist mit den Zielen der «Global Strategy for Plant Conservation» im Einklang. Gemäss dieser Strategie sind 75% der in der Schweiz gefährdeten Pflanzenarten in Samen- und Sporendatenbanken zu erhalten.

5.4 Stärkung der Schweizer Institutionen der Wissenschaft im Bereich Biodiversität

Die Schweizer Biodiversitätsforschung sucht nebst dem disziplinären Austausch gezielt auch den Einbezug weiterer wissenschaftlicher Disziplinen zur Beantwortung von Forschungsfragen im Biodiversitätsbereich. Zudem untersucht sie verstärkt praxisorientierten Fragestellungen.

Die Schweizer Hochschulen und Forschungsinstitutionen werden motiviert, ihre nationale und internationale Zusammenarbeit, Vernetzung und Koordination zum Thema Biodiversität zu stärken. Bund und Kantone klären ab, ob über die Gremien der Schweizerischen Hochschulkonferenz SHK unter Einbezug der Rektorenkonferenz der schweizerischen Hochschulen (swissuniversities) sowie unter Berücksichtigung der Autonomie der Hochschulen die Biodiversitätslehre und -forschung gestärkt und national koordiniert werden soll.

5.5 Stärkung des Themas Biodiversität in der Allgemein- und Berufsbildung

Der Bund hat ein grosses Interesse daran, dass die Vermittlung von Wissen im Bereich Biodiversität an den allgemeinbildenden Schulen wie auch in der Berufsbildung ein stärkeres Gewicht erhält.

Der Bund setzt sich bei den Kantonen unter Wahrung der Kompetenzordnung dafür ein, dass das Thema Biodiversität in den Lehrplänen, in Lehrmitteln und Unterrichtsangeboten sowie in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen der obligatorischen Schule und den allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufe II als fächerübergreifendes Thema verankert ist.

Der Bund lädt Kantone und Organisationen der Arbeitswelt dazu ein, sowohl in der Beruflichen Grundbildung als auch in der Höheren Berufsbildung biodiversitätsspezifische Kompetenzen in den Reglementen der Berufe biodiversitätsrelevanter Bereiche bzw. in Studienplänen festzuhalten und in Lehrmitteln und Unterrichtsangeboten sowie in deren Qualitätsentwicklung zu integrieren.

Zudem setzt sich der Bund bei den Kantonen dafür ein, dass der Themenbereich Biodiversität in der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen der Berufsfachschulen, von Ausbildungsverantwortlichen in den Lehrbetrieben sowie von Dozentinnen und Dozenten der Höheren Berufsbildung mit biodiversitätsrelevanten Bereichen als fächerübergreifendes Thema eingebunden wird.

5.6 Sektorspezifische Stärkung des Themas Biodiversität in der Weiterbildung und Beratung

Der Bund hat grosses Interesse daran, dass die Biodiversität als fächerübergreifendes Thema in der Aus- und Weiterbildung von Weiterbildungsverantwortlichen sowie Beraterinnen und Beratern biodiversitätsrelevanter Bereiche verankert ist.

Der Bund lädt die Kantone, Bildungs- und Beratungsinstitutionen ein, Beratungen und Weiterbildungen für Berufsleute anzubieten, als Anlaufstellen zu fungieren, Austauschplattformen zu betreiben und Unterlagen zur Verfügung zu stellen. Berufsleute erwerben dadurch die nötigen fachlichen und überfachlichen Kompetenzen, die Biodiversität als zentrales Element zu verstehen und sich in ihrem beruflichen Wirkungsfeld für deren Schutz und Erhaltung einzusetzen. Die Akzeptanz für Biodiversitätsfördermassnahmen und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren wird damit gestärkt.

5.7 Stärkung der Massnahmen gegen den illegalen Handel mit Tieren und Pflanzen

Der Bund intensiviert sein Engagement gegen den grenzüberschreitenden Handel mit geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Durch optimierte Grenz- und Inlandkontrollen wird die illegale Einfuhr von unter CITES gelisteten Arten zusätzlich eingeschränkt. Mit Anpassungen des Bundesgesetzes über den Verkehr mit Tieren und Pflanzen geschützter Arten (BGCITES) wird das Strafmass verschärft. Die Sanktionen sollen vom illegalen Handel mit geschützten Tieren und Pflanzen abhalten.

5.8 Optimiertes und modernisiertes Datenmanagement

Existierende Daten im Bereich Biodiversität sollen interessierten Kreisen schneller und einfacher zur Verfügung stehen.

Datenerhebungsprogramme des Bundes[91] werden auf deren Aktualität, technologischen Stand, Standardisierung und Zugänglichkeit überprüft; fehlende Daten werden ausgewiesen und bestehende Methoden weiterentwickelt. Mögliche Schnittstellen zu Datenerhebungen verschiedener Bundesämter und der Kantone, die zugunsten der Biodiversität nutzbar sind, werden identifiziert. Darauf basierend werden Optimierungsmassnahmen formuliert und umgesetzt.

Auf internationaler Ebene zielen Optimierungsmassnahmen im Bereich Datenmanagement und Reporting unter anderem darauf ab, den Aufwand für die Vertragsparteien bei der Berichterstattung gegenüber den biodiversitätsrelevanten Konventionen zu verringern. Die von der Schweiz unterstützten Bestrebungen zielen auf eine vereinfachte, modulare Berichterstattung ab (z.B. Entwicklung des globalen Data Reporting Tool).

Anhang A - Pilotprojekte

Tabelle 4

Übersicht Pilotprojekte und federführende Ämter

Amt	Nr.	Titel
BAFU	**1 - Regionale Vernetzungsplanung der ökologisch wertvollen Lebensräume**	
	A1.1	Vision Wasserschloss 2.0
	A1.2	Inwertsetzung der Ökologischen Infrastruktur in den Pärken von nationaler Bedeutung
	A1.3	Wo der Wald noch wild ist
	A1.4	Potenzial von Flächenbörsen für die Biodiversität
	2 - Optimierung der sektorübergreifenden Lebensraumförderung	
	A2.1	Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren
	A2.2	Biodiversität und Landschaftsqualitäten in Agglomerationen fördern
	3 - Biodiversitätsfördernde Rückzonungen	
	A3.1	Rückzonungen zugunsten der Biodiversität
	4 - Spezifische Förderung National Prioritärer Arten	
	A4.1	Stromtod von Vögeln schweizweit vermeiden
	A4.2	Anreizsystem zur Ausscheidung und Pflege von Gebieten zur Förderung von Arten
	A4.3	Konfliktherd Verkehr-Kleinfauna entschärfen
	5 - Sensibilisierung für das Thema Biodiversität	
	A5.1	Mainstreaming Biodiversity
	A5.2	Dem Wert des Wassers auf der Spur
	A5.3	Die Natur vor der Haustür
VBS	**6 - Vorbildlicher Schutz und Förderung der Biodiversität auf aktiv genutzten Arealen des Bundes**	
	A6.1	Sicherung von Bundesflächen als wertvoller Teil der Ökologischen Infrastruktur
ASTRA	A7.1	Wiederherstellung der Vernetzung und Förderung von Lebensräumen entlang des Nationalstrassennetzes*
BAV	A8.1	Sichere Mittelspannungsmasten der Bahn für Vögel
	A8.2	Bahntrassen durchgängig machen
	A8.3	Biodiversitätshotspots auf Arealen der Bahn
	A8.4	Verbesserung der Lebensraumqualität entlang von Bahntrassen

