BDM
BIODIVERSITÄTSMONITORING SCHWEIZ
MONITORING DE LA BIODIVERSITÉ EN SUISSE
MBD

ZWISCHENBERICHT

Resultate aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz nach fünf Erhebungsperioden



Reinach, 30.10.2026
Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Impressum

Auftraggeber:	Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Biodiversität und Landschaft. Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
Auftragnehmer:	Hintermann & Weber AG, 4153 Reinach
Autor:	Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM
Gestaltung:	Boris Bachmann, Schärrer + Bachmann graphic design, Basel
Foto Titelbild:	Beat Ernst, Basel
Hinweis:	Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.
Zitiervorschlag:	Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM (2026): Resultate aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz nach fünf Erhebungsperioden. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern. 93 Seiten.

Kurzfassung **4**

Résumé **10**

Riassunto **16**

1. Aufgabe des BDM und Ziel des Berichtes **22**

2. Datengrundlage und Kennzahlen zum BDM **26**

Die drei BDM-Messnetze 26

Zahlen zum BDM 31

Indikatoren 33

3. Resultate zu den Indikatoren **35**

Gefässpflanzen Messnetz Landschaften (1 km^2) 36

Tagfalter Messnetz Landschaften (1 km^2) 39

Brutvögel Messnetz Landschaften (1 km^2) 42

Gefässpflanzen Messnetz Landlebensräume (10 m^2) 44

Moose Messnetz Landlebensräume (10 m^2) 47

Mollusken Messnetz Landlebensräume (10 m^2) 49

Gewässerinsekten Messnetz Fliessgewässer 52

4. Ausgewählte Resultate **55**

Entwicklung der Artenvielfalt in der Schweiz 55

Der Tagfalter-Index dokumentiert die dynamischen Arttrends 60

Artenvielfalt im Umbruch: Ursachen jenseits des Klimawandels 62

Die Nutzung prägt die Biodiversität 66

Artenvielfalt im Siedlungsraum 70

Entwicklung der Gewässerqualität 73

Bessere Aussagen dank Kombination von Datenquellen 76

5. Begriffe **79**

6. Danksagung **82**

7. Literaturverzeichnis **83**

Anhänge **86**

Anhang A: Einbettung und Koordination mit anderen Programmen 86

Anhang B: Wissenschaftliche Publikationen mit BDM-Daten 88

Kurzfassung

Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) erfasst seit 2001 mit standardisierten Methoden den Zustand und die langfristige Entwicklung der Artenvielfalt in der Schweiz. Dabei werden die Stichprobenflächen in einem gleichmässigen Raster über die gesamte Schweiz verteilt, unabhängig davon, ob eine Fläche geschützt oder intensiv genutzt ist: im Landwirtschaftsgebiet, im Wald, im Siedlungsraum, im Hochgebirge. Erfasst werden Gefässpflanzen, Tagfalter, Brutvögel, Moose, Mollusken und Gewässerinsekten auf drei Messnetzen. Damit bildet das BDM die durchschnittliche Artenvielfalt und deren Entwicklung in der Schweiz ab.

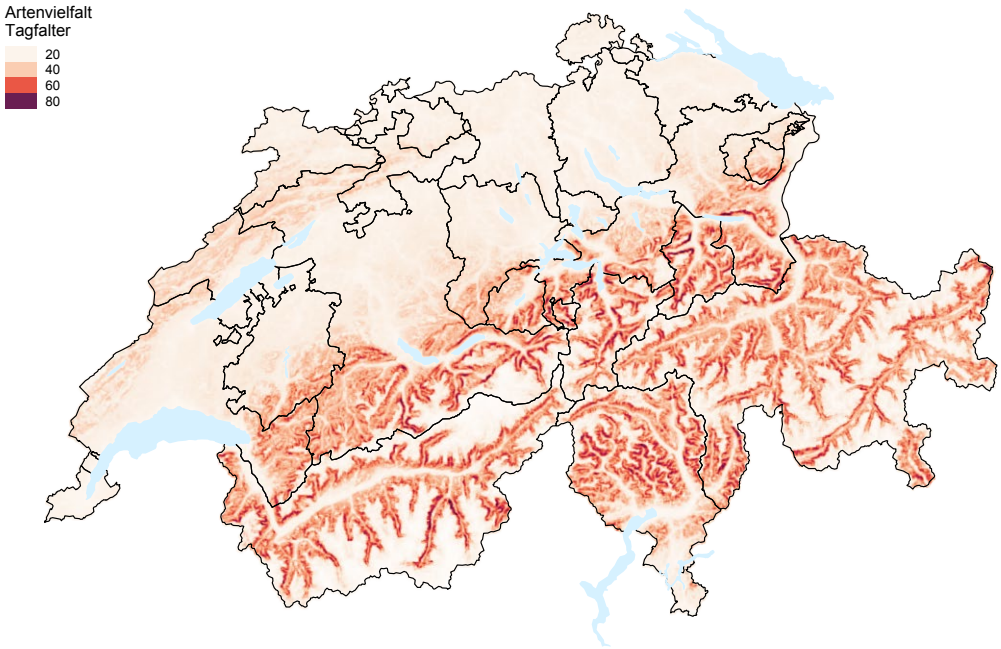
Ein vollständiger Erhebungszyklus dauert fünf Jahre. Der Abschluss einer solchen Fünfjahresperiode Ende 2025, nach nunmehr 25 Jahren BDM, ist der Anlass für eine Übersicht über das Programm, wichtige Arbeiten und ausgewählte Resultate. Der Bericht erhebt weder Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich der Analysen im Zusammenhang mit dem BDM noch bezüglich der Biodiversitätsentwicklung in der Schweiz insgesamt. Das Hauptziel des Berichts ist es, die aktuellen Ergebnisse für alle Indikatoren des BDM verfügbar zu machen.

Die Bundesprogramme ALL-EMA, WBS und NAWA, welche die Entwicklung der Biodiversität in bestimmten Ökosystemen verfolgen und die Auswirkungen von Massnahmen evaluieren, nutzen die Daten oder die Ergebnisse des BDM, um die Interpretation und Aussagekraft ihrer eigenen Ergebnisse zu stärken. Fünf kantonale Monitoringprogramme bauen methodisch auf dem BDM auf. Diese Synergien, die gleichmässige Verteilung der Stichproben über alle Lebensräume in der ganzen Schweiz sowie die steigende Aussagekraft des Programms dank einer mittlerweile 25-jährigen Zeitreihe machen das BDM zu einer unverzichtbaren Grundlage für die periodische Berichterstattung zum Stand der Biodiversität und der Naturschutzpolitik in der Schweiz.

Das BDM verfügt über lange Zeitreihen zur Entwicklung der Vielfalt der in der Schweiz weit verbreiteten Arten.

Als das BDM 2001 zu erheben begann, lagen die grössten Verluste der Artenvielfalt in der Schweiz schon zurück. Es ist bekannt, dass die Schweiz im 20. Jahrhundert viele artenreiche Lebensräume verloren hat, vor allem Moore, Trockenwiesen und -weiden sowie Auen. Studien, die historische Erhebungen und Fundmeldungen mit heutigen Daten vergleichen, zeigen, dass die Artenvielfalt bei Tagfaltern und Pflanzen zu Beginn des 20. Jahrhunderts deutlich höher war, insbesondere im Mittelland.

Das tiefe Niveau der Artenvielfalt zeigt sich insbesondere in den tiefen Lagen. Hier ist heute aufgrund intensiver Landwirtschaft und Urbanisierung die Artenvielfalt deutlich tiefer, verglichen mit jener, die in den montanen und subalpinen Höhenlagen der Alpen noch anzutreffen ist. Dabei wäre das Potenzial in den tieferen Lagen eigentlich grösser als in den höheren.



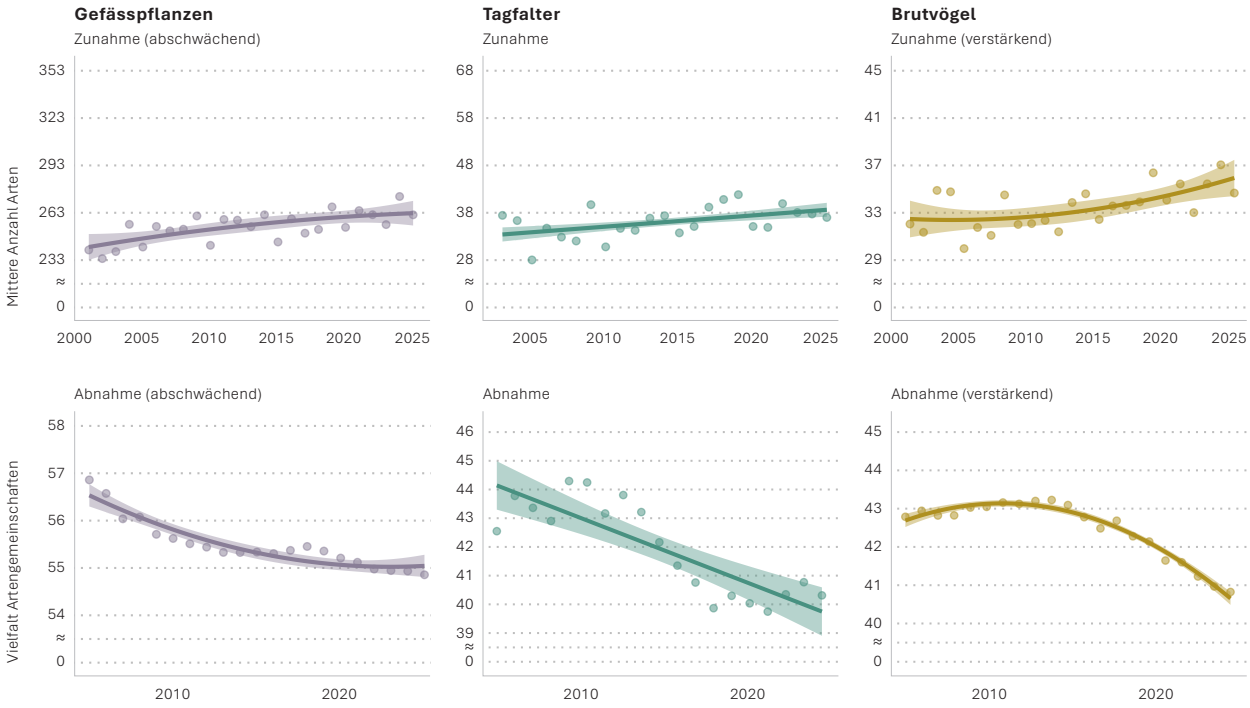
Verteilung der Tagfalter-Artenvielfalt in der Schweiz, 2020–2024, pro km^2. Tiefe Werte prägen die tiefen Lagen (Mittelland, Jura, grosse Alpentäler), deutlich höhere Werte die Berggebiete.

Seit 2001 nimmt jedoch die Artenzahl auf Landschaftsebene wieder zu. Ein Blick hinter diese Zahl zeigt aber: Es sind vor allem dieselben, ohnehin schon häufigen Arten, die sich ausbreiten.

Mehr Arten, aber immer dieselben: die Artengemeinschaften der Schweiz werden sich ähnlicher.

Auf Landschaftsebene nimmt die Artenzahl seit Messbeginn zu, bei den Gefässpflanzen, den Tagfaltern und den Brutvögeln gleichermassen. Gleichzeitig hat sich aber auch die Zusammensetzung der Artengemeinschaften verändert: In Bezug auf die Artenzusammensetzung ähneln sich die Landschaften immer mehr. Man spricht von «biologischer Homogenisierung» der Artengemeinschaften.

Diese Homogenisierung kommt zustande, weil sich vor allem Arten ausbreiten, die bereits häufig sind und meist geringe Ansprüche an ihren Lebensraum stellen. Bei den Tagfaltern etwa breiten sich der Kaisermantel *(Argynnis paphia),* das Grosse Ochsenauge *(Maniola jurtina)* oder der Schachbrettfalter *(Melanargia galathea)* innerhalb ihres Areals aus, während sich der Kurzschwänzige Bläuling *(Cupido argiades)* neu in der ganzen Schweiz etabliert. Im Grünland sind es kleinwüchsige Pflanzenarten häufig geschnittener Rasen oder von Störstellen, etwa der Kriechende Hahnenfuss *(Ranunculus repens)* oder die Kleine Braunelle *(Prunella vulgaris)*.



Zeitliche Entwicklung der mittleren Artenzahl (oben) und der Vielfalt der Artengemeinschaften (unten) von Gefässpflanzen, Tagfaltern und Brutvögeln in der Schweiz, 2001–2025. Die Artenzahl nimmt in allen drei Gruppen zu, die Vielfalt der Artengemeinschaften gleichzeitig ab: Die Landschaften werden nicht ärmer an Arten, aber einander ähnlicher.

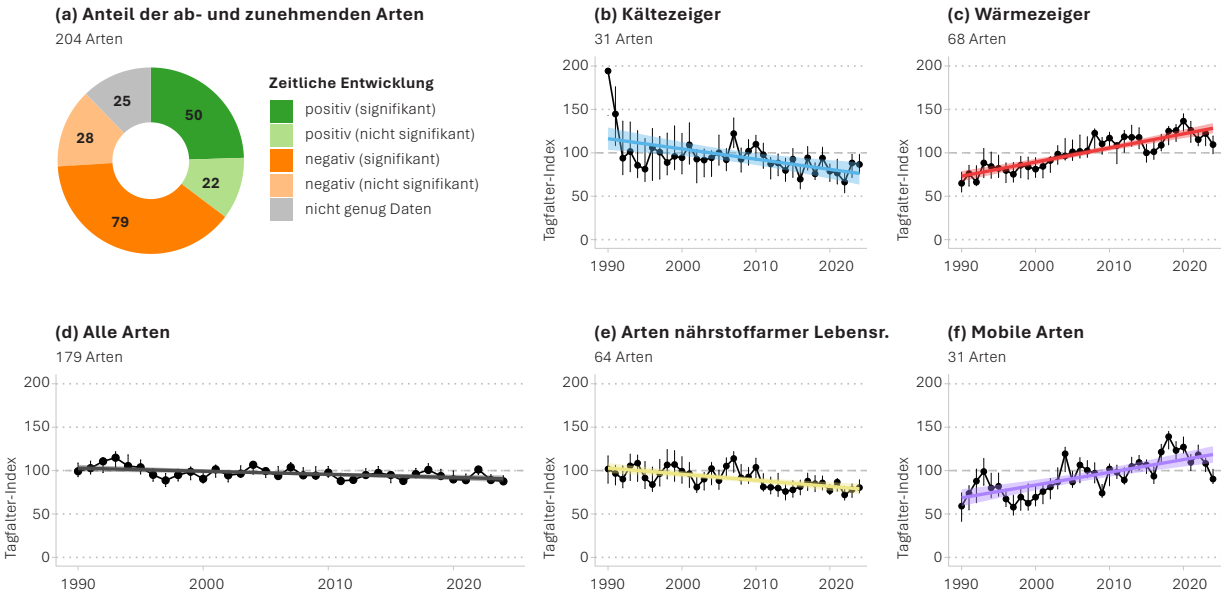
Zugenommen hat die mittlere Artenzahl pro Landschaft, also die Zahl der Arten, die auf einer Stichprobenfläche nebeneinander vorkommen. Über die Artenvielfalt der Schweiz insgesamt sagt dieser Anstieg wenig: Es sind vor allem Arten, die schon vorher häufig und weit verbreitet gewesen sind, die heute zusätzlich auftreten, und zwar überall in ähnlichen Kombinationen. Die Landschaften werden also artenreicher und einander gleichzeitig ähnlicher.

Am Beispiel der Tagfalter lässt sich dieser Umbau der Artengemeinschaften am genauesten nachzeichnen, dank der Kombination von BDM- und info-fauna-Daten.

Der Tagfalter-Index zeigt, welche ökologischen Merkmale Gewinner- und Verliererarten unterscheiden. Die Verlierer überwiegen.

Der Tagfalter-Index kombiniert die BDM-Daten mit den Fundmeldungen von info fauna und bildet damit Bestandestrends für 179 der rund 230 in der Schweiz vorkommenden Tagfalter- und Widderchenarten ab. Insgesamt gibt es mehr Arten mit abnehmender als mit zunehmender Verbreitung.

Welche Art zu den Gewinnern oder Verlierern gehört, hängt von ihren Ansprüchen ab. Kältezeiger und Arten nährstoffarmer Lebensräume entwickeln sich mehrheitlich negativ, Wärmezeiger und mobile Arten (die schnell neue Gebiete besiedeln können) mehrheitlich positiv. Unter den Verlierern ist beispielsweise der Gletscherfalter *(Oeneis glacialis)*, unter den Gewinnern der Kaisermantel *(Argynnis paphia)* und der Kurzschwänzige Bläuling *(Cupido argiades)*.



Bestandesentwicklung von 179 Tagfalter- und Widderchenarten seit 1990, basierend auf kombinierten Daten von BDM und info fauna. (a) Anteil der Arten mit positivem bzw. negativem Trend. (b–f) Entwicklung nach Artgruppen: Kältezeiger und Arten nährstoffarmer Lebensräume nehmen ab, Wärmezeiger und mobile Arten nehmen zu. Die Entwicklung über alle Arten ist leicht negativ (d). Das Ringdiagramm (a) umfasst 204 Arten: die 179 Arten mit Trend sowie 25 Arten mit zu wenig Daten.

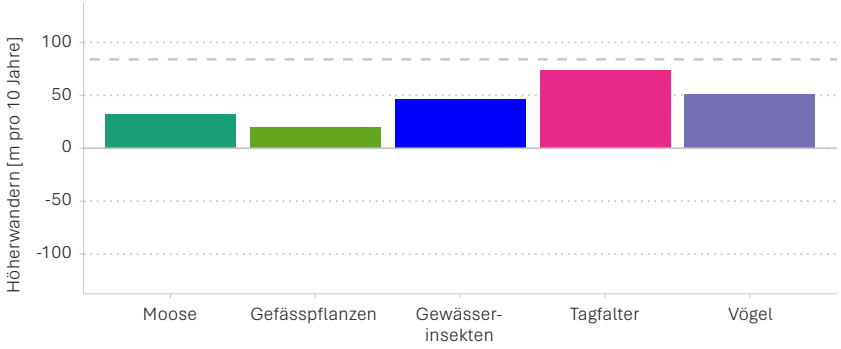
Es gibt zwar weniger Arten, die zunehmen, doch diese verzeichnen einen umso stärkeren Anstieg. Das erklärt einen Teil der Homogenisierung: Wenige, anpassungsfähige Arten expandieren stark und prägen die Artengemeinschaften dadurch zunehmend.

Hinter vielen dieser Verschiebungen steht derselbe Treiber: der Klimawandel.

Die Auswirkungen des Klimawandels sind messbar, und sie fallen je nach Artengruppe unterschiedlich stark aus.

Die BDM-Daten zeigen seit der Jahrtausendwende rasante Höhenverschiebungen bei den untersuchten Artengruppen. Wärmezeigende Arten breiten sich aus, kältezeigende ziehen sich in höhere Lagen zurück. Ein offensichtlicher Treiber dieser Veränderungen ist der Klimawandel.

Wie deutlich sich das Höherwandern zeigt, hängt von der Anpassungsfähigkeit ab: Mobile Arten weichen der Erwärmung räumlich aus, was das BDM direkt misst. Am stärksten ausgeprägt ist die Verschiebung deshalb bei den Tagfaltern, gefolgt von Brutvögeln und Gewässerinsekten; ortsgebundene Gefässpflanzen reagieren über andere Wege, etwa über veränderte Bestandesdichten und entsprechend verzögert. Insgesamt bleibt das gemessene Höherwandern aller Gruppen hinter dem zurück, was aufgrund des Temperaturanstiegs allein zu erwarten wäre.



Durchschnittliches Höherwandern der Artengruppen, abgeleitet aus der Verschiebung des mittleren Temperatur-Zeigerwerts der Artengemeinschaften seit 2001. Die gestrichelte Linie zeigt die Verschiebung, die aufgrund des gemessenen Temperaturanstiegs allein zu erwarten wäre: Alle Gruppen bleiben darunter, Tagfalter am wenigsten.

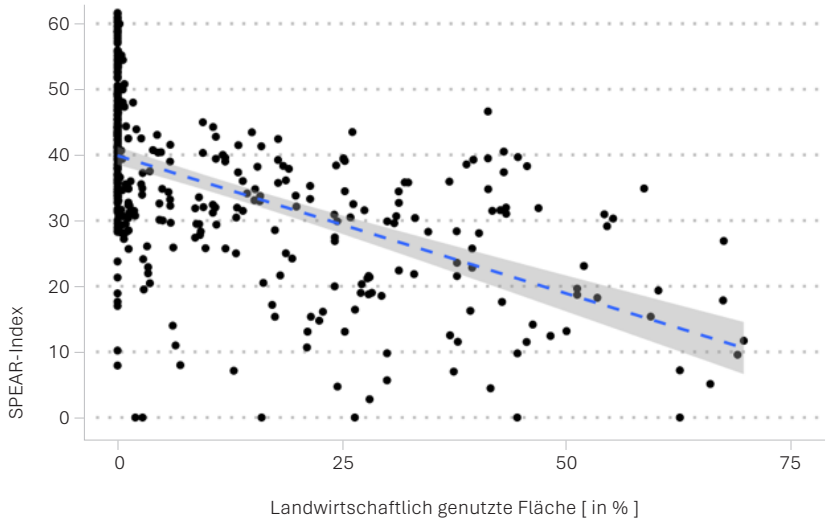
Der Klimawandel wirkt aber nicht isoliert. Wie intensiv eine Fläche genutzt wird, prägt die Artenvielfalt ebenso stark und die Nutzung entscheidet mit darüber, ob Arten der Erwärmung überhaupt folgen können: Höherwandern setzt voraus, dass geeignete Lebensräume entlang des Höhengradienten zusammenhängen. Wo intensiv genutzte Flächen diese Verbindung unterbrechen, bleibt die Verschiebung aus, auch wenn eine Art mobil genug wäre.

Die Nutzungsintensität wirkt sich sichtbar auf die Artenvielfalt aus, auf dem Land wie in Gewässern.

Neben dem Klima gehört die Landnutzung zu den starken Einflussfaktoren auf die Biodiversität. In tiefen Lagen nehmen vor allem störungstolerante und kurzlebige Gefässpflanzenarten zu, etwa der Kleine Storchschnabel *(Geranium pusillum)* oder das Quendelblättrige Sandkraut *(Arenaria serpyllifolia)*. Auch Stickstoffeinträge aus der Luft hinterlassen Spuren: Sie fördern wenige, nährstoffliebende Arten und verdrängen die typischen, spezialisierten Arten nährstoffarmer Standorte. Seit ihrem Höchststand sind die Stickstoffemissionen zwar wieder gesunken, die Pflanzenvielfalt erholt sich davon aber bislang nur zögerlich, und in den wertvollen Lebensräumen liegen die Einträge weiterhin deutlich oberhalb der Belastungsgrenzen («Critical Loads»).

Auch im Siedlungsraum macht sich die Nutzungsintensität bemerkbar: Mit steigendem Siedlungsanteil sinkt die Zahl der Tagfalterindividuen deutlich, auch wenn unversiegelte Restflächen innerhalb der Siedlung erstaunlich artenreich sein können.

Im Gewässer zeigt sich der Einfluss der Landwirtschaft direkt in den Artengemeinschaften: An den BDM-Messstellen im intensiv genutzten Mittelland und Jura ist der Anteil der Individuen, die zu pflanzenschutzmittelempfindlichen Arten bzw. Familien gehören, deutlich geringer als im Alpenraum. Dieser Anteil wird als SPEAR-Index ausgedrückt. Je mehr landwirtschaftlich genutzte Fläche im Einzugsgebiet einer Messstelle liegt, insbesondere Kulturen mit hohem Pflanzenschutzmitteleinsatz, desto tiefer fällt er aus. Seit Messbeginn 2010 hat sich der SPEAR-Index nicht verbessert, in der montanen Stufe hat er sich sogar leicht verschlechtert.



Anteil der Individuen pflanzenschutzmittelempfindlicher Arten bzw. Familien (SPEAR-Index) an den BDM-Messstellen, in Abhängigkeit von der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Einzugsgebiet. Mit steigendem Flächenanteil, insbesondere von Kulturen mit hohem Pflanzenschutzmitteleinsatz, sinkt dieser Anteil.

Es gibt aber auch Gegenbeispiele: In Biodiversitätsförderflächen (BFF) leben rund ein Drittel mehr Individuen anspruchsvoller Tagfalterarten des Kulturlands als in Nicht-BFF-Flächen und etwa doppelt so viele Gefässpflanzenarten. Eine standortangepasste, schonende Bewirtschaftung zeigt also Wirkung, wo sie stattfindet.

Klimawandel und Nutzung verschieben die Artengemeinschaften nach oben, doch die Alpen sind kein sicherer Rückzugsort.

Immer mehr Arten wandern in höhere Lagen, während spezialisierte und kälteliebende Arten weiter unter Druck stehen. Die Alpen gewinnen dadurch an Bedeutung, die extensivere Bewirtschaftung und das kühlere Klima machen sie zunehmend zu einem wichtigen Rückzugsort. Ein sicherer Rückzugsort sind sie deswegen aber nicht. Für die hochalpinen Arten schrumpft der Lebensraum von unten her: Wärmeliebende Arten rücken nach, ein Ausweichen nach oben ist kaum möglich, weil die Flächen mit zunehmender Höhe kleiner werden und am Gipfel enden. Entsprechend entwickeln sich bei den Tagfaltern gerade die hochalpinen und kälteliebenden Arten mehrheitlich negativ. Auch im Alpenraum gleichen sich die Artengemeinschaften zunehmend an.

Résumé

Depuis 2001, le Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD) relève, selon des méthodes standardisées, l'état et l'évolution à long terme de la diversité des espèces en Suisse. Les surfaces d'échantillonnage sont réparties selon une grille régulière sur l'ensemble du pays, qu'une surface soit protégée ou exploitée de manière intensive : dans les zones agricoles, en forêt, dans les zones urbanisées et en haute montagne. Les plantes vasculaires, les papillons diurnes, les oiseaux nicheurs, les mousses, les mollusques et les insectes aquatiques sont relevés sur trois réseaux de mesure. Le MBD reflète ainsi la diversité moyenne des espèces en Suisse et son évolution.

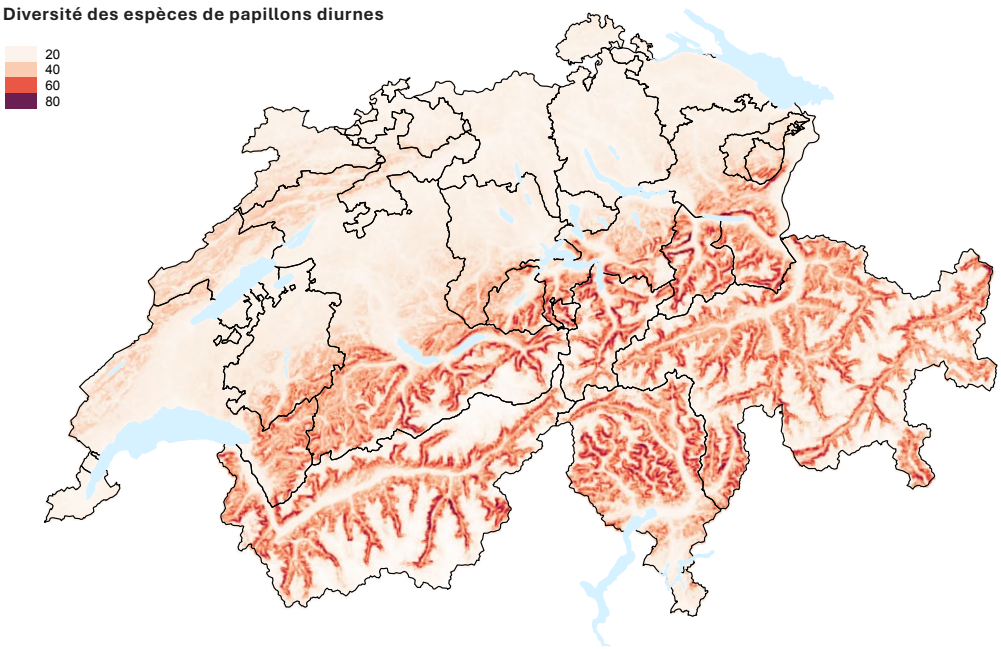
Un cycle complet de relevés dure cinq ans. La fin d'une telle période quinquennale, fin 2025, après 25 ans de MBD, est l'occasion de présenter une vue d'ensemble du programme, de travaux importants et de résultats choisis. Le rapport ne prétend être exhaustif ni en ce qui concerne les analyses liées au MBD, ni en ce qui concerne l'évolution de la biodiversité en Suisse dans son ensemble. Son objectif principal est de mettre à disposition les résultats actuels de tous les indicateurs du MBD.