*Umsetzung bis 2027

1 Regionale Vernetzungsplanung der ökologisch wertvollen Lebensräume

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A1.1 **Vision Wasserschloss 2.0**	**Hintergrund:** Die einmalige topografische Struktur unseres Landes macht die Schweiz zum Wasserschloss Europas. Wasser ist unsere Lebensgrundlage und ein äusserst bedeutender Rohstoff für unsere Wirtschaft. Gleichzeitig bilden die Schweizer Gewässer das Rückgrat der Vernetzung biodiversitätsrelevanter Gebiete. Unsere Gewässer sind damit ein zentraler Teil der Ökologischen Infrastruktur. **Motivation:** An das wertvolle Gut „Wasser" sind heute mannigfaltige Interessen und Begehrlichkeiten, aber auch grosse Verantwortlichkeiten gegenüber zukünftigen Generationen geknüpft. Zur Ausgestaltung der Schweizer Umweltpolitik im Bereich Gewässer resp. zur Ausformulierung und Umsetzung konkreter Massnahmen für Natur und Landschaft ist es relevant zu wissen, wie sich die Bevölkerung und weitere Interessensgruppen das Wasserschloss der Zukunft vorstellen.	**Ziel:** In drei geeigneten Pilotregionen werden Bedürfnisse und Wahrnehmungen der Bevölkerung sowie verschiedener wirtschaftlicher Nutzergruppen zum Thema Schweizer Gewässer und ihren Nutzung erfasst. Gemeinsamkeiten als auch Interessenskonflikte und Ansätze zu deren Lösung werden aufgezeigt. Schliesslich wird eine konkrete, auf die Pilotregionen bezogene Vision des Wasserschlosses der Zukunft gezeichnet. **Wirksamkeit:** Es werden Grundlagen erschaffen zur Ausgestaltung der Schweizer Umweltpolitik im Bereich Gewässer. Zudem werden Anspruchs-gruppen und Öffentlichkeit für die ökologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung und Schönheit der Schweizer Gewässer sensibilisiert.
A1.2 **Inwertsetzung der Ökologischen Infrastruktur in den Pärken von nationaler Bedeutung**	**Hintergrund:** 2016 hat das Bundesamt für Umwelt (BAFU) ein Projekt zur Förderung der Ökologischen Infrastruktur in den Pärken von nationaler Bedeutung gestartet. Daran beteiligen sich 10 Kantone als Vertragspartner des BAFU. Die Projektperimeter umfassen alle 15 regionalen Naturpärke sowie den Naturerlebnispark Sihlwald. **Motivation:** Die Schaffung der schweizweiten Ökologischen Infrastruktur soll die schon vorhandenen Natur- und Landschaftswerte der Pärke von nationaler Bedeutung unterstützen und stärken. Zudem sollen aus der nachhaltigen Nutzung der Ökologischen Infrastruktur auch Mehrwerte sowohl für die lokale Bevölkerung als auch für die Parkbesucher/Innen erwachsen.	**Ziel:** Erfassen der ökologischen, wirtschaftlichen sowie kulturellen Werte, welche durch die Schaffung der Ökologischen Infrastruktur in den Pärken von nationaler Bedeutung entstehen oder verstärkt werden. Aufzeigen des Mehrwertes, welcher im Sinne einer nachhaltigen und integralen Nutzung geschaffen wird. **Wirksamkeit:** Der Nachweis eines aus verschiedenen Blickwinkeln effizienten und effektiven Einsatzes der Mittel der öffentlichen Hand ist per se begrüssenswert. Die Inwertsetzung der Ökolgischen Infrastruktur kann wesentlich dazu beitragen, dass Massnahmen für den Natur- und Landschaftsschutz breite Unterstützung aus der Bevölkerung, aber auch wirtschaftsorientierter Sektoren sowie aus politischen Kreisen erhalten.

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A1.3 **Wo der Wald noch wild ist**	**Hintergrund:** Über 15% der Schweizer Waldfläche wurden seit mehr als 50 Jahren nicht mehr bewirtschaftet und die Tendenz ist steigend. Diese Waldwildnis bietet Lebensraum für Arten, welche in bewirtschafteten Wäldern oder Schutzwäldern untervertreten sind, wie beispielsweise holzbewohnende Käfer oder Pilze. Ausserdem tragen Waldwildnis-Flächen wesentlich zur Vernetzung ausgeschiedener Waldreservate bei. **Motivation:** Das Potenzial nicht bewirtschafteter Waldflächen als wertvolle Elemente der Ökologischen Infrastruktur der Schweiz sowie als zukünftige Waldreservate soll genutzt werden.	**Ziel:** Erarbeitung eines georeferenzierten Inventars der Schweizer Waldwildnis-Flächen, welche seit über 50 Jahren sich selbst überlassen sind. Daraus abgeleitet werden Sensibilisierungsmassnahmen formuliert, um Waldbesitzern, Waldbewirtschaftern und der breiten Öffentlichkeit die Bedeutung von Altholzinseln, Biotopbäumen und Totholz aufzuzeigen. **Wirksamkeit:** Mit einem Inventar der Schweizer Waldwildnis-Flächen wird eine wichtige Grundlage (Modell-Lebensräume) für die Erarbeitung von Massnahmen der Forstwirtschaft zur spezifischen Förderung der Biodiversität geschaffen. Die Modell-Lebensräume bieten zudem ein grosses Potenzial für die Sensibilisierung der Öffentlichkeit und relevanter Sektoren für die Waldbiodiversität. Durch die Aufklärung bezüglich der Entschädigungsmöglichkeiten seitens der öffentlichen Hand im Rahmen der Programm-vereinbarung im Bereich Waldbiodiversität zwischen Bund und Kantonen wird die Beteiligung der Waldbesitzer am Aufbau einer funktionalen Ökologischen Infrastruktur gefördert.
A1.4 **Potenzial von Flächenbörsen für die Biodiversität**	**Hintergrund:** Bauherrschaften sind aufgrund des bestehenden Rechts zu Ersatzmassnahmen verpflichtet, sollte ihr Bauvorhaben schutzwürdige Lebensräume oder geschützte Landschaften beeinträchtigen. **Motivation:** Oft ist es schwierig, geeignete Ersatzmassnahmenflächen zu finden. Eine mögliche Lösung für dieses Problem könnten Ersatzmassnahmen-Flächenpools (Flächenbörsen) darstellen. Damit könnten Ersatz- und andere Aufwertungsmassnahmen verschiedener Projektträger gebündelt und konzertiert umgesetzt werden.	**Ziel:** Aufzeigen von Chancen und Risiken eines Ersatzmassnahmen-Flächenpools im Sinne der Erhaltung und Förderung der Biodiversität, aber auch in Bezug auf die volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer solchen Flächenbörse. Im Rahmen dieses Projekts soll auch dargestellt werden, in welcher Art das Instrument der Flächenbörse ausgestaltet werden müsste, so dass die negativen Auswirkungen einzelner Bauvorhaben auf Natur- und Landschaft möglichst minimiert werden können. Das Projekt soll ausserdem abklären, ob der Bund eine Rolle im Gefüge einer Flächenbörse spielen soll und wie diese Rolle aussehen könnte. **Wirksamkeit:** Vor dem Hintergrund, dass Boden in der Schweiz ein knappes und begehrtes Gut ist, können Wege zur Vereinbarkeit von Schutz und Nutzung von Natur- und Landschaft aufgezeigt werden.

2 Optimierung der sektorübergreifenden Lebensraumförderung

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A2.1 **Eindämmung des Klimawandels: Nachhaltige Nutzungen helfen den Schweizer Mooren**	**Hintergrund:** Die veränderte Landnutzung, Überdüngung aber auch der Klimawandel haben einen negativen Einfluss auf den Wasserhaushalt der Schweizer Moore und können zum Verlust dieses Lebensraums führen. Moore sind jedoch ein relevanter Speicher von Kohlendioxid und spielen deshalb eine wesentliche Rolle bei der Minderung des Klimawandels**.** **Motivation:** Im Rahmen seines Pilotprogramms "Anpassung an den Klimawandel" hat das BAFU gemeinsam mit 16 Kantonen Arbeitsinstrumente zur Verbesserung des Wasserhaushalts der Moore in der Schweiz erarbeitet (*espace marais, Pilotprogramm Maintien des ressources en eau dans le bassin versant des biotopes marecageux d'importance nationale*, 28 Fallstudien).	**Ziel:** Auf Basis der im Rahmen des Projektes *espace marais* erarbeiteten Grundlagen wird modellhaft die Vereinbarkeit von Schutz und Nutzung hydrologischer Einzugsgebiete national bedeutender Moorflächen aufgezeigt. Insbesondere müssen die geeigneten Aufwertungs-, Renaturierungs- resp. Nutzungsmethoden festgelegt und in der Anwendung getestet werden – sowohl aus Sicht der Moore und ihrer Funktion im Klimaschutz als auch hinsichtlich des Zusammenspiels von Schutz und Nutzung. Als Beispiel für letzteres kann die extensive Nutzung von feuchtem Grünland z.B. durch geeignete Weidetiere wie Wisente oder Wasserbüffel und die Ausserbetriebnahme (oder Nicht-Sanierung) von Drainagen erwähnt werden. Die Umsetzung dieses Pilotprojekts erfolgt in Zusammenarbeit mit einem oder mehreren Kantonen sowie mit Vertreter/Innen aus der Landwirtschaft und soll in verschiedenen biogeographischen Regionen sowie in mindestens einer kantonsgrenzüberschreitenden Region durchgeführt werden **Wirksamkeit:** Das Pilotprojekt verstärkt die nachhaltige Nutzung der Biodiversität und bedeutet eine Inwertsetzung der geleisteten Vorarbeiten im Sinne der Strategie Biodiversität Schweiz (Schaffung Ökologische Infrastruktur, Sanierung/Aufwertung von Lebensräumen mit hohem Biodiversitätswert, langfristige qualitative Erhaltung von Moorböden (u.a. Schnittstelle Klima) und damit die Anerkennung und langfristige Erhaltung von Ökosystemen und ihren Leistungen für die Gesellschaft**.**
A2.2 **Biodiversität und Landschaftsqualitäten in Agglomerationen fördern**	**Hintergrund:** Den Agglomerationen kommt beim Aufbau einer Ökologischen Infrastruktur zur langfristigen Sicherung des Raumes für die Biodiversität sowie bei der Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum eine Schlüsselrolle zu. Darüber hinaus tragen Landschaftsqualitäten im Siedlungsraum, z.B. naturnahe und gut mit dem Langsamverkehr vernetzte Freiflächen, zu gesteigertem Wohlbefinden der Menschen sowie durch die Steigerung der Standortattraktivität zu mehr Wohlfahrt bei. **Motivation:** Die Umsetzung der von den Trägerschaften der Agglomerationsprogramme entwickelten Massnahmen im Bereich Biodiversität und Landschaft erfolgt mangels Grundlagen, Nachweis der Wirksamkeit und entsprechend geringer finanzieller Unterstützung durch den Bund nur sehr zögerlich. Das Thema Biodiversität und Landschaftsqualitäten soll deshalb im Rahmen der Agglomerationsprogramme gefördert werden.	**Ziel:** Das Pilotprojekt zeigt modellhaft auf, wie die künftigen Generationen der Agglomerationsprogramme effektiv und effizient um Natur- und Landschaftswerte erweitert werden können. Die bereits erarbeiteten planerischen Grundlagen im Bereich Biodiversität und Landschaft der Agglomerationsprogramme der 3. Generation können dabei als Grundlage dienen. **Wirksamkeit:** Basierend auf den Erkenntnissen dieses Pilotprojektes kann die Agglomerationspolitik im Hinblick auf eine integrale Abstimmung und Planung von Biodiversität und Landschaft gezielt weiterentwickelt werden. Es werden die Voraussetzungen geschaffen, dass Biodiversität und Landschaft als relevantes und wirkungsvolles Element verstärkt in die Agglomerationsprogramme und -planungen aufgenommen werden – zum Nutzen von Mensch, Siedlung und Natur.