Les programmes fédéraux ALL-EMA, WBS et NAWA, qui suivent l'évolution de la biodiversité dans certains écosystèmes et évaluent les effets des mesures, utilisent les données ou les résultats du MBD pour renforcer l'interprétation et la portée de leurs propres résultats. Cinq programmes de monitoring cantonaux s'appuient sur la méthode du MBD. Ces synergies, la répartition régulière des échantillons dans tous les milieux de toute la Suisse ainsi que la pertinence croissante du programme grâce à une série temporelle qui couvre désormais 25 ans font du MBD une base indispensable pour les rapports périodiques sur l'état de la biodiversité et sur la politique de protection de la nature en Suisse.

Le MBD dispose de longues séries temporelles sur l'évolution de la diversité des espèces largement répandues en Suisse.

Lorsque le MBD a commencé ses relevés en 2001, les pertes les plus importantes de diversité des espèces en Suisse appartenaient déjà au passé. On sait que la Suisse a perdu au XXe siècle de nombreux milieux riches en espèces, notamment des marais, des prairies et pâturages secs et des zones alluviales. Des études comparant des relevés historiques et des observations avec des données actuelles montrent que la diversité des espèces de papillons diurnes et de plantes était nettement plus élevée au début du XXe siècle, en particulier sur le Plateau.

Ce faible niveau de diversité des espèces est particulièrement marqué en basse altitude. En raison de l'agriculture intensive et de l'urbanisation, la diversité des espèces y est aujourd'hui nettement plus faible que celle que l'on rencontre encore aux étages montagnard et subalpin des Alpes. Le potentiel serait pourtant plus élevé en basse altitude qu'en altitude.



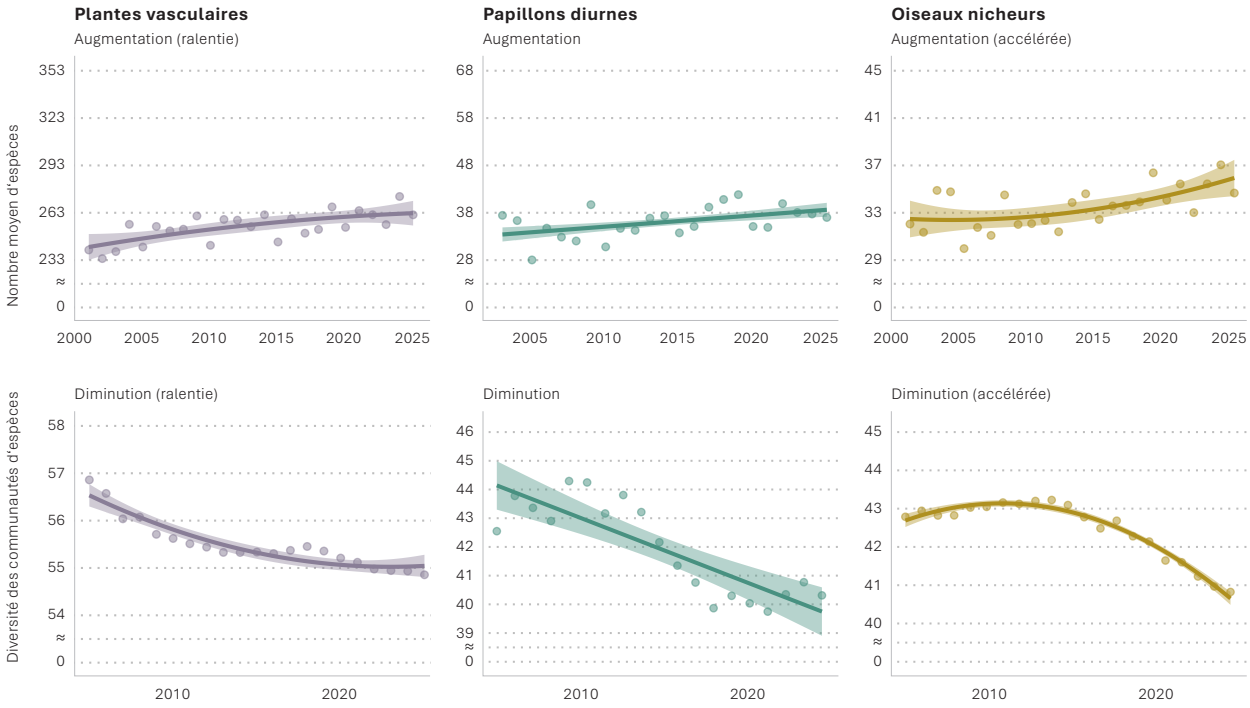
Répartition de la diversité des espèces de papillons diurnes en Suisse, 2020–2024, par km^2. Les valeurs faibles caractérisent les basses altitudes (Plateau, Jura, grandes vallées alpines), les valeurs nettement plus élevées les régions de montagne.

Depuis 2001, le nombre d'espèces à l'échelle du paysage augmente toutefois à nouveau. Un examen plus attentif de ce chiffre montre cependant que ce sont surtout les mêmes espèces, déjà fréquentes, qui s'étendent.

Plus d'espèces, mais toujours les mêmes : les communautés d'espèces de Suisse se ressemblent de plus en plus.

À l'échelle du paysage, le nombre d'espèces augmente depuis le début des relevés, aussi bien chez les plantes vasculaires que chez les papillons diurnes et les oiseaux nicheurs. Dans le même temps, la composition des communautés d'espèces a changé : les paysages se ressemblent de plus en plus sur le plan de la composition en espèces. On parle d'« homogénéisation biotique » des communautés d'espèces.

Cette homogénéisation s'explique par le fait que ce sont surtout des espèces déjà fréquentes et généralement peu exigeantes quant à leur habitat qui s'étendent. Chez les papillons diurnes, par exemple, le Tabac d'Espagne *(Argynnis paphia),* le Myrtil *(Maniola jurtina)* ou le Demi-Deuil *(Melanargia galathea)* s'étendent au sein de leur aire de répartition, tandis que l'Azuré du trèfle *(Cupido argiades)* s'établit nouvellement dans toute la Suisse. Dans les surfaces herbagères, il s'agit de petites espèces végétales des gazons fréquemment tondus ou des milieux perturbés, comme la Renoncule rampante *(Ranunculus repens)* ou la Brunelle commune *(Prunella vulgaris)*.



Évolution temporelle du nombre moyen d‘espèces (en haut) et de la diversité des communautés d‘espèces (en bas) des plantes vasculaires, des papillons diurnes et des oiseaux nicheurs en Suisse, 2001–2025. Le nombre d‘espèces augmente dans les trois groupes, tandis que la diversité des communautés d‘espèces diminue : les paysages ne s‘appauvrissent pas en espèces, mais se ressemblent davantage.

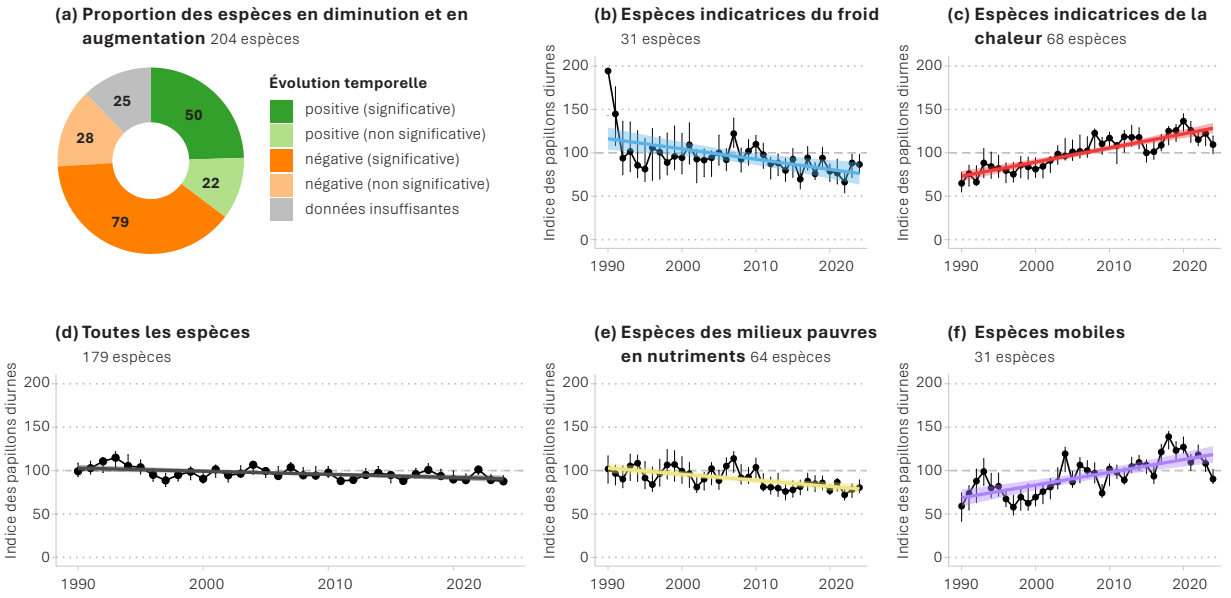
Ce qui a augmenté, c‘est le nombre moyen d‘espèces par paysage, c‘est-à-dire le nombre d‘espèces qui coexistent sur une surface d‘échantillonnage. Cette hausse en dit peu sur la diversité des espèces de la Suisse dans son ensemble : il s‘agit surtout d‘espèces qui étaient déjà fréquentes et largement répandues auparavant, qui apparaissent aujourd‘hui en plus, et ce partout dans des combinaisons similaires. Les paysages deviennent donc plus riches en espèces et, en même temps, plus semblables.

C‘est chez les papillons diurnes que cette recomposition des communautés d‘espèces peut être retracée le plus précisément, grâce à la combinaison des données du MBD et d‘info fauna.

L‘indice des papillons diurnes montre quelles caractéristiques écologiques distinguent les espèces gagnantes des espèces perdantes. Les perdantes sont majoritaires.

L‘indice des papillons diurnes combine les données du MBD avec les observations d‘info fauna et reflète ainsi les tendances des populations de 179 des quelque 230 espèces de papillons diurnes et de zygènes présentes en Suisse. Dans l‘ensemble, les espèces dont la répartition diminue sont plus nombreuses que celles dont la répartition augmente.

L‘appartenance d‘une espèce aux espèces gagnantes ou aux perdantes dépend de ses exigences. Les espèces indicatrices du froid et les espèces des milieux pauvres en nutriments évoluent majoritairement de manière négative, les espèces indicatrices de la chaleur et les espèces mobiles (qui peuvent coloniser rapidement de nouveaux territoires) majoritairement de manière positive. Parmi les espèces perdantes figure par exemple le Chamoisé des glaciers *(Oeneis glacialis),* parmi les gagnantes le Tabac d‘Espagne *(Argynnis paphia)* et l’Azuré du trèfle *(Cupido argiades)*.



Évolution des populations de 179 espèces de papillons diurnes et de zygènes depuis 1990, sur la base des données combinées du MBD et d'info fauna. (a) Proportion des espèces présentant une tendance positive ou négative. (b–f) Évolution par groupe d'espèces : les espèces indicatrices du froid et les espèces des milieux pauvres en nutriments diminuent, les espèces indicatrices de la chaleur et les espèces mobiles augmentent. L'évolution pour l'ensemble des espèces est légèrement négative (d). Le diagramme circulaire (a) comprend 204 espèces : les 179 espèces avec tendance et 25 espèces aux données insuffisantes.

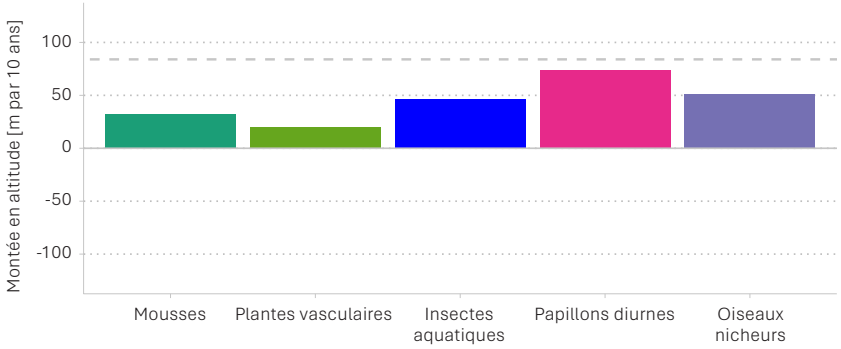
Les espèces en augmentation sont certes moins nombreuses, mais leur progression est d'autant plus forte. Cela explique une partie de l'homogénéisation : quelques espèces adaptables s'étendent fortement et marquent ainsi de plus en plus les communautés d'espèces.

Derrière bon nombre de ces changements se cache un même moteur : le changement climatique.

Les effets du changement climatique sont mesurables et leur ampleur varie selon les groupes d'espèces.

Depuis le tournant du millénaire, les données du MBD montrent des déplacements rapides en altitude chez les groupes d'espèces étudiés. Les espèces indicatrices de la chaleur s'étendent, tandis que les espèces indicatrices du froid se retirent vers des altitudes plus élevées. Le changement climatique est un moteur évident de ces changements.

La netteté de cette remontée en altitude dépend de la capacité d'adaptation : les espèces mobiles fuient le réchauffement en se déplaçant, ce que le MBD mesure directement. Le déplacement est donc le plus marqué chez les papillons diurnes, suivis des oiseaux nicheurs et des insectes aquatiques ; les plantes vasculaires, liées à leur emplacement, réagissent par d'autres voies, par exemple par des changements de densité des populations, et donc avec un certain retard. Globalement, la montée en altitude mesurée pour tous les groupes reste inférieure à ce que l'on pourrait attendre de la seule hausse des températures.



Montée moyenne en altitude des groupes d'espèces, déduite du changement de la valeur indicatrice moyenne de température des communautés d'espèces depuis 2001. La ligne pointillée indique le déplacement que l'on pourrait attendre de la seule hausse mesurée des températures : tous les groupes restent en dessous, les papillons diurnes s'approchant encore le plus de la ligne.