3 Biodiversitätsfördernde Rückzonungen

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A3.1 **Rückzonungen zugunsten der Biodiversität**	**Hintergrund:** Gemäss Art. 15 des Raumplanungsgesetzes (RPG) sind die Kantone verpflichtet, überdimensionierte Bauzonen zu reduzieren**.** **Motivation:** Im Sinne der Erhaltung wertvoller Flächen für die Biodiversität hat der Bund grosses Interesse daran, dass solche Flächen ausgewiesen werden, welche sich in einem Biotopinventar des Bundes oder der Kantone befinden oder die eine überregionale Vernetzungsfunktion erfüllen.	**Ziel:** In enger Zusammenarbeit von Bund und einem Modellkanton oder einer geeignete Gemeinde erfolgen Rückzonungen dort, wo grösstmöglicher Nutzen für die Biodiversität entsteht und damit auch Mehrwerte für die Standortgemeinde oder den Kanton geschaffen werden können, bspw. durch die Aufrechterhaltung eines intakten, naturnahen Landschaftsbilds. **Wirksamkeit:** Rückzonungen, welche einen positiven Effekt auf die Biodiversität haben, unterstützen nicht nur die Schaffung der Ökologischen Infrastruktur. Sie können auch massgeblich zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Bedürfnisse der Biodiversität beitragen.

4 Spezifische Förderung National Prioritärer Arten

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A4.1 **Stromtod von Vögeln schweizweit vermeiden**	**Hintergrund** In der Schweiz existiert immer noch eine Vielzahl an Mittelspannungsmasten, welche eine Todesfalle für Vögel darstellen können und deshalb saniert werden müssen. Der Tod durch Stromschlag ist relevant, da die betroffenen Vogelarten in der Regel seltene und geschützte Arten sind. Oftmals sind es auch solche Arten, für deren Erhaltung die Schweiz eine besondere, internationale Verantwortung trägt (National Prioritäre Arten). **Motivation:** Besonders gefährdet sind Vögel mit grossen Flügelspannweiten. Bei Weissstorch und Uhu ist der Stromtod eine der häufigsten bekannten Todesursachen. Beispielsweise geht ein Grossteil der Uhusterblichkeit im Kanton Wallis (40%) auf Stromschlag an Mittelspannungsmasten zurück. Nebst Störchen und Eulen sind auch Greifvögel (Rotmilan, Adler, Bart- und Gänsegeier, also alles national prioritäre Arten) betroffen.	**Ziel:** Erarbeitung von Grundlagen zur gezielten Sanierung solcher Mittelspannungsmasten, welche für Vögel eine objektive Gefahr darstellen. Dazu werden unter der Federführung des Bundesamts für Umwelt potenziell gefährliche Mittelspannungsmasten identifiziert und ihre Standorte den Netzbetreibern kommuniziert. Als Kriterien zur Risikoeinschätzung werden nebst der technischen Ausführung der Masten unter anderem auch ihr Standort innerhalb eines Gebiets mit Vorkommen gefährdeter Vögel herangezogen**.** **Wirksamkeit:** Basierend auf den Resultaten dieses Projekts sollen die Netzbetreiber die notwendigen Sanierungen veranlassen und ihre Mittel gezielt dort einsetzen, wo gefährdete und bedrohte Vögel vorkommen. Das Bundesamt für Umwelt wird den Effekt des Projekts auf die Biodiversität zusammen mit der Vogelwarte Sempach evaluieren. Es besteht Synergiepotenzial mit dem Pilotprojekt 8.1 des Bundesamtes für Verkehr „Sichere Mittelspannungsmasten der Bahn für Vögel“.
A4.2 **Anreizsystem zur Ausscheidung und Pflege von Gebieten zur Förderung von Arten**	**Hintergrund:** Die Schweiz hat sich als Vertragsstaat der Berner Konvention dazu verpflichtet, die europäisch besonders wertvollen Arten und Lebensräume zu schützen. Zur langfristigen Erhaltung und Förderung gefährdeter Arten, für deren Fortbestand die Schweiz auch eine internationale Verantwortung trägt (National Prioritäre Arten, NPA), reichen die heutigen Schutzbemühungen allerdings nicht aus (insb. die Ausscheidung von Schutzgebieten nach Art.18 Natur- und Heimatschutzgesetz, NHG). **Motivation:** Die bestehenden gesetzlichen Vorgaben (Lebensraumschutz) sollen durch freiwillige Massnahmen zur Förderung national prioritärer Arten ergänzt werden. Dabei soll insbesondere der Vereinbarkeit von Schutz und Nutzung Rechnung getragen werden.	**Ziel:** Ein Anreizsystem soll Flächeninhaber und -bewirtschafter dazu motivieren, auf freiwilliger Basis Gebiete für NPA auszuscheiden und zu pflegen. Dazu müssen die Chancen und Risiken verschiedener Anreizsysteme vor dem Hintergrund der verfügbaren Mittel, aber auch weiterer Faktoren (z.B. Art der notwendigen Fördermassnahmen, betroffene Sektoren) eruiert werden. In Zusammenarbeit von Bund und Kantonen sollen deshalb auf der Basis von jeweils vier repräsentativen Gebieten zur Förderung von NPA in allen biogeographischen Regionen der Schweiz Anreizmöglichkeiten, Umsetzungsinstrumente und Einbezug und Abgeltung der Akteure entwickelt, getestet und umgesetzt werden. Dabei werden auch die Schnittstellen zu Vernetzungsprojekten in der Landwirtschaft, in Sonderwaldreservaten resp. in Naturschutzgebieten berücksichtigt. **Wirksamkeit:** Der Prozess zur Gebietsbestimmung, die erarbeiteten Umsetzungsinstrumente wie Managementpläne sowie die Abgeltung der erbrachten Leistungen der Akteure werden analysiert, so dass ein optimales Anreizsystem ausgearbeitet werden kann.

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A4.3 **Konfliktherd Verkehr-Kleinfauna entschärfen**	**Hintergrund:** Der Strassenverkehr stellt eine grosse Bedrohung für die wandernde Kleinfauna dar (insb. Amphibien). Die Hauptkonfliktpunkte zwischen dem Strassenverkehr und dem Natur- und Landschaftsschutz sind Gegenstand von Erhebungen der Kantone und des Bundes (Amphibienzugsrouten, Strassenabschnitte mit regelmässigen Unfällen mit Wildtieren, Unterbruch der ökologischen Vernetzung etc.). **Motivation:** Schon der vergleichsweise geringe Verkehr kommunaler Strassen kann das Sterberisiko der Kleinfauna stark erhöhen. Im Falle der Amphibien können ganze Bestände bedroht sein. Der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch) sind rund 800 Konfliktstellen Amphibien-Verkehr auf kommunalen und kantonalen Strassen bekannt. Die technische Sanierung der Konfliktstellen innerhalb der Wanderrouten der Kleinfauna stellt deshalb eine unerlässliche Ergänzung bestehender Instrumente des Amphibienschutzes dar.	**Ziel:** Vorhandene Daten, welche Problemstellen im Schweizer Verkehrsnetz für die Kleinfauna aufzeigen, werden öffentlich zugänglich gemacht und allenfalls ergänzt. Gemeinsam mit den betroffenen Anspruchsgruppen werden zudem Lösungsansätze entwickelt, welche die Integration dieser Grundlagen in bestehende resp. zukünftige Instrumente erlauben, so dass das durch den Strassenverkehr bedingte Sterberisiko der Kleinfauna gesenkt werden kann (z.B. in den Bereichen Raumplanung, Verkehrsinfrastrukturbauten). Eine Dialogplattform des Bundes soll zur Feststellung von Konflikten beitragen und Ansätze zur Lösung diese Konflikte formulieren. **Wirksamkeit:** Beitrag zur Erhaltung der Bestände geschützter und bedrohter Arten von nationaler Priorität, Sicherung der Wanderungskorridore zu den Amphibienlaichgebieten von nationaler Bedeutung. Die Umsetzung kann schnell beginnen, da die zu sanierenden Strassenabschnitte schon bekannt sind.

5 Sensibilisierung für das Thema Biodiversität

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A5.1 **Mainstreaming Biodiversity**	**Hintergrund:** Der Schweizer Bevölkerung fehlt es an Wissen über die Vielfalt der Arten und ihrer Lebensräume in unserem Land. Repräsentative Umfragen zeigen folgendes Bild: Obwohl die Biodiversität seit Jahrzehnten ärmer wird, gingen im Jahr 2013 74% der Befragten davon aus, dass sie in einem eher guten bis sehr guten Zustand sei. 2016 steht dieser Wert bei 61%, knapp jeder Fünfte befragte (19%) wusste nicht, wie er den Begriff Biodiversität erklären könnte. **Motivation:** Man kann nur schätzen, was man kennt. Vieles deutet darauf hin, dass Menschen den Rückgang an biologischer Vielfalt nur dann als Problem empfinden, wenn sie vorher Pflanzen und Tiere kennen und schätzen gelernt haben. Um die Wahrnehmung von und Kenntnis über Arten und ihrer Vielfalt ist es allerdings schlecht bestellt. So konnten Schulkinder in der Schweiz nur gerade fünf Pflanzen- und sechs Tierarten benennen, die auf ihrem Schulweg vorkamen, wobei es sich vorwiegend um Zier- und Gartenpflanzen sowie Haustiere handelte.	**Ziel:** Das Pilotprojekt analysiert die Ursachen für die eingeschränkte Problemwahrnehmung, zeigt geeignete Methoden auf zur Verminderung von Wahrnehmungsdefiziten der Schweizer Bevölkerung im Bereich Biodiversität und setzt diese mittels geeigneter Massnahmen und Kanälen um. Im Rahmen des Pilotprojekts werden auch demographische Einflussfaktoren untersucht und bei der Wahl geeigneter Kommunikationsmassnahmen berücksichtigt. Mit dem Pilotprojekt soll eine Grundlage für biodiversitätsbewusstes Handeln geschaffen, Wissen über die Biodiversität und ihre Leistungen für Gesellschaft und Wirtschaft vermittelt und die Bevölkerung für die Bedeutung des fortschreitenden Biodiversitätsverlusts sensibilisiert werden. **Wirksamkeit:** Erhöhen der Kompetenzen und des Verständnisses, welche notwendig sind, damit sich die Gesellschaft als Ganzes für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität einsetzt. Zudem ermöglicht das Projekt vertiefte Abklärungen zum Bedarf und zu den Synergiemöglichkeiten für die längerfristigen Sensibilisierungsmassnahmen. Für die Messung des Verständnisses der breiten Bevölkerung kann auf die bereits existierenden gfs-Umfragen zurückgegriffen werden, welche auf eine langfristige Analyse der Wahrnehmung der Biodiversität in der Bevölkerung ausgelegt sind**.**

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A5.2 **Dem Wert des Wassers auf der Spur**	**Hintergrund:** Fliessgewässer sind prägende Elemente der Landschaft, sie dienen der Vernetzung biodiversitätsrelevanter Gebiete und erbringen grosse Leistungen für Wirtschaft (z.B. Tourismus, Standortqualität, erneuerbare Energie) und Gesellschaft (z.B. Trinkwasserversorgung, Erholung, Naturerlebnisse, sanfte Mobilität). **Motivation:** Die Werthaltung gegenüber Fliessgewässern ist massgebend für die Bereitschaft der Schweizer Bevölkerung, sich für die Erhaltung der ökologischen Funktionen resp. der Leistungen der Schweizer Fliessgewässer für Wirtschaft und Gesellschaft einzusetzen. Welche Werte die Bevölkerung mit unseren Fliessgewässern verbindet, ist jedoch weitgehend unbekannt.	**Ziel:** Erfassen der Werthaltung der Schweizer Bevölkerung gegenüber genutzten und ungenutzten Fliessgewässern. Als fachliche Basis werden die bestehenden Daten durch ein Verzeichnis aller natürlichen Gewässer ohne Beeinträchtigungen ergänzt sowie das nationale Verzeichnis der Quelllebensräume gemäss bereits publizierter Methode rasch erarbeitet. Eine Umfrage auf nationalem Niveau erfasst die Werte, welche die Schweizer Bevölkerung mit genutzten und ungenutzten Fliessgewässern verbindet, vergleicht die unterschiedlichen Wahrnehmungen, zeigt Synergien und Konflikte im Spannungsfeld von Schutz und Nutzung der Schweizer Fliessgewässer auf und zieht daraus Konsequenzen für die zukünftige Schweizer Umweltpolitik. **Wirksamkeit:** Nebst der Erschaffung relevanter Grundlagen zur Ausgestaltung der Schweizer Umweltpolitik dient dieses Projekt der Sensibilisierung von Öffentlichkeit, aber auch Entscheidungsträger/Innen in Politik und Wirtschaft für die Schönheit, die ökologische Relevanz, aber auch den wirtschaftlichen Nutzen der Schweizer Fliessgewässer.
A5.3 **Die Natur vor der Haustür**	**Hintergrund:** Im Siedlungsraum besteht grosses Potenzial zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität (z.B. Nischen in Bauten, Grünräume, Bepflanzungen) aber auch der Lebensqualität der Menschen (z.B. Kontrast zur bebauten Umwelt, Regulation lokales Klima, Möglichkeiten zum Sammeln von Naturerfahrungen). **Motivation:** Die Strategie Biodiversität Schweiz strebt u.a. danach, durch die Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum die Lebensqualität der Bevölkerung zu verbessern. Ausserdem ist gemäss Art. 18b Abs. 2 Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) auch innerhalb der Siedlungen für ökologischen Ausgleich zu sorgen.	**Ziel:** Sichtbarmachen des Potenzials des Siedlungsraums zur Förderung der Biodiversität. Dazu wird der Leitfaden 1995 „Naturnahe Gestaltung im Siedlungsraum“ des Bundesamts für Umwelt (BAFU) aktualisiert und konkrete Praxisbeispiele werden publikumswirksam aufbereitet. In Zusammenarbeit von BAFU und dem Schweizerischen Gemeindeverband wird eine Internetseite zum Themenbereich „Biodiversität in der Siedlung“ erstellt. **Wirksamkeit:** Best-Practice auf der Basis eines aktualisierten Leitfadens stehen der Öffentlichkeit zur Verfügung und werden insb. durch die Gemeinden angewandt.

Pilotprojekte in Zusammenarbeit mit anderen Bundesämtern

6 Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS)

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A6.1 **Sicherung von Bundesflächen als wertvoller Teil der Ökologischen Infrastruktur**	**Hintergrund:** Gemäss Stationierungskonzept der Armee werden im Zuge der Weiterentwicklung der Armee in den nächsten Jahren mehrere Schiessplätze und Immobilien aus der militärischen Nutzung entlassen und können für eine zivile Nachnutzung zur Verfügung stehen (sog. Dispositionsbestand, z.B. Schiessplatz Glaubenberg). Viele dieser Areale beherbergen diverse Biotope und Schutzobjekte von nationaler Bedeutung sowie Lebensraum für National Prioritäre Arten (z.B. Moorlandschaft Glaubenberg als Lebensraum für das Auerhuhn, *Tetrao urogallus*). **Motivation:** Biotope, Lebensräume und Artenhotspots, welche sich auf aufzugebenden Arealen des VBS befinden, sind für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität in der Schweiz von grosser Relevanz, insb. für den Auf- und Ausbau der Ökologischen Infrastruktur. Solche Flächen sollen im Sinne der Strategie Biodiversität Schweiz weiterhin nachhaltig genutzt resp. für die Biodiversität aufgewertet werden.	**Ziel:** Erstellen einer Gesamtübersicht biodiversitätsrelevanter Flächen und Immobilien aus dem Dispositionsbestand der Armee. Am Beispiel des Schiessplatzes Glaubenberg werden die Rahmenbedingungen für die weitere Umsetzung der Schutzziele bzw. der Sicherstellung der nachhaltigen Bewirtschaftung definiert sowie die Überwachung dieser Nutzungsform festgelegt. Dazu müssen nicht nur Fragen der Vereinbarkeit von Schutz und Nutzung geklärt werden, sondern auch rechtliche und prozessuale Fragen. Insbesondere müssen die zukünftigen Besitzverhältnisse bestimmt, der Vertragsprozess festgelegt sowie Abgeltungsrichtlinien erarbeitet werden. Weiter soll geprüft werden, welche Flächen vorerst im Besitz des Bundes bleiben sollen, so dass sie in einem zweiten Schritt für einen allfälligen Flächenaustausch mit den Kantonen im Sinne der Biodiversitätsförderung zur Verfügung stehen. **Wirksamkeit:** Wirkungsanalyse Schutz und Nutzung. Mit der Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der biodiversitätsrelevanten Lebensräume, die sich in seinem Eigentum befinden, kann der Bund öffentlichkeitswirksam ein Bekenntnis zum Naturschutz abgeben und dabei wesentlich zur Sensibilisierung von Entscheidungsträger/Innen resp. der Gesellschaft im Allgemeinen beitragen. Gleichzeitig kommt der Bund in Erfüllung seines verfassungsmässigen Auftrags (Art. 2 und 73 BV) resp. einer Bundesaufgabe gemäss Art. 3 NHG seiner Vorbildfunktion gegenüber Kantonen und Gemeinden nach.