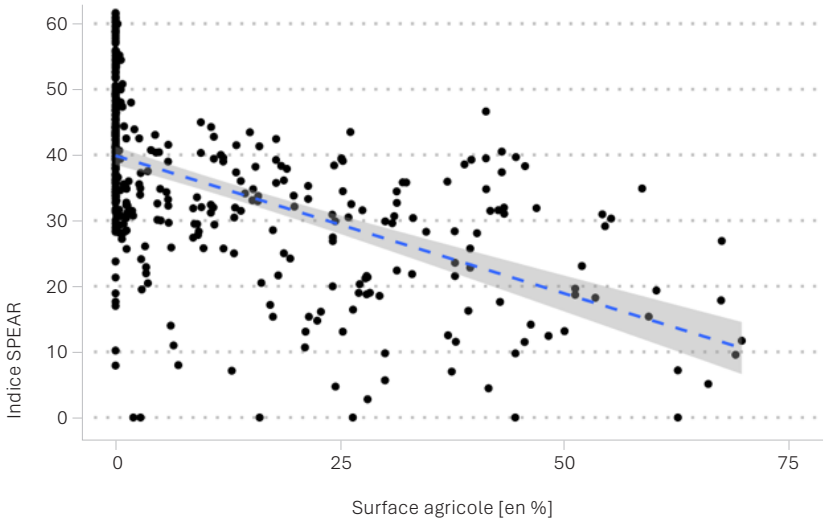
Le changement climatique n'agit toutefois pas de manière isolée. L'intensité d'utilisation d'une surface marque la diversité des espèces tout aussi fortement, et l'utilisation contribue à déterminer si les espèces peuvent tout simplement suivre le réchauffement : la montée en altitude suppose que des habitats appropriés soient connectés le long du gradient altitudinal. Là où des surfaces exploitées intensivement interrompent cette connexion, un déplacement n'a pas lieu, même si une espèce était suffisamment mobile.

L'intensité d'utilisation a un effet visible sur la diversité des espèces, en milieu terrestre comme en milieu aquatique.

Outre le climat, l'utilisation du sol fait partie des principaux facteurs qui influencent la biodiversité. En basse altitude, ce sont surtout des espèces de plantes vasculaires tolérantes aux perturbations et à courte durée de vie qui augmentent, comme le Géranium fluet *(Geranium pusillum)* ou la Sabline à feuilles de serpolet *(Arenaria serpyllifolia)*. Les apports d'azote atmosphérique laissent eux aussi des traces : ils favorisent quelques espèces nitrophiles et évincent les espèces typiques et spécialisées des stations pauvres en nutriments. Les émissions d'azote ont certes à nouveau diminué depuis leur niveau maximal, mais la diversité végétale ne s'en remet jusqu'à présent que lentement, et dans les milieux précieux, les apports restent nettement supérieurs aux seuils de tolérance (« charges critiques »).

Dans les zones urbanisées aussi, l'intensité d'utilisation se fait sentir : plus la part de surface urbanisée augmente, plus le nombre d'individus de papillons diurnes diminue nettement, même si les surfaces résiduelles non imperméabilisées au sein des zones bâties peuvent être étonnamment riches en espèces.

Dans les cours d'eau, l'influence de l'agriculture se reflète directement dans les communautés d'espèces : aux stations de mesure du MBD situées sur le Plateau et dans le Jura, où l'utilisation agricole est intensive, la proportion d'individus appartenant à des espèces ou familles sensibles aux produits phytosanitaires est nettement plus faible que dans l'espace alpin. Cette proportion est exprimée par l'indice SPEAR. Plus la surface agricole est importante dans le bassin versant d'une station de mesure, en particulier les cultures à forte utilisation de produits phytosanitaires, plus l'indice est faible. Depuis le début des mesures en 2010, l'indice SPEAR ne s'est pas amélioré ; à l'étage montagnard, il s'est même légèrement dégradé.



Proportion d'individus d'espèces ou de familles sensibles aux produits phytosanitaires (indice SPEAR) aux stations de mesure du MBD, en fonction de la surface agricole dans le bassin versant. Plus la part de surface augmente, en particulier celle des cultures à forte utilisation de produits phytosanitaires, plus cette proportion diminue.

Il existe toutefois aussi des contre-exemples : les surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) abritent environ un tiers d'individus en plus d'espèces exigeantes de papillons diurnes des milieux agricoles que les autres surfaces, et environ deux fois plus d'espèces de plantes vasculaires. Une exploitation respectueuse et adaptée aux conditions locales porte donc ses fruits là où elle est pratiquée.

Le changement climatique et l'utilisation du sol déplacent les communautés d'espèces vers le haut, mais les Alpes ne sont pas un refuge sûr.

De plus en plus d'espèces migrent vers des altitudes plus élevées, tandis que les espèces spécialisées et affectionnant le froid restent sous pression. Les Alpes gagnent ainsi en importance : l'exploitation plus extensive et le climat plus frais en font de plus en plus un refuge important. Elles ne sont pas pour autant un refuge sûr. Pour les espèces de haute montagne, l'habitat se réduit par le bas : des espèces thermophiles progressent, et les marges de progression vers le haut sont réduites, car les surfaces diminuent avec l'altitude et s'arrêtent au sommet. En conséquence, chez les papillons diurnes, ce sont justement les espèces de haute montagne et affectionnant le froid qui évoluent majoritairement de manière négative. Dans l'espace alpin aussi, les communautés d'espèces se ressemblent de plus en plus.

Riassunto

Dal 2001 il Monitoraggio della Biodiversità in Svizzera (MBD) rileva con metodi standardizzati lo stato e l'evoluzione a lungo termine della diversità delle specie in Svizzera. Le superfici di campionamento sono distribuite secondo un reticolo regolare su tutto il territorio svizzero, indipendentemente dal fatto che una superficie sia protetta o sfruttata intensivamente: nelle zone agricole, nel bosco, negli insediamenti, in alta montagna. Su tre reti di misurazione vengono rilevati piante vascolari, farfalle diurne, uccelli nidificanti, muschi, molluschi e insetti acquatici. Il MBD rappresenta così la diversità media delle specie in Svizzera e la sua evoluzione.

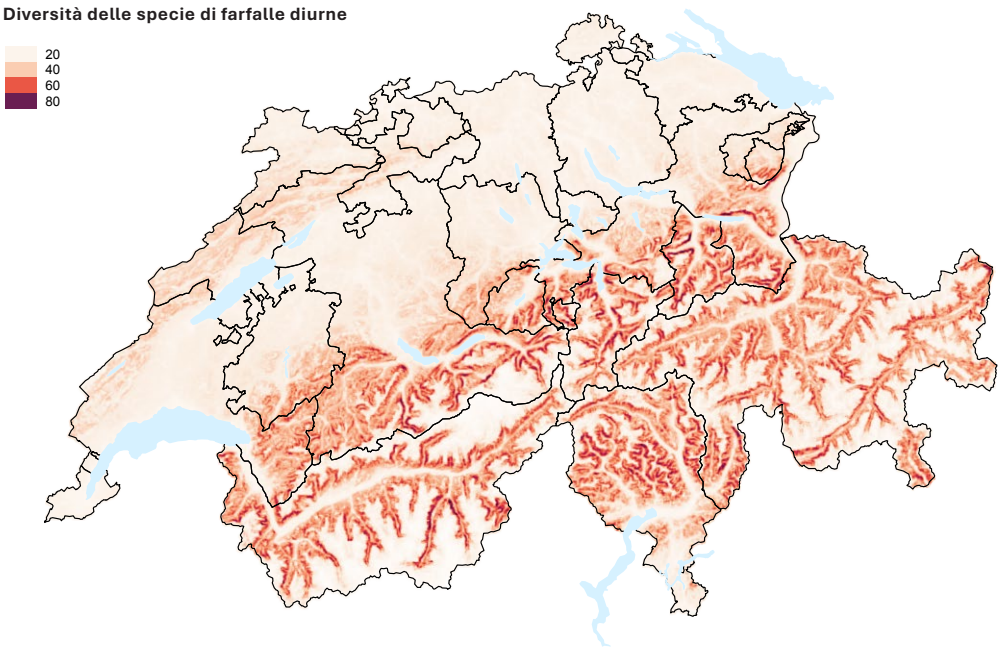
Un ciclo completo di rilevamento dura cinque anni. La conclusione di un tale periodo quinquennale alla fine del 2025, dopo ormai 25 anni di MBD, è l'occasione per offrire una panoramica del programma, dei lavori importanti e dei risultati selezionati. Il rapporto non ha la pretesa di essere esaustivo né riguardo alle analisi legate al MBD né riguardo all'evoluzione della biodiversità in Svizzera nel suo complesso. Il suo obiettivo principale è rendere disponibili i risultati attuali per tutti gli indicatori del MBD.

I programmi federali ALL-EMA, WBS e NAWA, che seguono l'evoluzione della biodiversità in determinati ecosistemi e valutano gli effetti delle misure, utilizzano i dati o i risultati del MBD per rafforzare l'interpretazione e la significatività dei propri risultati. Cinque programmi di monitoraggio cantonali si basano sul metodo del MBD. Queste sinergie, la distribuzione uniforme dei campioni in tutti gli ambienti di tutta la Svizzera e la crescente significatività del programma grazie a una serie temporale, che copre ormai 25 anni, fanno del MBD una base indispensabile per il rendiconto periodico sullo stato della biodiversità e sulla politica di protezione della natura in Svizzera.

Il MBD dispone di una lunga serie temporale sull'evoluzione della diversità delle specie ampiamente diffuse in Svizzera.

Nel 2001, quando il MBD ha iniziato i rilevamenti, le maggiori perdite di diversità delle specie in Svizzera erano già avvenute. È noto che nel XX secolo la Svizzera ha perso molti ambienti ricchi di specie, soprattutto paludi, zone golenali, prati e pascoli secchi. Studi che confrontano rilevamenti storici e segnalazioni con dati attuali mostrano che all'inizio del XX secolo la diversità delle specie di farfalle diurne e di piante era nettamente più elevata, in particolare sull'Altopiano.

Il basso livello della diversità delle specie si manifesta in particolare nelle quote inferiori. Qui, a causa dell'agricoltura intensiva e dell'urbanizzazione, la diversità delle specie è oggi nettamente più bassa rispetto a quella che si può ancora osservare nei piani montani e subalpini delle Alpi. Eppure, il potenziale sarebbe in realtà più elevato nelle quote inferiori rispetto a quelle superiori.



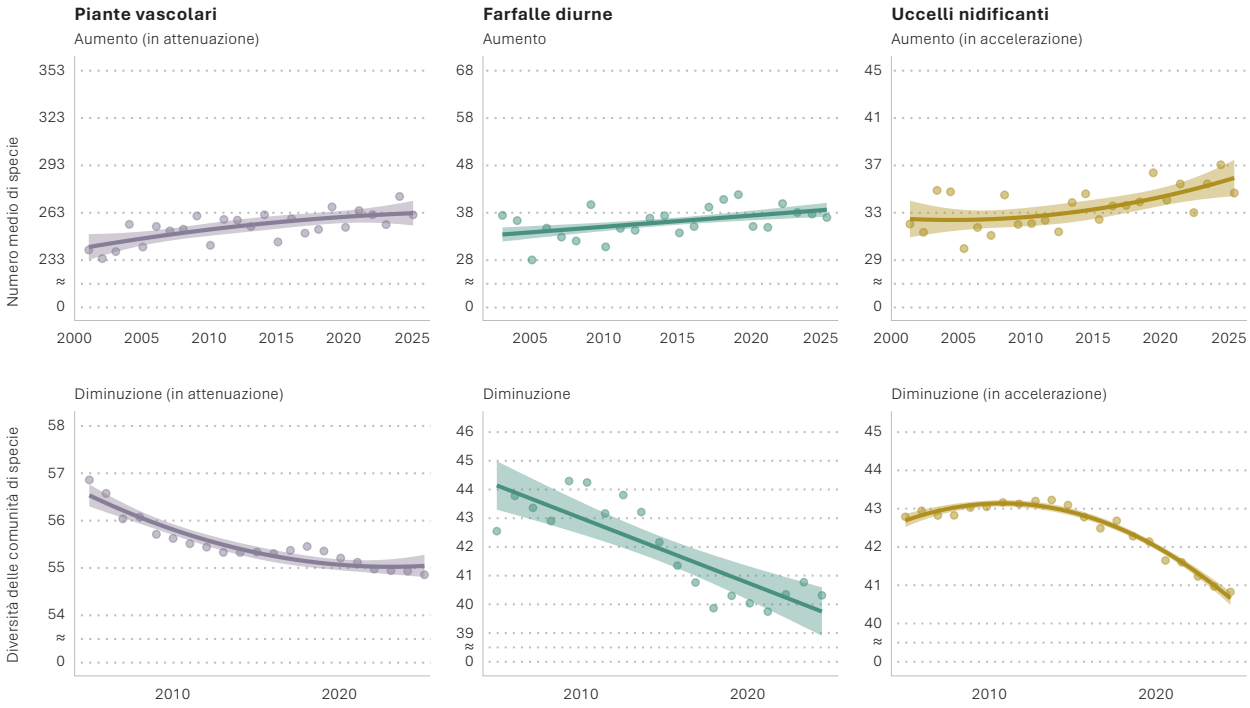
Distribuzione della diversità delle specie di farfalle diurne in Svizzera, 2020–2024, per km^2.
Valori bassi caratterizzano le quote inferiori (Altopiano, Giura, grandi valli alpine), valori nettamente più elevati le regioni di montagna.

Dal 2001, tuttavia, il numero di specie a livello di paesaggio è di nuovo in aumento. Uno sguardo dietro questo dato mostra però che a espandersi sono soprattutto le stesse specie già comuni.

Più specie, ma sempre le stesse: le comunità di specie della Svizzera diventano sempre più simili.

A livello di paesaggio il numero di specie aumenta dall'inizio delle misurazioni, allo stesso modo per le piante vascolari, le farfalle diurne e gli uccelli nidificanti. Allo stesso tempo, però, è cambiata anche la composizione delle comunità di specie: in termini di composizione delle specie, i paesaggi si assomigliano sempre di più. Si parla di «omogeneizzazione biotica» delle comunità di specie.

Questa omogeneizzazione è dovuta al fatto che a espandersi sono soprattutto specie già comuni e per lo più poco esigenti in termini di habitat. Tra le farfalle diurne, ad esempio, la Pafia *(Argynnis paphia)*, la Maniola comune *(Maniola jurtina)* o la Galatea *(Melanargia galathea)* si espandono all'interno del loro areale, mentre l'Argiade *(Cupido argiades)* si sta insediando ex novo in tutta la Svizzera. Nelle praterie si tratta di specie vegetali di piccola taglia tipiche di tappeti erbosi falciati di frequente o di ambienti disturbati, come il Ranuncolo strisciante *(Ranunculus repens)* o la Prunella comune *(Prunella vulgaris)*.



Evoluzione temporale del numero medio di specie (in alto) e della diversità delle comunità di specie (in basso) di piante vascolari, farfalle diurne e uccelli nidificanti in Svizzera, 2001–2025. Il numero di specie aumenta in tutti e tre i gruppi, mentre la diversità delle comunità di specie diminuisce: i paesaggi non diventano più poveri di specie, ma più simili tra loro.

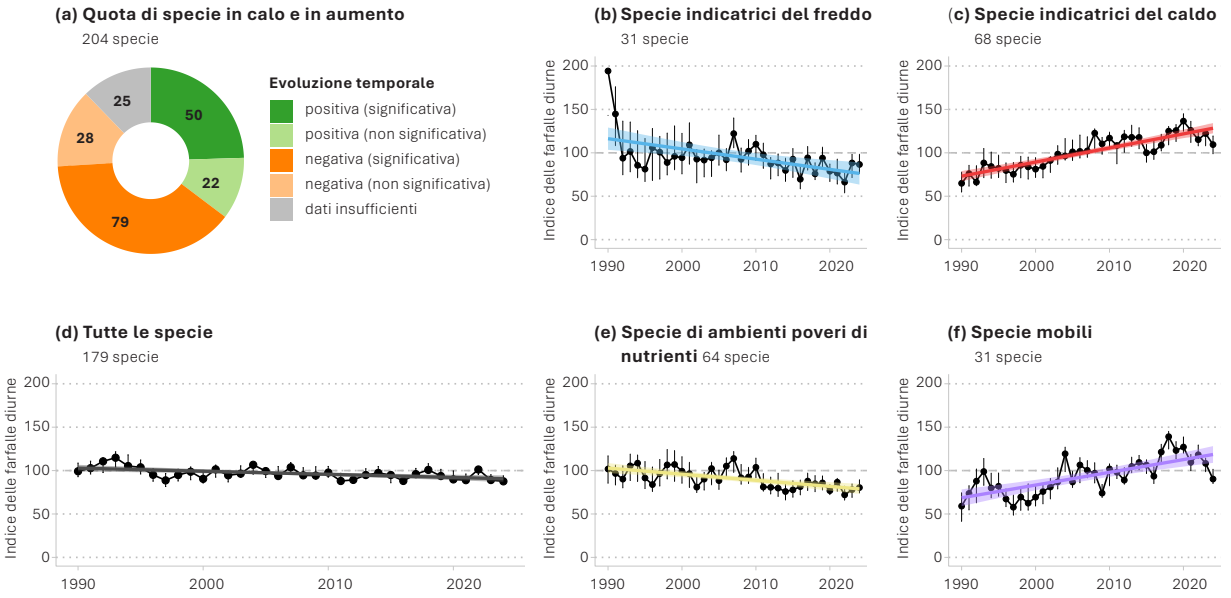
È aumentato il numero medio di specie per paesaggio, ossia il numero di specie che coesistono su una superficie di campionamento. Questo aumento dice poco sulla diversità delle specie della Svizzera nel suo complesso: si tratta soprattutto di specie che erano già comuni e ampiamente diffuse in precedenza, che oggi compaiono in aggiunta, e ovunque in combinazioni simili. I paesaggi diventano quindi più ricchi di specie e allo stesso tempo più simili tra loro.

Questa trasformazione delle comunità di specie può essere ricostruita con maggiore precisione nelle farfalle diurne, grazie alla combinazione dei dati del MBD e di info fauna.

L'indice delle farfalle diurne mostra quali caratteristiche ecologiche distinguono le specie vincenti da quelle perdenti. Prevalgono le perdenti.

L'indice delle farfalle diurne combina i dati del MBD con le segnalazioni di info fauna rappresentando così le tendenze delle popolazioni di 179 delle circa 230 specie di farfalle diurne e zigene presenti in Svizzera. Nel complesso, le specie con distribuzione in calo sono più numerose di quelle con distribuzione in aumento.

Se una specie rientra tra le vincenti o le perdenti dipende dalle sue esigenze. Le specie indicatrici del freddo e le specie di ambienti poveri di nutrienti evolvono per lo più negativamente, le specie indicatrici del caldo e le specie mobili (in grado di colonizzare rapidamente nuove aree) per lo più positivamente. Tra le perdenti vi è, ad esempio, la Satiride dei ghiacci *(Oeneis glacialis)*, tra le vincenti la Pafia *(Argynnis paphia)* e l'Argiade *(Cupido argiades)*.



Evoluzione delle popolazioni di 179 specie di farfalle diurne e zigene dal 1990, sulla base dei dati combinati del MBD e di info fauna. (a) Quota di specie con tendenza positiva o negativa. (b–f) Evoluzione per gruppi di specie: le specie indicatrici del freddo e quelle di ambienti poveri di nutrienti diminuiscono, le specie indicatrici del caldo e quelle mobili aumentano. L'evoluzione sull'insieme delle specie è leggermente negativa (d). Il diagramma ad anello (a) comprende 204 specie: le 179 specie con tendenza e 25 specie con dati insufficienti.

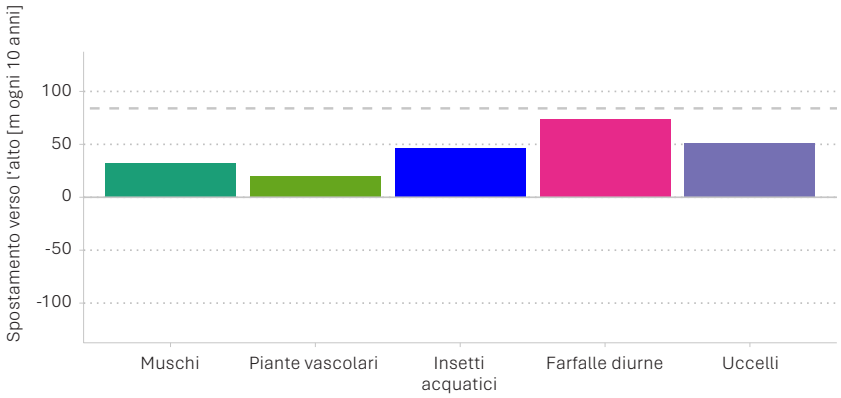
Le specie in aumento sono meno numerose, ma registrano una crescita tanto più marcata. Questo spiega in parte l'omogeneizzazione: poche specie adattabili si espandono fortemente e caratterizzano sempre di più le comunità di specie.

Dietro a molti di questi cambiamenti c'è lo stesso fattore determinante: il cambiamento climatico.

Gli effetti del cambiamento climatico sono misurabili e la loro entità varia a seconda del gruppo di specie.

Dall'inizio del millennio, i dati del MBD mostrano rapidi spostamenti altitudinali nei gruppi di specie studiati. Le specie indicatrici del caldo si espandono, quelle indicatrici del freddo si ritirano a quote più elevate. Un evidente fattore determinante di questi mutamenti è il cambiamento climatico.

Quanto chiaramente si manifesti lo spostamento verso l'alto, dipende dalla capacità di adattamento: le specie mobili sfuggono al riscaldamento spostandosi nello spazio, cosa che il MBD misura direttamente. Lo spostamento è quindi più marcato nelle farfalle diurne, seguite dagli uccelli nidificanti e dagli insetti acquatici; le piante vascolari, legate al proprio sito, reagiscono per altre vie, ad esempio, attraverso variazioni della densità delle popolazioni, e di conseguenza con ritardo. Nel complesso, lo spostamento verso l'alto, misurato per tutti i gruppi, resta inferiore rispetto a quanto ci si attenderebbe basandosi sul solo aumento della temperatura.



Spostamento medio verso l'alto dei gruppi di specie, derivato dalla variazione del valore indicatore medio di temperatura delle comunità di specie dal 2001. La linea tratteggiata indica lo spostamento che ci si attenderebbe in base al solo aumento della temperatura misurato: tutti i gruppi restano al di sotto, le farfalle diurne meno di tutti.

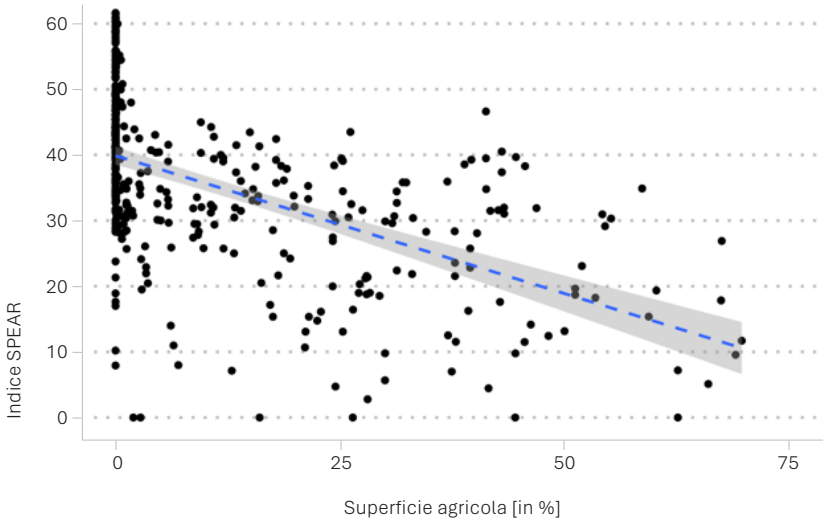
Il cambiamento climatico non agisce tuttavia in modo isolato. L'intensità con cui una superficie viene utilizzata incide sulla diversità delle specie in egual misura e contribuisce a determinare se le specie sono in grado di seguire il riscaldamento: lo spostamento verso l'alto presuppone che habitat idonei siano collegati lungo il gradiente altitudinale. Laddove superfici sfruttate intensivamente interrompono questo collegamento, lo spostamento non avviene, anche se una specie fosse sufficientemente mobile.

L'intensità di utilizzo ha effetti visibili sulla diversità delle specie, sulla terraferma così come nei corsi d'acqua.

Oltre al clima, l'utilizzazione del suolo è uno dei principali fattori che influenzano la biodiversità. Alle quote inferiori aumentano soprattutto specie di piante vascolari, tolleranti ai disturbi e di breve durata, come il Geranio minore *(Geranium pusillum)* o l'Arenaria serpillifoglia *(Arenaria serpyllifolia)*. Anche gli apporti di azoto dall'atmosfera lasciano tracce: favoriscono poche specie nitrofile e soppiantano le specie tipiche e specializzate dei siti poveri di nutrienti. Le emissioni di azoto sono sì diminuite rispetto al loro picco, ma finora la diversità vegetale si riprende solo lentamente, e negli ambienti pregiati gli apporti restano nettamente al di sopra dei limiti di carico («carichi critici»).

Anche negli insediamenti l'intensità di utilizzo si fa sentire: con l'aumentare della quota di superficie insediativa, il numero di individui di farfalle diurne diminuisce nettamente, anche se le superfici residue non impermeabilizzate all'interno degli insediamenti possono essere sorprendentemente ricche di specie.

Nei corsi d'acqua l'influsso dell'agricoltura si riflette direttamente nelle comunità di specie: nelle stazioni di misura del MBD situate sull'Altopiano e nel Giura, dove lo sfruttamento è intensivo, la quota di individui appartenenti a specie o famiglie sensibili ai prodotti fitosanitari è nettamente inferiore rispetto alla regione alpina. Questa quota è espressa dall'indice SPEAR. Più superficie agricola, in particolare colture con un elevato impiego di prodotti fitosanitari, si trova nel bacino idrografico di una stazione di misura, più basso risulta l'indice. Dall'inizio delle misurazioni, nel 2010, l'indice SPEAR non è migliorato; nel piano montano è addirittura leggermente peggiorato.



Quota di individui di specie o famiglie sensibili ai prodotti fitosanitari (indice SPEAR) nelle stazioni di misura del MBD, in funzione della superficie agricola nel bacino idrografico. Con l'aumentare della quota di superficie, in particolare di colture con un elevato impiego di prodotti fitosanitari, diminuisce questa quota.

Esistono però anche esempi contrari: nelle superfici per la promozione della biodiversità (SPB) vivono circa un terzo in più di individui di specie esigenti di farfalle diurne delle aree coltive rispetto alle altre superfici, e circa il doppio delle specie di piante vascolari. Una gestione rispettosa e adeguata al sito ha dunque effetto laddove viene praticata.

Cambiamento climatico e utilizzazione del suolo spostano le comunità di specie verso l'alto, ma le Alpi non sono un rifugio sicuro.

Sempre più specie migrano verso quote più elevate, mentre le specie specializzate e amanti del freddo restano sotto pressione. Le Alpi acquistano così importanza: la gestione più estensiva e il clima più fresco ne fanno sempre più un importante rifugio. Ciò non significa però che siano un rifugio sicuro. Per le specie d'alta montagna l'habitat si restringe dal basso: le specie amanti del caldo avanzano e uno spostamento verso l'alto è difficilmente possibile, perché le superfici diminuiscono con l'altitudine e terminano in vetta. Di conseguenza, tra le farfalle diurne sono proprio le specie d'alta montagna e amanti del freddo a evolvere per lo più negativamente. Anche nella regione alpina le comunità di specie diventano sempre più simili.

1. Aufgabe des BDM und Ziel des Berichtes

Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Konvention von Rio 1992) verlangt unter anderem, dass die Vertragsstaaten die Biodiversität auf ihrem Gebiet untersuchen und beobachten. Das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) ist seit 2001 das Kernprogramm zur Überwachung der Biodiversität gemäss Art. 27a Abs. 1 NHV. Es konzentriert sich auf repräsentative Aussagen zu Trends der Biodiversität in der Schweiz und ihren Grossregionen.