7 Bundesamt für Strassen (ASTRA)

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A7.1 **Wiederherstellung der Vernetzung und Förderung von Lebensräumen entlang des Nationalstrassennetzes**	**Hintergrund:** Verkehrsträger, insb. eingezäunte Abschnitte und Abschnitte mit viel Verkehr, üben eine beträchtliche Barrierewirkung auf Wirbellose, Amphibien, Reptilien, Säugetiere aber auch auf die Flora aus. Gleichzeitig können Verkehrsinfrastrukturen auch eine vernetzende Funktion übernehmen und Lebensräume anbieten, die wertvoll für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität sind. **Motivation:** Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsinfrastrukturen ist einer der Hauptgründe für den heutigen Artenrückgang. Im Sinne der Strategie Biodiversität Schweiz ist dieser negative Effekt des Verkehrs zu verringern.	**Ziel**: Das Pilotprojekt umfasst zwei Hauptziele, welche synergistisch zum Aus- und Aufbau der landesweiten Ökologischen Infrastruktur beitragen: 1. Die Bemühungen zur Sanierung der Wildtierkorridore verbessern und ergänzen. 2. Das Potenzial der Grünräume an Verkehrsinfrastrukturen als Lebensraum verstärken 1a) Das ASTRA klärt ab, ob es möglich sein wird, dass der Zeitplan des Nationalstrassenprogramms Sanierung der Wildtierkorridore gestrafft werden kann. Zur Vereinfachung der Umsetzung des Programms wird das ASTRA die Kriterien zur Finanzierung von Querungshilfen anpassen, insb. breiter fassen. Damit wird es dem ASTRA möglich, in die Sanierung einer Nationalstrasse (Über-/Unterführung) auch direkt angrenzende Verkehrsinfrastrukturen der Bahn oder eines Kantons einzubeziehen, die selber nur eine untergeordnete Zerschneidung verursachen. 1b) Die heutige Verkehrssituation sowie die Verbreitungsdynamik der Wildtiere (insb. Hirsch, Kollisionsgefahr) machen es notwendig, dass die Grundlagen zum Handlungsbedarf zur Sanierung von Wildtierkorridoren von überregionaler Bedeutung überarbeitet und ergänzt werden. Dazu zeigt das BAFU zusammen mit den Kantonen bis Ende 2019 die problematischen Stellen des Netzes der Nationalstrassen auf. In diese Untersuchungen einbezogen werden auch die Nationalstrassen der Klasse 3 sowie die Strecken des Netzbeschlusses (NEB). Die Grunddurchlässigkeit wird berücksichtigt gemäss der Dokumentation 88013 Grunddurchlässigkeit von Nationalstrassen für Wildtiere. Auf Basis dieser Ergebnisse wird auch das laufende Nationalstrassenprogramm Sanierung der Wildtierkorridore (2001) mit weiteren nötigen Wildtierquerungen ergänzt. Eine erste ergänzende Querungshilfe soll im Rahmen der durch den Kanton Freiburg angestrebten Sanierung des Wildtierkorridors FR-23 entstehen. Die Resultate der vom BAFU begleiteten laufenden Untersuchung des ASTRA Erfolgskontrollen an Wildtierbrücken entlang der Nationalstrassen werden in diese Arbeiten einfliessen. Zudem wird modellhaft ein Unterhalts- oder Ausbauprojekt ausgewählt, in der vorhandenen ASTRA Richtlinie 18008 Querungshilfen für Wildtiere getestet wird. 2a) Der standortangepasste Böschungsunterhalt erfolgt gemäss ASTRA-Richtlinie 18007 Grünräume an Nationalstrassen und der dazugehörenden Dokumentation 88007 Methodologie zur Festsetzung von Biodiversitätsschwerpunkten und umfasst auch die standortgerechte Gestaltung von Böschungen.

		2b) Gemeinsam durch ASTRA und BAFU wird eine Strecke des Nationalstrassennetzes ausgewählt, auf der Massnahmen zum Schutz und der Förderung von Fledermäusen umgesetzt werden (gemäss Publikation Empfehlungen zum Schutz der Fledermäuse in Verkehrsinfrastrukturen (in Erarbeitung), begleitet durch ASTRA, BAV). **Wirksamkeit:** Die Evaluation des Pilotprojekts resp. die daraus gewonnen Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine gesamtschweizerische weitere Sanierung und Aufwertung der National- und Kantonsstrassen zu einem späteren Zeitpunkt. Die Evaluation beinhaltet auch eine Wirkungsanalyse des standortangepassten Böschungsunterhalts.

8 Bundesamt für Verkehr (BAV)

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A8.1 **Sichere Mittelspannungsmasten der Bahn für Vögel**	**Hintergrund:** In der Schweiz existiert immer noch eine Vielzahl an Mittelspannungsmasten, welche eine Todesfalle für Vögel darstellen können und deshalb saniert werden müssen. Der Tod durch Stromschlag ist relevant, da die betroffenen Vogelarten in der Regel seltene und geschützte Arten sind. **Motivation:** Besonders gefährdet sind Vögel mit grossen Flügelspannweiten. Bei Weissstorch und Uhu ist der Stromtod eine der häufigsten bekannten Todesursachen. Nebst Störchen und Eulen sind auch Greifvögel (Rotmilan, Adler, Bart- und Gänsegeier, also alles national prioritäre Arten) betroffen. Welche Mastkonstruktionen für Vögel gefährlich sind, ist bekannt. Mit geeigneten Massnahmen lässt sich ein Grossteil der Unfälle vermeiden, siehe die entsprechende Richtlinie des Bundesamts für Verkehr (BAV) Vogelschutz bei Fahrleitungsanlagen.	**Ziel:** Phase 1: Sanierung der Trägermasten der SBB-Fahrleitungen (hier: Mittelspannungsmasten) im Sinne des Vogelschutzes. In einer ersten Phase werden die Mittelspannungsmasten der SBB in der Region Wallis-Chablais saniert. Das Pilotprojekt kann insofern erweitert werden, als dass auch die Mittelspannungsmasten der zuführenden Netze saniert werden. Die aus Phase 1 gewonnenen Erfahrungen dienen schliesslich als Grundlage für die Sanierung sämtlicher für Vögel gefährlicher Strommasten der SBB und weiterer Bahninfrastrukturbetreiberinnen der Schweiz in einer zweiten Phase, siehe auch Pilotprojekt 4.1 „Stromtod von Vögeln schweizweit vermeiden“. Hierzu müssen vorab potenziell gefährliche Masten der Bahninfrastrukturbetreiberinnen identifiziert werden. **Wirksamkeit:** Wirkungsanalyse zusammen mit der Vogelwarte Sempach, die Wirkungsanalyse der Phase 1 dient als Grundlage für spätere, schweizweite Sanierungen durch die SBB resp. weiterer Bahninfrastrukturbetreiberinnen.
A8.2 **Bahntrassen durchgängig machen**	**Hintergrund:** Bahntrassen stellen zunehmend unüberwindbare Barrieren für die Fauna dar. Die Barrierewirkung der Bahntrassen steigt mit der Breite der Anlage (mehrspurigen Strecken). Allgemein wird die negative Wirkung der Verkehrsinfrastrukturen auf die Biodiversität oft dadurch verschärft, dass verschiedene Anlagen nebeneinander liegen (Bahn / Autobahnen / Nationalstrassen). Lösungsansätze sind bekannt, es existieren VSS-Normen zur Planung und Ausführung von Über- oder Unterführungen für die Fauna. Ausserdem sind die bevorzugten Wanderkorridore und somit auch der Handlungsbedarf bekannt. **Motivation:** Die Zerschneidung der Wildtierkorridore bedroht mittelfristig das Überleben verschiedener wildlebender, wandernder Tierarten und unterbindet dauerhaft die Vernetzung der Lebensräume.	**Ziel:** Wiederherstellung der Durchlässigkeit von Wildtierkorridoren, welche in ihrer Funktion durch Bahninfrastrukturen unterbrochenen oder beeinträchtigt werden. Dabei sollen einerseits schon bestehende Durchlässe (Fliessgewässer) umgebaut werden, so dass sie eine Vernetzungsfunktion erfüllen können (gemäss bestehender VSS-Norm Gestaltung der Wasserdurchlässe für die Fauna). Andererseits sollen neue (in den meisten Fällen) Überführungen gebaut werden (gemäss VSS-Norm Wildtierpassagen). Synergien mit geplanten Überführungen über Strassen versprechen eine ökonomische Optimierung. **Wirksamkeit:** Vernetzung der Lebensräume und der Wildtierbestände, Beitrag zur Verkehrssicherung, Nutzung der Synergien mit den geplanten Massnahmen am Strassennetz zur Wiederherstellung unterbrochener oder beeinträchtigter wichtiger Vernetzungskorridore.