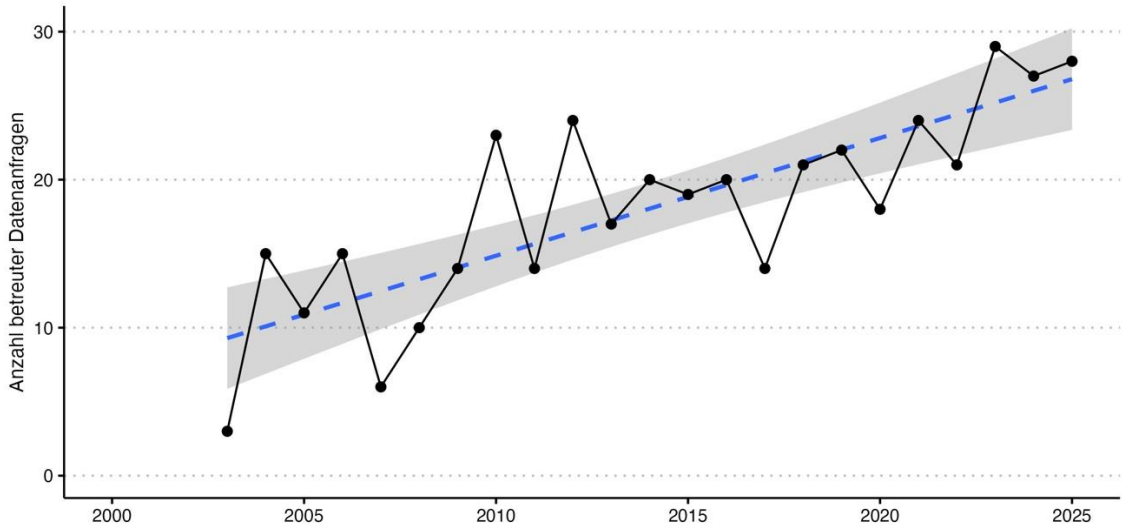
Mit dem BDM wird die langfristige Entwicklung der Artenvielfalt ausgewählter Organismengruppen erfasst, wobei das Augenmerk auf die Erhebung häufiger und verbreiteter Arten gerichtet ist. Das BDM hat zum Ziel, repräsentative Aussagen zur Artenvielfalt für die gesamte Schweiz zu ermöglichen. Die Entwicklung der Artenvielfalt wird überall, das heisst auch auf intensiv genutzten Flächen, gemessen. So lassen sich Aussagen zur durchschnittlichen Schweizer Landschaft machen. Diese Aussagen beruhen auf Daten zu Gefässpflanzen, Tagfaltern, Brutvögeln, Moosen, Mollusken und Gewässerinsekten. Ein voller Erhebungszyklus für die Gesamtstichproben der verschiedenen Messnetze (Kapitel 2) im BDM dauert 5 Jahre. 2025 endet eine entsprechende fünfjährige Vertragsperiode.

Ein einzelner Erhebungszyklus ist nicht isoliert zu betrachten. Erst wenn diese Daten mit der Langzeit-Datenreihe des BDM kombiniert werden, verbessern sie das Verständnis der mittel- und langfristigen Trends. Das BDM erstellt bzw. veröffentlicht fortlaufend Analysen. Wir nehmen den Abschluss der Fünfjahresperiode zum Anlass, eine kurze Gesamtsicht zum BDM, wichtigen Arbeiten und ausgewählten Resultaten zu machen. Der Fokus liegt mehrheitlich auf den vergangenen 5 Jahren.

Der vorliegende Bericht erhebt weder Anspruch auf Vollständigkeit zu Analysen im Zusammenhang mit dem BDM noch zur Biodiversitätsentwicklung in der Schweiz insgesamt. Die präsentierten Resultate sind insbesondere in Verbindung mit den aktuellen Resultaten aus den anderen nationalen Monitoringprogrammen «Arten und Lebensräume Landwirtschaft» (ALL-EMA), «Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität» (NAWA) und der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS) zu betrachten (Bergamini, Ginzler, et al., 2025; Meier et al., 2025).

Zusätzlich zu programmeigenen Indikatoren und Produkten werden BDM-Daten für viele weitere Zwecke verwendet (s. Anhang A) und es erfolgen viele Auswertungen mit BDM-Daten ausserhalb des eigentlichen Monitoringprogramms (s. Anhang B). So wurden seit 2003 über 100 Artikel aus dem BDM selbst oder mit BDM-Daten publiziert. Für gezielte wissenschaftliche Analysen mit BDM-Daten erfolgt der Datenbezug über das BDM selbst. Die Datenanfragen nehmen fortlaufend zu (Abbildung 1). Die BDM-Daten werden aber laufend auch in die Datenbanken von InfoSpecies integriert und für weitere Produkte des Bundes wie die Roten Listen herangezogen (z.B. Kiebacher et al., 2023b; Bornand et al., 2016).

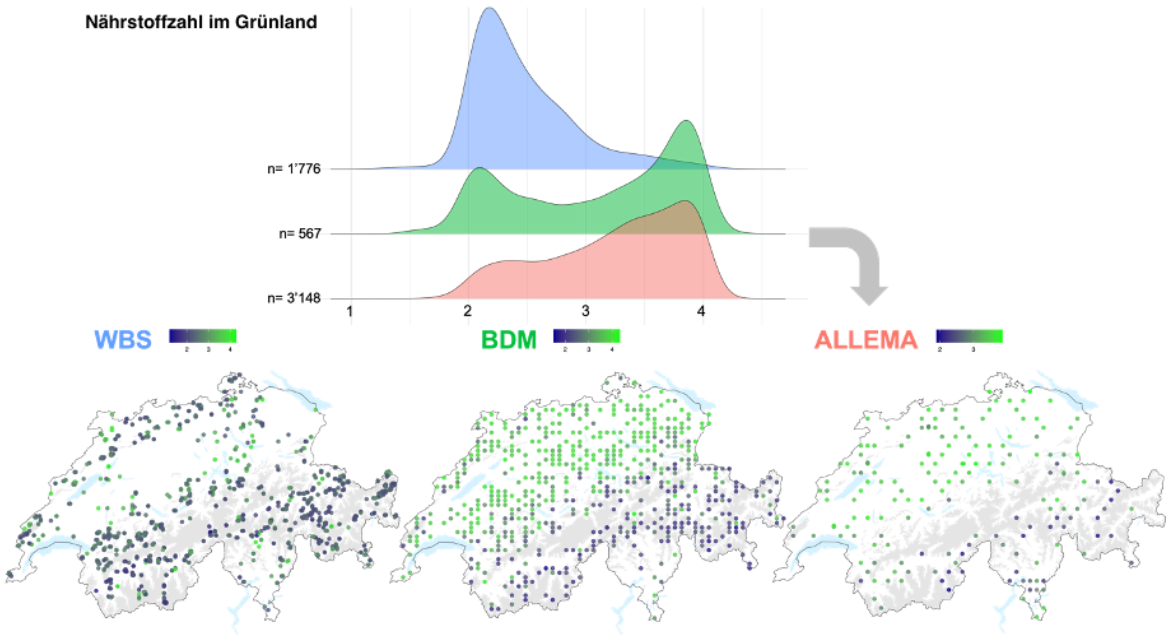
Abbildung 1: Anzahl der externen Datenanfragen pro Jahr seit 2003



Datenbezüge, die sich exklusiv auf BDM-Daten beschränken, in der Regel für wissenschaftliche Analysen. Zusätzlich werden die BDM-Daten bei Standardabfragen via InfoSpecies bezogen.

Um ein abgerundetes Bild für die periodische Berichterstattung zum Stand der Biodiversität und Naturschutzpolitik in der Schweiz zu erhalten, werden in den nationalen Monitoringprogrammen unterschiedliche Aspekte der Biodiversität erfasst. Das BDM überwacht dabei die Entwicklungen der Artenvielfalt repräsentativ für die ganze Schweiz, von intensiv genutzten Flächen im Landwirtschaftsgebiet über die Siedlungen und die Wälder bis hin zur Hochgebirgswildnis. Es stehen häufige und verbreitete Arten im Fokus. Folglich werden die Biodiversitätstrends vor allem anhand der Entwicklung der allgemein dominierenden weit verbreiteten und häufigen Arten verfolgt. Sonderstandorte mit speziellen Artvorkommen fallen dabei durch die Maschen. Diese werden aber teilweise in anderen Programmen erhoben, die im Gegensatz zum BDM als Wirkungskontrollen konzipiert sind, insbesondere in der WBS oder ALL-EMA. Die WBS konzentriert sich auf die Entwicklung der Biodiversität in Bundesinventargebieten (Flach- und Hochmoore, Auen, Trockenwiesen und -weiden sowie Amphibienlaichgebiete), ALL-EMA überwacht die Entwicklung der Biodiversität in der Agrarlandschaft und untersucht gezielt die Wirkung von Agrarumweltmassnahmen wie beispielsweise Biodiversitätsförderflächen. Beim Aufbau des BDM und bei sich später entwickelnden Programmen war es daher wichtig, die Kompatibilität zwischen den verschiedenen Programmen sicherzustellen oder zu optimieren. So dient das BDM als Referenz für andere Programme und die Programme ergänzen sich gegenseitig. Dies zeigt sich zum Beispiel anschaulich bei den mittleren Zeigerwerten im Grünland: Während die WBS einen deutlichen Schwerpunkt im nährstoffarmen und ALL-EMA im nährstoffreichen Grünland aufweist, deckt das BDM mit der systematischen Stichprobe den ganzen Gradienten bis in die hohen Lagen ab. Auch die räumliche Verteilung der Stichprobenflächen über die Landesfläche ergänzt sich gut zwischen den Programmen (Abbildung 2).

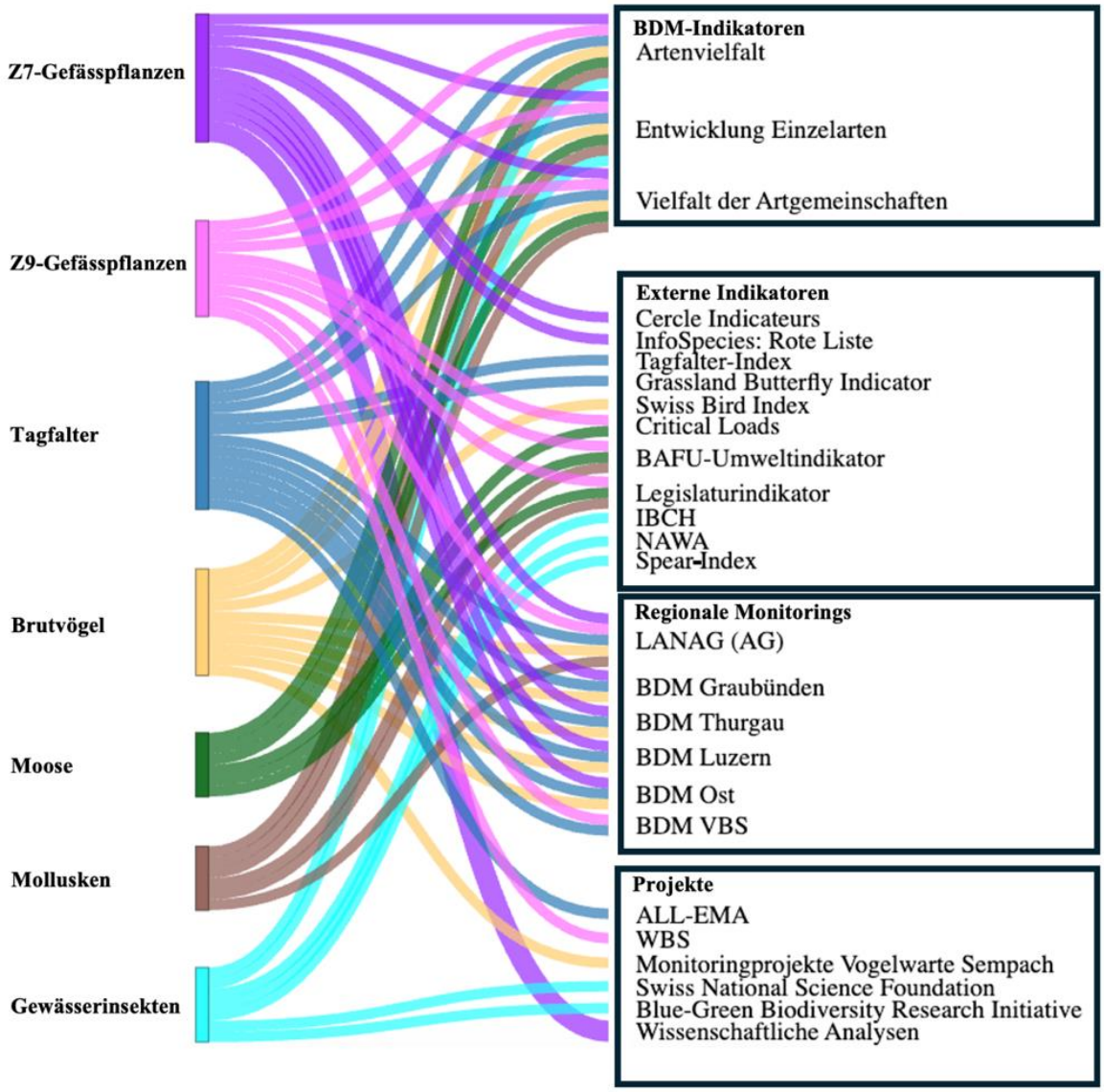
Abbildung 2: Dichteverteilung und räumliches Muster der Nährstoffzahl im Grünland



Dichteverteilung der abundanzgewichteten mittleren Nährstoffzahl im Grünland und das dahinterliegende räumliche Muster.

So weit als möglich wurde das BDM zudem auf internationale und ausländische Programme mit gleicher Zielsetzung abgestimmt. Somit werden BDM-Daten nicht nur für die BDM-eigenen Indikatoren und Analysen genutzt, sondern auch in diversen weiteren Programmen von anderen Institutionen (Abbildung 3, Anhang A).

Abbildung 3: Übersicht zur Nutzung von BDM-Daten für BDM-Indikatoren, externe Indikatoren in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen und Projekten mit externen Institutionen



Die Linien geben an, aus welchen Artengruppen aus den BDM-Erhebungen Daten in welche Indikatoren oder Projekte fliessen. Weitere Angaben zu Indikatoren, Monitoringprogrammen und Projekten s. Kapitel 5 «Begriffe» auf Seite 79 und Anhang A auf Seite 86.

2. Datengrundlage und Kennzahlen zum BDM

Dieses Kapitel vermittelt eine Übersicht über das Design der Messnetze des BDM, zeigt Kennzahlen aus den Monitorings und erklärt die Berechnung der Indikatoren. Es liefert keine detaillierten, technischen Informationen oder Methodenbeschreibungen. Ausführliche Beschreibungen zu den statistischen Berechnungen, den vorgenommenen methodischen Abklärungen zur Wahl der Messnetze und Straten sowie Anleitungen zu den Felderhebungen liegen in Form von technischen Berichten und Handbüchern vor.

Die drei BDM-Messnetze

Die Daten des BDM werden auf drei gesamtschweizerischen Messnetzen erfasst (Messnetz Landschaften, Messnetz Landlebensräume und Messnetz Fliessgewässer), welche die ganze Schweiz abdecken und eine repräsentative Stichprobe ergeben. Die Messflächen liegen auf einem regelmässigen Stichprobennetz, ausgehend von einem zufällig gewählten Ausgangspunkt. In der unteren linken Ecke jeder 1 km^2-Messfläche liegt eine 10 m^2-Messfläche des Messnetzes Landlebensräume.

Die Erhebungsmethoden sind so ausgelegt, dass die Artenzahl einer Organismengruppe auf einem fixen Messpunkt/-fläche ermittelt und in regelmässigen Zeitintervallen wiederholt wird (verbundene Messwerte). Die Daten der Messpunkte derselben Auswertungseinheit/Stratum (Lebensräume, biogeografische Räume oder Nutzungstypen) können zusammen interpretiert werden. Unter Berücksichtigung einer minimalen Anzahl von Messungen ergeben sich verlässliche und für die ganze Auswertungseinheit gültige Entwicklungen für einzelne Organismengruppen. Details zum Erhebungskonzept und zur Methode des BDM sind in der folgenden Publikation ausführlicher beschrieben:

Koordinationsstelle BDM (2014)*: Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1410: 104 S. Link.*

Forum Biodiversität Schweiz (Hrsg.) (2022)*: 20 Jahre Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Sonderheft zu HOTSPOT 46, 44 Seiten. Link.*

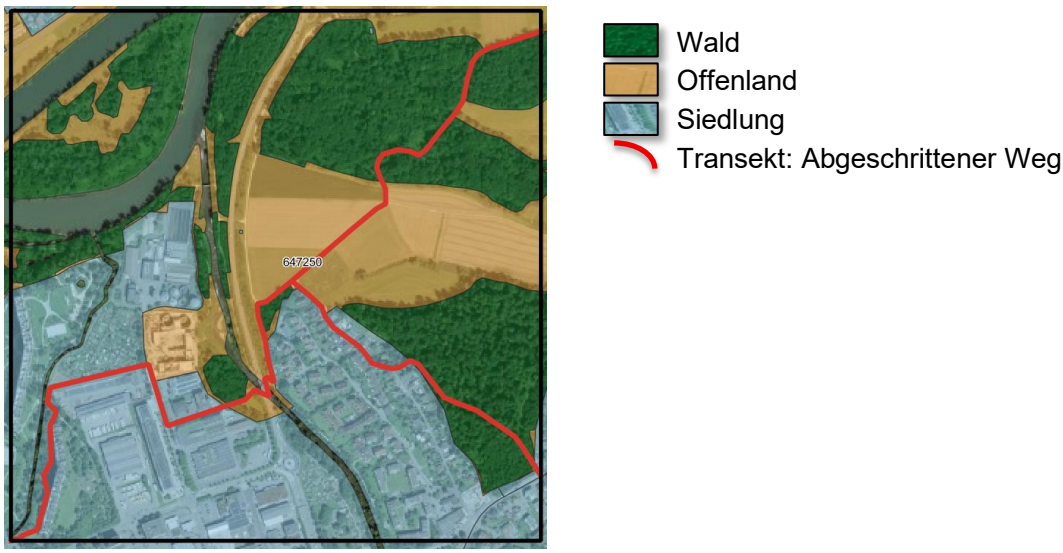
Im **Messnetz Landschaften** werden Gefässpflanzen (seit 2001), Tagfalter (seit 2003) und Brutvögel (seit 2001) auf Untersuchungsflächen der Grösse eines Quadratkilometers mit standardisierten Methoden erfasst (Abbildung 4). Es wird die Artenvielfalt in Landschaften gemessen. Es wird jene Artenvielfalt abgebildet, die durch das Mosaik von Lebensräumen und ihren Übergängen zustande kommt (Abbildung 5). Die Artenvielfalt im Messnetz Landschaften wird für die Schweiz als Ganzes, aber auch für die biogeografischen Regionen und Höhenstufen berechnet. Das Stichprobennetz umfasst 469 1 km^2-Flächen (Abbildung 6). Das systematische Stichprobennetz ist ortsweise mit zusätzlichen Messflächen verdichtet (insgesamt 94 Verdichtungsflächen), um gewisse Aspekte in verschiedenen Straten besser untersuchen zu können, z.B. in den biogeografischen Regionen (44 zusätzliche Flächen im Jura und 37 auf der Alpensüdflanke) oder in den Hauptnutzungen (14 Flächen im Gebirge und 32 Flächen in Siedlungen). Weiter gibt es zusätzliche Messflächen in Kantonen, die eigene Programme führen (kantonale BDM). Die ALL-EMA Erhebungen finden auf einer Unterstichprobe von 170 1 km^2-Flächen auf dem Messnetz der Landschaften statt (Meier et al., 2025).

Abbildung 4: Artengruppen im Messnetz Landschaften



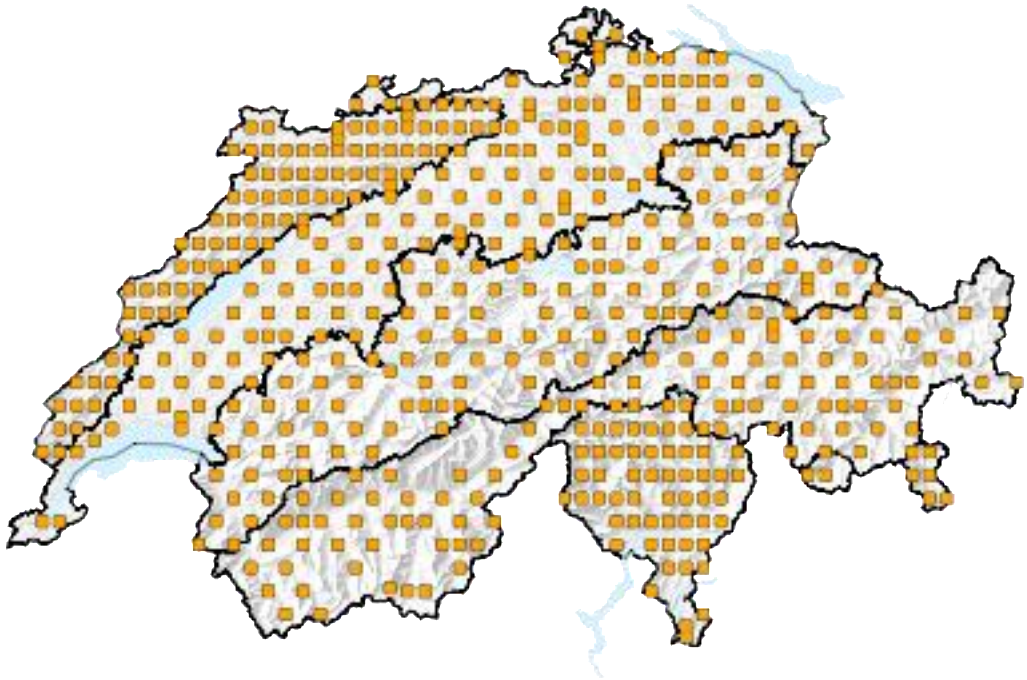
Im Messnetz Landschaften werden Gefässpflanzen (seit 2001, links), Tagfalter (seit 2003, Mitte) und Brutvögel (seit 2001, rechts) auf Untersuchungsflächen der Grösse eines Quadratkilometers mit standardisierten Methoden erfasst. Bilder: Beat Ernst.

Abbildung 5: Mosaik der Lebensräume im Messnetz Landschaften



Im Messnetz Landschaften wird die Artenvielfalt, die durch das Mosaik von Lebensräumen und ihren Übergängen zustande kommt, erfasst

Abbildung 6: Messflächen des Messnetzes Landschaften im BDM



Die Artenvielfalt von Landschaften wird im BDM auf 469 Flächen (reguläre Stichprobe und Verdichtungen) von je 1 km² Ausdehnung gemessen. Diese Flächen bilden ein Messnetz, das sich gleichmässig über die gesamte Schweiz erstreckt.

Im **Messnetz Landlebensräume** wird die Vielfalt von Gefässpflanzen, Moosen und Mollusken seit 2001 erfasst (Abbildung 7). Die Messfläche pro Erhebungspunkt beträgt 10 m². Im Messnetz Landlebensräume wird wie im Messnetz Landschaften die Artenvielfalt gemessen, jedoch auf deutlich kleineren Flächen. So wird die kleinräumige Artenvielfalt eines Lebensraumtyps charakterisiert und entsprechend die α-Diversität als Mass für die

Artenvielfalt innerhalb eines Lebensraums beschrieben. Im Gegensatz zum Messnetz Landschaften, bei dem nationale Aussagen interessieren, spielt der gesamtschweizerische Bezug für das Messnetz Landlebensräume eine untergeordnete Rolle. Das Messnetz Landlebensräume wurde explizit so definiert, dass Nutzungstypen (Lebensräume) als Bezugsgrösse für die Aussagen verwendet werden können. Die Artenvielfalt wird gesamtschweizerisch für verschiedene Lebensräume berechnet (Wald, Alpweiden, Wiesen und Weiden, Äcker, Siedlung, nicht genutzte Flächen). Ebenfalls möglich sind Aussagen zu Wald und Wiesen/Weiden in verschiedenen Höhenlagen. Das Messnetz Landlebensräume umfasst rund 1447 Messflächen (Abbildung 8).

Abbildung 7: Artengruppen im Messnetz Landlebensräume



Im Messnetz Landlebensräume wird die Vielfalt von Gefässpflanzen (links), Moosen (Mitte) und Mollusken (rechts) seit 2001 erfasst. Bilder: Beat Ernst

Abbildung 8: Messflächen des Messnetzes Landlebensräume im BDM



Die Artenvielfalt von Landlebensräumen wird im BDM auf rund 1447 Messflächen erfasst. Diese jeweils 10 m² grossen Flächen sind über die gesamte Schweiz verteilt. Messflächen auf Seen und in unzugänglichen Felsgebieten wurden ausgeschlossen.

Im **Messnetz Fliessgewässer** wird die Artenvielfalt der Gewässerinsekten erfasst (Abbildung 9). Alle Gewässermakroinvertebraten werden auf Familienebene bestimmt («IBCH-Niveau», Indice biologique suisse, Schweizer Gewässergüte-Index). Zusätzlich werden die drei Insekten-Ordnungen *Ephemeroptera* (Eintagsfliegen), *Plecoptera* (Steinfliegen) und *Trichoptera* (Köcherfliegen), kurz EPT, auf Artebene untersucht. Es wird die Artenvielfalt in

den Schweizer Fliessgewässern beschrieben. Die Erhebungen begannen 2010. Die Gewässerstichprobe umfasst 510 Probenahmestellen (Abbildung 10). Im Stichprobenkonzept werden Fliessgewässer ab 2. Ordnung (Zusammenfluss zweier Gewässer 1. Ordnung, sprich der kleinsten, obersten Abschnitte eines Gewässernetzes) inklusive gegenwärtig eingedolter Gewässer berücksichtigt. Aus methodischen Gründen generell nicht beprobt werden stehende Gewässer, die Fliessgewässer 1. Ordnung, die trockenfallen können, sowie für eine Probenahme mit Watstiefeln zu grosse Fliessgewässer. Die Stichprobe konzentriert sich bewusst auf die eher kleinen Fliessgewässer. Die Methode wurde gemeinsam mit jener des Moduls «Makrozoobenthos» des Modul-Stufen-Konzepts (MSK; Stucki, 2010) entwickelt und harmonisiert. Die Dichte des Messnetzes entspricht dem Messnetz Landschaften im Jura und auf der Alpensüdflanke (verdichtetes Stichprobengitter, vgl. Kapitel «Die drei BDM-Messnetze»). Zur Auswahl der Probestellen wurden die Grenzlinien der Kilometerquadrate aus dem Messnetz Landschaften benutzt: Der erste Schnittpunkt zwischen Kilometerquadratgrenzlinie und einem Gewässer, ausgehend von der südwestlich liegenden Ecke der Messfläche und im Uhrzeigersinn vorwärts gehend, entspricht der ersten Entnahmestelle (Anzahl hängt von der Gewässerbreite ab) der Probestelle des Messnetzes Fliessgewässer. Falls eine Probestelle die Kriterien der Grundgesamtheit innerhalb der tolerierbaren kleinräumigen Verschiebungen nicht erfüllte, wurde nach dem nächsten Gewässer gesucht, welches die Kilometerquadratgrenzlinie schneidet.

Abbildung 9: Erhebungen des Messnetzes Fliessgewässer im BDM



Im Messnetz Fliessgewässer wird die Artenvielfalt der Gewässerinsekten seit 2010 erfasst. Bilder: Beat Ernst.

Abbildung 10: Erhebungsstellen des Messnetzes Fliessgewässer im BDM



Die Artenvielfalt in Fliessgewässern wird im BDM an 510 Stellen in Gewässern der 2. Ordnung oder höher beprobt. Diese Probestellen bilden ein Messnetz, das sich gleichmässig über die gesamte Schweiz erstreckt.

Zahlen zum BDM

Kennzahlen

In den folgenden Tabellen werden die Anzahl nachgewiesener Arten pro Artengruppe (Tabelle 1), die Anzahl der realisierten Erhebungen (Tabelle 2) und die Anzahl der Mitarbeitenden pro Artengruppen-Team (Tabelle 3) aufgelistet.

Tabelle 1: Anzahl nachgewiesener Arten pro Artengruppe

Organismengruppe	Messnetz	Anzahl mögliche Arten & Artaggregate im BDM	Anzahl nachgewiesene Arten & Artaggregate	Anteil (%) nachgewiesene Arten & Artaggregate	Untersuchungszeitraum
Gefässpflanzen	Landschaften	2’729	2’033	74	2001–2025
Gefässpflanzen	Landlebensräume	2’729	1’399	51	2001–2025
Tagfalter	Landschaften	213	194	91	2003–2025
Brutvögel	Landschaften	224	155	69	2001–2025
Moose	Landlebensräume	909	571	63	2001–2025
Mollusken	Landlebensräume	266	175	66	2001–2025
Gewässerinsekten EPT	Fliessgewässer	306	182	59	2010–2025
Gewässerinsekten IBCH	Fliessgewässer	142	117	82	2010–2025

Angegeben sind die Anzahl Arten und Artaggregate, die während des Beobachtungszeitraumes mindestens einmal nachgewiesen wurden. Der Anteil nachgewiesener Arten & Artaggregate (%) ist im Verhältnis zu den im BDM gültigen Arten und Artaggregaten angegeben.