Pilotprojekt	Hintergrund / Motivation	Ziel des Pilotprojekts / Wirksamkeit
A8.3 **Biodiversitätshotspots auf Arealen der Bahn**	**Hintergrund:** In Erfüllung des Artikels 3 Abs. 2 Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) haben Betriebe des Bundes, so auch die SBB dafür zu sorgen, dass biodiversitätsrelevante Faktoren bei der Planung, Umsetzung, Sanierung resp. Erhaltung von Infrastrukturanlagen der Bahn berücksichtigt werden. **Motivation:** Die Berücksichtigung der Biodiversität bei der Ausgestaltung des Hauptbahnhofs (HB) Zürich hat dazu geführt, dass HB-Areal Zürich eines der artenreichsten Gebiete der Stadt Zürich darstellt.	**Ziel:** In enger Zusammenarbeit mit den Infrastrukturbetreiberinnen, kantonaler Fachstellen oder lokaler Naturschutzorganisationen werden weitere Bahnhofsareale bezeichnet, die analog dem Hauptbahnhof Zürich unter Berücksichtigung biodiversitätsrelevanter Faktoren ausgestaltet werden und damit Modellcharakter erhalten. Die Aufwertung der Bahnhofsareale soll in erster Linie im Rahmen von bereits geplanten Projekten erfolgen. Ein entsprechendes Zusatzprogramm ist ggf. zu planen. Gleichzeitig mit der Planung biodiversitätsfördernder Massnahmen werden Methoden zur Analyse ihrer Wirkung festgelegt. Die Wirkungsanalyse erfolgt periodisch und wird öffentlich gemacht. Die biodiversitätsfreundliche Ausgestaltung von Bahnhofsarealen hat Modellcharakter für entsprechende Aufwertungen durch Kantone oder Private. Sie dienen zudem der Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum gemäss Ziel 8 der Strategie Biodiversität Schweiz (SBS) resp. der Artenförderung gemäss Ziel 3 SBS und können wesentlich zur Sensibilisierung lokaler Entscheidungsträger, aber auch der Bevölkerung für biodiversitätsrelevante Faktoren beitragen **Wirksamkeit:** Die aus der Wirkungsanalyse gewonnen Erkenntnisse fliessen in die entsprechenden Managementpläne ein resp. sie dienen als Grundlage für eine spätere, schweizweite Aufwertung weiterer Bahnhofsareale im Sinne der Biodiversität.
A8.4 **Verbesserung der Lebensraumqualität entlang von Bahntrassen**	**Hintergrund:** Zur Minderung der Zerschneidungswirkung der Bahntrassen resp. zur Verbesserung der Vernetzung von Gebieten mit hohem Biodiversitätswert (Schaffung einer Ökologischen Infrastruktur, gemäss Strategie Biodiversität Schweiz) müssen die Begleitflächen entlang der Bahntrassen qualitativ und quantitativ aufgewertet werden. Im Auftrag von SBB, BAFU und BAV wurde 2009 durch ein Umweltbüro das Konzept naturschutzgerechter Böschungsunterhalt SBB erstellt, von der SBB jedoch nie umgesetzt. **Motivation:** Der standortangepasste Böschungsunterhalt dient der Schaffung und Aufwertung resp. der Vernetzung von Lebensräumen und trägt so wesentlich zur Schaffung einer Ökologischen Infrastruktur bei (gemäss SBS Ziel 2).	**Ziel:** In enger Zusammenarbeit mit kantonalen Fachstellen oder lokaler Naturschutzorganisationen erarbeiten die Infrastrukturbetreiberinnen ein konsistentes Konzept für den langfristigen und standortangepassten Böschungsunterhalt entlang der Bahntrassen. Dabei sollen auch die Übergänge zwischen Bahntrassen und National- resp. Kantons- oder Gemeindestrassen mitberücksichtigt werden. Als Grundlage zur Erarbeitung des Konzepts kann die vom ASTRA angewandte Methodologie zur Festsetzung von Biodiversitätsschwerpunkten (Dokumentation Grünräume an Nationalstrassen) herangezogen werden. Das Konzept zum Böschungsunterhalt entlang der Bahntrassen soll ab 2021 die Leistungsvereinbarungen BAV-Bahninfrastrukturbetreiberinnen ergänzen. **Wirksamkeit:** Schaffung und Vernetzung von Lebensräumen für Fauna und Flora.

Anhang B – Verknüpfung zur SBS

Tabelle 5

Beitrag der Massnahmen zur Erreichung der zehn strategischen Ziele

✓✓ Zentraler Beitrag

✓ Weiterer Beitrag

Nr.	Massnahmentitel	Beitrag der Massnahme zur Zielerreichung SBS									
		1. Nachhaltige Nutzung	2. Schaffung einer ökologischen Infrastruktur	3. Verbesserung des Zustands von National Prioritären Arten	4. Erhaltung und Förderung der genetischen Vielfalt	5. Überprüfung von finanziellen Anreizen	6. Erfassung von Ökosystemleistungen	7. Generierung und Verbreitung von Wissen	8. Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum	9. Verstärkung des internationalen Engagements	10. Überwachung von Veränderungen
Umsetzungsphase I. 2017-2023											
Sofortmassnahmen											
4.1.1	Unterhalt und Sanierung bestehender Schutzgebiete	✓	✓✓	✓	✓						
4.1.2	Schaffung und Unterhalt von Waldreservaten	✓	✓✓	✓	✓						✓
4.1.3	Quantitative und qualitative Sicherstellung von Alt- und Totholz	✓✓	✓	✓	✓			✓			
4.1.4	Spezifische Förderung National Prioritärer Arten	✓	✓	✓✓	✓			✓			
Synergiemassnahmen											
4.2.1	Konzeption der landesweiten Ökologischen Infrastruktur	✓	✓✓	✓	✓			✓			
4.2.2	Entwicklung einer Bodenstrategie Schweiz	✓✓						✓			✓
4.2.3	Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an die natürlichen Standortbedingungen	✓✓	✓	✓	✓	✓		✓			
4.2.4	Evaluation der Wirkung von Bundessubventionen	✓				✓✓					
4.2.5	Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bei raumrelevanten Entscheidungen	✓	✓				✓✓	✓		✓	✓
4.2.6	Ergänzung der bestehenden Nachhaltigkeitsstandards mit Aspekten der Biodiversität	✓✓						✓			
4.2.7	Integration von Mindestanforderungen zugunsten der Biodiversität in Musterbaureglementen	✓	✓	✓	✓				✓✓		
4.2.8	Integration der Biodiversität in die bilaterale Entwicklungszusammenarbeit der Schweiz und Umsetzung der Verpflichtungen im Bereich Biodiversitätsfinanzierung					✓				✓✓	
4.9.9	Nutzung internationaler Erkenntnisse zugunsten der nationalen Biodiversitätspolitik						✓	✓		✓✓	

Massnahmen mit Pilotprojekten											
4.3.1	Regionale Vernetzungsplanung der ökologisch wertvollen Lebensräume	✓	✓✓	✓	✓			✓	✓		
4.3.2	Optimierung der sektorübergreifenden Lebensraumförderung	✓✓	✓	✓	✓	✓					
4.3.3	Biodiversitätsfördernde Rückzonungen	✓✓	✓	✓	✓						
4.3.4/ 4.1.4	Spezifische Förderung National Prioritärer Arten	✓	✓	✓✓	✓			✓			
4.3.5	Sensibilisierung für das Thema Biodiversität	✓	✓	✓				✓✓	✓		
4.3.6	Vorbildlicher Schutz und Förderung der Biodiversität auf aktiv genutzten Arealen des Bundes	✓✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓
Massnahmen Umsetzungsphase II											
5.1	Verbindliche Sicherung besonders wertvoller Biodiversitätsflächen	✓	✓✓	✓					✓		
5.2	Ausarbeitung und Weiterentwicklung sektorspezifischer Instrumente und Programme zur Vermeidung der genetischen Verarmung	✓	✓	✓	✓✓			✓	✓		
5.3	Auf- und Ausbau von Ex-situ-Sammlungen zur Erhaltung prioritärer genetischer Ressourcen und gefährdeter Arten	✓			✓✓	✓		✓			
5.4	Stärkung der Schweizer Forschung im Bereich Biodiversität						✓	✓✓		✓	
5.5	Stärkung des Themas Biodiversität in der Allgemein- und Berufsbildung	✓						✓✓			
5.6	Sektorspezifische Stärkung des Themas Biodiversität in der Weiterbildung und Beratung	✓						✓✓			
5.7	Stärkung der Massnahmen gegen den illegalen Handel mit Tieren und Pflanzen							✓		✓✓	
5.8	Optimiertes und modernisiertes Datenmanagement	✓	✓	✓	✓			✓			✓✓

Anhang C – Beitrag der Akteure

Tabelle 6

Beitrag der Akteure und Sektoren zu den Massnahmen des Aktionsplans

		AKTEURE / SEKTOREN											
NR.	MASSNAHMENTITEL	WALDWIRTSCHAFT	LANDWIRTSCHAFT	WIRTSCHAFT	JAGD UND FISCHEREI	NATUR UND LANDSCHAFT	TOURISMUS, SPORT , FREIZEIT	ENERGIE	VERKEHR	RAUMPLANUNG	MONITORING	BILDUNG UND FORSCHUNG	INTERNATIONALES
Umsetzungsphase I. 2017 – 2023													
Sofortmassnahmen													
4.1.1	Unterhalt und Sanierung bestehender Schutzgebiete	✓	✓		✓	✓	✓					✓	
4.1.2	Schaffung und Unterhalt von Waldreservaten	✓				✓						✓	
4.1.3	Quantitative und qualitative Sicherstellung von Alt- und Totholz	✓				✓						✓	
4.1.4	Spezifische Förderung National Prioritärer Arten	✓	✓		✓	✓		✓	✓				
Synergiemassnahmen													
4.2.1	Konzeption der landesweiten Ökologischen Infrastruktur	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4.2.2	Entwicklung einer Bodenstrategie Schweiz	✓	✓	✓		✓				✓		✓	
4.2.3	Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion an die natürlichen Standortbedingungen		✓									✓	
4.2.4	Evaluation der Wirkung von Bundessubventionen		✓	✓								✓	
4.2.5	Berücksichtigung von Ökosystemleistungen bei raumrelevanten Entscheidungen	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓	
4.2.6	Ergänzung der bestehenden Nachhaltigkeitsstandards mit Aspekten der Biodiversität			✓									
4.2.7	Integration von Mindestanforderungen zugunsten der Biodiversität in Musterbaureglementen			✓		✓				✓			
4.2.8	Internationale Zusammenarbeit zugunsten der Biodiversität und Umsetzung der Verpflichtungen im Bereich Biodiversitätsfinanzierung												✓
4.2.9	Nutzung internationaler Erkenntnisse zugunsten der nationalen Biodiversitätspolitik											✓	✓

Massnahmen mit Pilotprojekten													
4.3.1	Regionale Vernetzungsplanung der ökologisch wertvollen Lebensräume	✓	✓			✓			✓	✓			
4.3.2	Optimierung der sektorübergreifenden Lebensraumförderung	✓	✓		✓	✓							
4.3.3	Biodiversitätsfördernde Rückzonungen			✓		✓				✓			
4.3.4 / 4.1.4	Spezifische Förderung National Prioritärer Arten	✓	✓		✓	✓		✓	✓			✓	
4.3.5	Sensibilisierung für das Thema Biodiversität	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓	
4.3.6	Vorbildlicher Schutz und Förderung der Biodiversität auf aktiv genutzten Arealen des Bundes	✓	✓		✓	✓							
Massnahmen Umsetzungsphase II													
5.1	Verbindliche Sicherung besonders wertvoller Biodiversitätsflächen		✓							✓			
5.2	Ausarbeitung und Weiterentwicklung sektorspezifischer Instrumente und Programme zur Vermeidung der genetischen Verarmung	✓	✓		✓							✓	
5.3	Auf- und Ausbau von Ex-situ-Sammlungen zur Erhaltung prioritärer genetischer Ressourcen und gefährdeter Arten		✓	✓								✓	
5.4	Stärkung der Schweizer Forschung im Bereich Biodiversität					✓					✓	✓	✓
5.5	Stärkung des Themas Biodiversität in der Allgemein- und Berufsbildung	✓	✓	✓	✓		✓					✓	
5.6	Sektorspezifische Stärkung des Themas Biodiversität in der Weiterbildung und Beratung	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓	
5.7	Stärkung der Massnahmen gegen den illegalen Handel mit Tieren und Pflanzen			✓	✓	✓	✓					✓	✓
5.8	Optimiertes und modernisiertes Datenmanagement	✓	✓		✓	✓					✓	✓	

6 Literatur

[1] Übereinkommen über die biologische Vielfalt (1992): Umweltprogramm der Vereinten Nationen, New York.

[2] Cardinale B.J. et al. (2012): Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature 486, 59-67.

[3] Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being: General synthesis. Technical report, Island Press, Washington, DC, USA.

[4] Sukhdev P. et al. (2010): The economics of ecosystems and biodiversity: mainstreaming the economics of nature: a synthesis of the approach, conclusions and recommendations of The Economics of Ecosystems and Biodiversity TEEB.

[5] Allan E. et al. (2013): A comparison of the strength of biodiversity effects across multiple functions. Oecologia 173, 223–237.

[6] Soliveres S. et al. (2016): Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. Nature 536(7617): 456-459

[7] Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014). Global Biodiversity Outlook 4. Montréal, 155 S.

[8] Rockström et al. (2009): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society 14(2): 32

[9] Staub C., Ott W. et al. 2011: Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 102: 106 S.

[10] NFP 68, BAFU, BLW, ARE (Hrsg.) (2015): Bodenschätze. Publiziert im Internationalen Jahr des Bodens 2015.

[11] Turbé A. (2010): Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission (DG Environment).

[12] Lejeune Q., Davin E.L., Guillod B.P. et al. (2015): Influence of Amazonian deforestation on the future evolution of regional surface fluxes, circulation, surface temperature and precipitation. Climate Dynamics 44, 2769-2786.

[13] Staub C., Ott W. et al. (2011): Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1102: 106 S.

[14] Myers N. (1989): Loss of biological diversity and its potential impact on agriculture an food production. In: Pimentel D., Hall C.W. (Hrsg.): Food an Natural Resources. Academic Press, San Diego. S. 49–68.

[15] Mayer P.M. et al. (2007): Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. Journal of Environmental Quality 36(4), 1172–1180.

[16] Eawag (Hrsg.) (2009): Wasserversorgung 2025 – Vorprojekt Standortbestimmung. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Bern.

[17] Altmann K.H. (2005): Die Natur als Arzneimittelhersteller und als Quelle der Inspiration für den Chemiker: die Bedeutung von Naturstoffen in der Arzneimittelforschung. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 150/3–4, 97–105.

[18] www.bionische-innovationen.de

[19] Staub C., Ott W. et al. (2011): Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1102: 106 S.

[20] Drösler M. et al. (2012): Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und dessen monetäre Bewertung. BfN-Skripten 328, 152.

[21] Pohl M. et al. (2009): Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. Plant and Soil 324, 91–102.

[22] Damm C. et al. (2012): Auenschutz – Hochwasserschutz – Wasserkraftnutzung. Beispiele für eine ökologisch vorbildliche Praxis. Reihe: Naturschutz und Biologische Vielfalt, Band 112, 321.

[23] Bender F.,van der Heijden M. (2015): Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. Journal of Applied Ecology 52(1), 228-239.

[24] Gallai N. et al. (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted to pollinator decline. Ecological Economics 68(3), 810 – 821.

[25] Akademien der Wissenschaften Schweiz (2014): Bienen und andere Bestäuber: Bedeutung für Landwirtschaft und Biodiversität. Factsheet der Akademien der Wissenschaften Schweiz, Bern.
[26] Ramseier H. et al. (2016): Blühstreifen fördern Honig- und Wildbienen. Agrarforschung Schweiz 7(6): 276-283.
[27] Kremen C., Miles A. (2012): Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits externalities, and trade-offs. Ecology and Society 17(4): 40.
[28] Tschumi M. et al. (2016): Perennial, species-rich wildflower strips enhances pest control and crop yield. Agriculture, Ecosystems and Environment 220: 97-103.
[29] Keesing F. et al. (2010): Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. Nature 468(7324): 647–652.
[30] Bolund P., Hunhammar S. (1999): Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics 29(2): 293–301.
[31] Buccolieri R. et al. (2011): Analysis of local scale tree-atmosphere interaction on pollutant concentration in idealized street canyons and application to real urban junction. Atmospheric Environment 45(9): 1702–1713.
[32] Mathey J. et al (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. Bundesamt für Naturschutz. Bonn-Bad Godesberg.
[33] Siegrist D., Stremlow M. (Hrsg.) (2009): Landschaft Erlebnis Reisen. Naturnaher Tourismus in Pärken und UNESCO-Gebieten. Rotpunktverlag, Zürich.
[34] Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL (Hrsg.) (2013): Die Schweizer Bevölkerung und ihr Wald. Bericht zur zweiten Bevölkerungsumfrage Waldmonitoring soziokulturell (WaMos 2). Bundesamt für Umwelt, Bern; Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. Umwelt-Wissen Nr. 1307. 92 S.
[35] Job H., Becken S., Paeth H. (2011): Schutzgebiete, Biodiversität und Tourismus – künftige Herausforderungen. In: Natur und Landschaft 12. Bonn: W. Kohlhammer 2011, S. 521–526.
[36] Bundesrat (2010): Wachstumsstrategie für den Tourismusstandort Schweiz: Bericht des Bundesrates vom 18. Juni 2010 in Erfüllung des Postulates 08.3969, Darbellay vom 19. Dezember 2008, Bern.
[37] Lindemann-Matthies P. et al. (2010): Experimental evidence for human preference of biodiversity in grassland ecosystems. Biological Conservation 143, 195–202.
[38] BSS – Volkswirtschaftliche Beratung (2012): Landschaftsqualität als Standortfaktor: Stand des Wissens und Forschungsempfehlung. Schlussbericht zuhanden Bundesamt für Umwelt BAFU.
[39] Scheidegger E. (2009): Tourismus im naturnahen Raum – die wirtschaftliche Sicht. In: Siegrist D., Stremlow M. (Hrsg.). Landschaft Erlebnis Reisen. Naturnaher Tourismus in Pärken und UNESCO-Gebieten. Rotpunktverlag, Zürich.
[40] Pattaroni L. et al. (2010): Nachhaltiger städtischer Lebensraum für Familien mit Kindern. Collage – Zeitschrift für Planung, Umwelt und Städtebau 4.
[41] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Naturbewusstsein 2009. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. Berlin / Bonn.
[42] Stremlow M. (2008): «Heimat» - ein brauchbarer Begriff für den Landschaftsschutz? Anthos 47(1): 60-61.
[43] Rockström et al. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society 14(2): 32.
[44] Stöcklin et al. (2007): Landnutzung und biologische Vielfalt in den Alpen. Nationales Forschungsprogramm Landschaften und Lebensräume der Alpen. NFP 48.
[45] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) 2014: Biodiversität in der Schweiz. Kurzfassung des 5. Nationalberichts zuhanden der Biodiversitätskonvention, Bundesamt für Umwelt, Bern, 20 S.
[46] Lachat T. et al. (Red.) (2010): Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich. Haupt Verlag, Bern.
[47] Fischer M. et al. (2015): Zustand der Biodiversität in der Schweiz 2014. Hrsg.: Forum Biodiversität Schweiz et al., Bern.
[48] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) 2017: Biodiversität in der Schweiz: Zustand und Entwicklung. Ergebnisse des Überwachungssystems im Bereich Biodiversität, Stand 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1630.
[49] Bundesamt für Umwelt BAFU (2014). Switzerland's Fifth National Report under the Convention on Biological Diversity. Federal Office for the Environment, Bern.
[50] Stöcklin et al. (2007): Landnutzung und biologische Vielfalt in den Alpen. Nationales Forschungsprogramm Landschaften und Lebensräume der Alpen. NFP 48.
[51] Lachat T. et al. (Red.) (2010): Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht? Bristol-Stiftung, Zürich. Haupt Verlag, Bern.

[52] Leadley et al. (2014): Interacting Regional-Scale Regime Shifts for Biodiversity and Ecosystem Services. BioScience 64(8): 665-679.
[53] Brugger E.A., Limacher S. (2011): Biodiversität und Wirtschaft: Enge Wechselwirkungen. Brugger und Partner AG.
[54] Mouillot D. et al. (2013): Rare Species Support Vulnerable Functions in High-Diversity Ecosystems. PLoS Biol 11(5): e1001569
[55] Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010) *Global Biodiversity Outlook 3*. Montréal. 94 Seiten
[56] Biodiversitätskonvention (2010). Der Strategische Plan 2011 – 2020 und die Aichi Ziele. In: UNEP/CBD/COP/10/Decision/X2. Tenth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. http://www.sib.admin.ch/de/biodiversitaetskonvention/die-konvention/der-strategische-plan/
[57] Bundesrat (2012). Strategie Biodiversität Schweiz vom 25. April 2012. Anhang 2. BBl 2012: 7239–7342.
[58] Vereinte Nationen (2016). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. New York, USA.
[59] Bundesrat, Strategie Nachhaltige Entwicklung 2016–2019, 27. Januar 2016
[60] Bundesbeschluss über die Legislaturplanung 2011-2015, Massnahme 99: Konkretisierung der Strategie zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität.
[61] Bundesbeschluss über die Legislaturplanung 2015-2019, Massnahme 36: Verabschiedung der Botschaft zum Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz.
[62] Bundesamt für Umwelt BAFU (2014): Partizipativer Prozess zur Erarbeitung des Aktionsplans Strategie Biodiversität Schweiz: Zusammenfassende Berichterstattung.
[63] Bundesamt für Umwelt BAFU (2015): Ergebnisbericht Vorkonsultation Massnahmen Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz. 48 Seiten.
[64] Bundesrat (2016): Strategie der Schweiz zu invasiven gebietsfremden Arten. Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt. Bern.
[65] Schweizerische Bundeskanzlei (2017): Bericht des Bundesrates über seine Geschäftsführung im Jahre 2016. Band II. Seite 57. Bern
[66] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) (2015): Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2016–2019. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1501: 266 S.
[67] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bundesamt für Raumplanung BRP (1998): Landschaftskonzept Schweiz. Teil I Konzept, Teil II Bericht. Bern.
[68] Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport VBS (Hrsg.) (2005): Immobilienstrategie VBS. Bern.
[69] Bundesrat (2010): Wachstumsstrategie für den Tourismusstandort Schweiz. Bern.
[70] Bundesrat (2012): Botschaft zur Weiterentwicklung der Agrarpolitik in den Jahren 2014–2017. Bern.
[71] Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF: Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Entwurf vom 4. Juli 2016
[72] Bundesrat, Konferenz der Kantonsregierungen KdK, Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz BPUK, Schweizerischer Städteverband SSV, Schweizerischer Gemeindeverband SGV (2012): Raumkonzept Schweiz. Bern.
[73] Bundesamt für Umwelt BAFU (2013): Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bern.
[74] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) (2014). Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014 – 2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014. Bern.
[75] Bundesrat (2015): Agglomerationspolitik des Bundes 2016+. Für eine kohärente Raumentwicklung Schweiz. Bern.
[76] Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK (2015): Sachplan Verkehr, Teil Infrastruktur Schiene, Anpassungen und Ergänzungen 2015. Bern.
[77] Bundesrat (2016): Strategie Nachhaltige Entwicklung 2016-2019. Bern.
[78] Bundesrat (2016): Aussenpolitische Strategie 2016-2019. Bern.
[79] Bundesrat (2009): Luftreinhaltekonzept des Bundesrates, BBI 2009 6585
[80] Unterlagen zur Schweizer Chemikalienpolitik: Vernehmlassungsunterlagen PARCHEM, 2003; erhältlich auf Anfrage beim Bundesamt für Gesundheit BAG, Abteilung Chemikalien, 3003 Bern
[81] Univox Umwelt (2016); gfs-zürich, Markt- & Sozialforschung Februar 2017
[82] Bundesamt für Umwelt BAFU (Hrsg.) (2015): Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2016–2019. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bern.

Umwelt-Vollzug Nr. 1501: 266 S.

[83] Oggier, P., Righetti, A., Bonnard, L. (Eds., 2001): Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrs-infrastrukturen COST 341. Umwelt-Wissen Nr. 0714 (2. aktualisierte Auflage der BUWAL-Schriftenreihe Umwelt Nr. 332). Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung; Bundesamt für Verkehr; Bundesamt für Strassen. Bern, 101 S.

[84] Imesch N., Stadler B., Bolliger M., Schneider O. (2015): Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1503: 186 S.

[85] Monnerat C., Barbalat S., Lachat T., Gonseth Y. (2016): Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf; Info Fauna – Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna (Info Fauna – CSCF), Neuenburg. Umwelt-Vollzug. Bundesamt für Umwelt, Bern.

[86] econcept und Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, (2013). Ökosysteme und ihre Leistungen erfassen und räumlich darstellen. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU, Bern.

[87] The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB (2010). Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan, London and Washington.

[88] IDARio (Interdepartementaler Ausschuss Rio) (2000). Bericht über die Umsetzung der Strategie des Bundesrates zur nachhaltigen Entwicklung, Massnahme Nr. 6 „Anerkennung und Förderung von Labels. IDARio, Bern.

[89] Bundesrat (2016). Botschaft zur internationalen Zusammenarbeit 2017–2020. Bern.

[90] gfs.bern (2013). Studie Biodiversität 2013. Im Auftrag von: Bundesamt für Umwelt, Schweizer Vogelschutz, SVS/BirdLife Schweiz, Forum Biodiversität sowie Schweizerische Vogelwarte Sempach.

[91] Bspw. Biodiversitäts-Monitoring der Schweiz BDM, Schweizerisches Landesforstinventar LFI, Langfristige Waldökosystem-Forschung LWF, Rote Listen, Wirkungskontrolle Biotopschutz, Projekt «Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et milieux agricoles» ALL-EMA, etc.