Tabelle 2: Anzahl der durchgeführten Erhebungen

Organismengruppe	Messnetz	Anzahl Erhebungen	Untersuchungszeitraum
Gefässpflanzen	Landschaften	2’245	2001–2025
Gefässpflanzen	Landlebensräume	7’088	2001–2025
Tagfalter	Landschaften	2’099	2003–2025
Brutvögel	Landschaften	2’191	2001–2025
Moose	Landlebensräume	6’835	2001–2025
Mollusken	Landlebensräume	6’865	2001–2025
Gewässerinsekten EPT	Fliessgewässer	1’505	2010–2025

Angegeben sind die Anzahl Erhebungen, die als gültig erklärt wurden, inklusive Aufnahmen im verdichteten Stichprobennetz.

Tabelle 3: Anzahl Mitarbeitende pro Artengruppe

Organismengruppe	Messnetz	Anzahl Mitarbeitende
Gefässpflanzen	Landschaften	18
Gefässpflanzen	Landlebensräume	18
Tagfalter	Landschaften	45
Brutvögel	Landschaften	80 Freiwillige
Moose	Landlebensräume	4–6 Expert:innen für die Artbestimmungen
Mollusken	Landlebensräume	4 Expert:innen für die Artbestimmungen
Gewässerinsekten	Fliessgewässer	20 Feldmitarbeitende 10 Expert:innen Artbestimmungen

Ausgewählte Zahlen zur Stichprobe

- Pro Jahr werden für die BDM-Erhebungen der Tagfalter rund 3’200 km und für die Gefässpflanzen rund 900 km im Messnetz Landschaften abgeschritten. Seit Beginn der Erhebungen wurden für diese beiden Artengruppen total 96’000 km Transektroute begangen – gut zwei Erdumrundungen.
- Die höchstgelegene und seit Beginn BDM erhobene Messfläche im Messnetz Landschaften befindet sich bei Mollens (VS), mit einer Medianhöhe von 2’984 m ü. M. Die tiefst gelegene Messfläche gehört zur Gemeinde Gambarogno, mit einer Medianhöhe von 193 m ü. M.
- Die höchstgelegene, begehbare Messfläche im Messnetz Landlebensräume liegt am Oberrothorn im Wallis auf 3’060 m ü. M. Die am tiefsten gelegene Messfläche befindet sich bei Locarno auf 199 m ü. M.
- Der maximale Höhenunterschied eines Transekts innerhalb einer Messfläche im Messnetz Landschaften beträgt 928 Höhenmeter und liegt in der Gemeinde Lauterbrunnen.
- Die Rekordzahl an Gefässpflanzenarten im Messnetz Landschaften wurde mit 428 Arten in der BDM-Messfläche in Grindelwald im Jahr 2024 festgestellt.
- Am meisten Moosarten wies eine Messfläche in Isenthal (Uri) mit 54 Arten auf (2009).
- Am meisten Tagfalterarten auf einer Messfläche wurden bislang im Wallis gezählt: 82 Arten im Jahr 2014.
- Auf der 2.5 km langen Transektroute in Mathon wurden 2023 5’078 Tagfalterindividuen gezählt.
- Das Maximum an Brutvogelarten (64 Arten) wurde auf einer Messfläche in Ringgenberg (BE) im Jahr 2020 beobachtet.
- Die an Molluskenarten bisher reichste Messfläche befindet sich in Villnachern (Aargau) mit 46 Arten (2005).
- Die Gesamtlänge der im BDM beprobten Fliessgewässer-Abschnitte beträgt 18.5 Kilometer.
- Die Rekordzahl an Arten der Eintags-, Stein- und Köcherfliegen (ohne IBCH) wurde an einem Gewässer in der Gemeinde Menznau (Luzern) mit 47 Arten (2023) erfasst.

Indikatoren

In Kapitel 3 (ab Seite 35) und Kapitel 4 (ab Seite 55) werden Resultate zu den beschriebenen Indikatoren vorgestellt und interpretiert.

Mittlere Artenvielfalt

Zur Analyse der Artenvielfalt werden Mittelwerte und 95 %-Vertrauensbereiche (basierend auf der t-Verteilung) für verschiedene Artengruppen und Auswertungseinheiten berechnet. Messflächen der verdichteten Stichprobe auf Landschaftsebene werden bei landesweiten Berechnungen ausgeschlossen.

Für zeitliche Trends kommt ein generalisiertes gemischtes lineares Modell (GLMM) zum Einsatz. Dieses berücksichtigt jährliche Schwankungen (z. B. durch Witterung) sowie Unterschiede der jährlich erhobenen Teilstichproben (jährlich wird je ein Fünftel der Gesamtstichprobe bearbeitet).

Verschiedene Modelle werden verglichen, um die Stabilität und die Konsistenz der Schätzwerte zu prüfen. Zusätzlich werden die Schätzwerte mit einem nichtparametrischen Bootstrap validiert. Die Schätzwerte im BDM sind stabil und konsistent. Auch die räumliche Autokorrelation wird untersucht: sie ist in den BDM-Daten (Messnetz Landlebensräume) sehr gering. Die Annahme der stochastischen Unabhängigkeit bleibt daher bestehen.

Vielfalt von Artengemeinschaften

Die reine Artenzahl pro Messfläche reicht nicht aus, um biologische Vielfalt umfassend zu beschreiben und zu bewerten. Ein Anstieg kann irreführend sein, wenn er auf weit verbreitete, wenig spezialisierte oder gar gebietsfremde Arten zurückgeht – diese verdrängen teilweise typische Arten und führen langfristig zu ähnlicheren Artengemeinschaften (biotische Homogenisierung).

Um solche Entwicklungen zu erfassen, wurde 2008 der Indikator «Vielfalt der Artengemeinschaften» eingeführt. Er misst die Veränderung der Ähnlichkeit von Artengemeinschaften über die Zeit anhand des mittleren Simpson-Index**.** Berechnet wird er aus den Artenlisten aller Messflächen einer fünfjährigen BDM-Vollerhebung.

Der Indikator Vielfalt der Artengemeinschaften basiert auf den Artenvielfaltsdaten in den Messnetzen Landschaften oder Landlebensräume und bewertet Veränderungen in der Artenzusammensetzung unabhängig vom Artenreichtum. So können im BDM Unterschiede in der Vielfalt (Artenzahl) und in der Zusammensetzung der Artengemeinschaften getrennt analysiert werden.

Indices zur Gewässerqualität

Der IBCH erlaubt es, basierend auf einer semi-quantitativen Erhebung der gesamten Makrozoobenthos-Gemeinschaft eine schnelle flächendeckende Bewertung des Gewässerzustands durchzuführen.

Der SPEAR-Index (Synonym *SPEAR$_{pesticides}$-Index*, ein biologisches System zur Messung der Pflanzenschutzmittelbelastung in Gewässern) indiziert die Pflanzenschutzmittelbelastung von Fliessgewässern anhand der Zusammensetzung der Invertebraten-Gemeinschaften.

Tagfalter-Index

Der Tagfalter-Index ist ein Spezialfall, da er die Tagfalterdaten von info fauna und BDM gemeinsam auswertet. Herleitung und Methoden sind ausführlich in Roth et al. (2026) beschrieben. Ziel war es, die Stärken der beiden Programme zu kombinieren. Die Datenbank von info fauna ist gerade dank der vielen Freiwilligen sehr umfangreich und deckt die gesamte Schweiz ab; ausserdem reichen die Meldungen weit in das letzte Jahrhundert zurück. Allerdings ist die Meldeaktivität räumlich und über die Jahre heterogen. Im BDM werden die Bestände der Tagfalter zwar erst seit 2003 erhoben. Der Vorteil der BDM-Daten ist jedoch, dass die Tagfalter in einem landesweiten Beobachtungsnetz mit gleichbleibender Methode und Intensität erfasst werden. Aufgrund des strikten Stichprobenrasters stehen vor allem häufige Arten im Fokus. Um die Daten von info fauna und BDM gemeinsam auszuwerten, wurden statistische Modelle verwendet, die sich schon in den Niederlanden für ähnliche Anwendungen bewährt haben (Van Strien et al., 2013). Dabei wird das Meldeverhalten für jede Datenquelle separat berücksichtigt. Bei den info fauna-Daten unterscheiden wir beispielsweise Meldungen für die Rote Liste und Meldungen, die über die Meldeplattform «ornitho.ch» gemeldet wurden. Während bei den Rote-Liste-Erhebungen vor allem seltene Arten im Zentrum stehen, werden über ornitho.ch häufige und einfach zu bestimmende Arten

überdurchschnittlich oft gemeldet. Für den Index wird pro Quadratkilometer und Art die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass sie vorkommt. Der geschätzte Bestandestrend – basierend auf der Anzahl der Vorkommen – berücksichtigt diese Unterschiede. So konnten schliesslich Trends für 179 der gut 230 in der Schweiz vorkommenden Tagfalter- und Widderchen-Arten berechnet werden, die von Experten plausibilisiert wurden. Der Tagfalter-Index ist ein offizieller BAFU-Indikator (LINK).

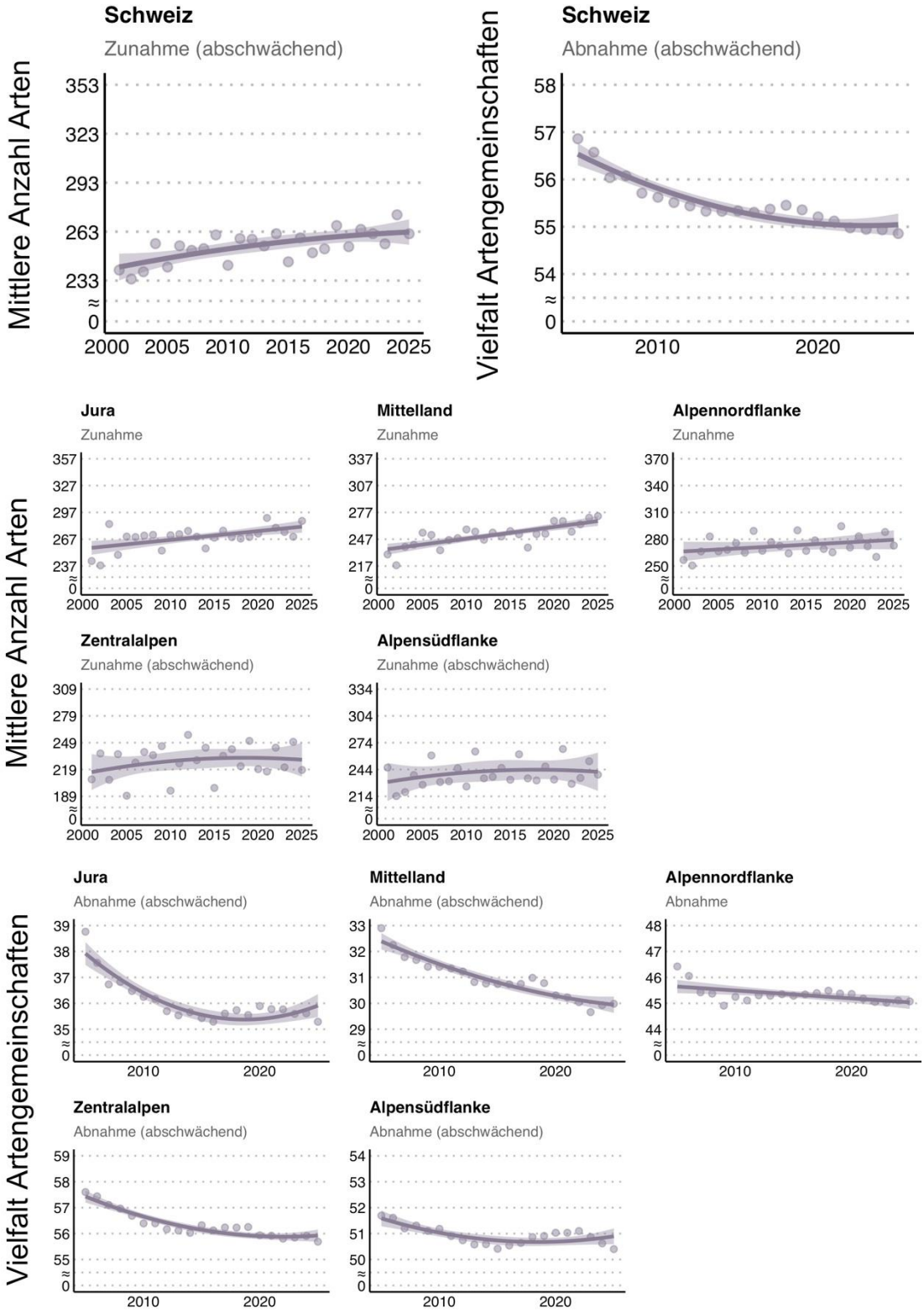
3. Resultate zu den Indikatoren

Kapitel 3 präsentiert eine Synthese der wichtigsten Erkenntnisse pro Artengruppe und Messnetz aus 25 Jahren BDM.
Für jede Artengruppe wird mit identisch gestalteten Grafiken und Auswertungen die zeitliche Entwicklung der Artenvielfalt sowie der Vielfalt der Artengemeinschaften (Simpson-Index) gezeigt. Pro Artengruppe werden ausgewählte Erkenntnisse aus den BDM-Analysen gelistet und mit kurzen Interpretationen versehen. Ergänzend folgt ein Abriss über die Verwendung der jeweiligen Daten und ausgewählte Literatur aus dem BDM. Diese Kurzportraits können nicht die ganze Fülle an Auswertungen, Kooperationen mit anderen Programmen sowie die vergleichende Literatur berücksichtigen. Vielmehr soll hier in Kürze ein Eindruck zu den vorhandenen Datengrundlagen und ihrem Potenzial für Aussagen zur Biodiversität vermittelt werden.

Erläuterungen zu den nachfolgenden standardisierten Grafiken: Für das Messnetz Landschaften sind nebst den schweizweiten Trends auch die Entwicklungen für die verschiedenen biogeografischen Regionen dargestellt. Für das Messnetz Landlebensräume werden die zeitlichen Trends nach verschiedenen Lebensräumen aufgeschlüsselt. Die Daten der einzelnen Lebensräume und Regionen basieren auf unterschiedlich grossen, aber repräsentativen Stichproben. In den Grafiken dargestellt werden die Rohdaten mit Trendlinie und einer Erläuterung zum jeweiligen Kurvenverlauf. Diese auf statistischen Modellen basierenden Kurzbeschriebe dienen der schnellen Interpretation der Grafiken. Es werden nicht nur statistisch signifikante ($P < 0.05$), konstante (lineare) Zu- oder Abnahmen erkannt (linearer Term). Angezeigt werden auch signifikante nicht-lineare Veränderungen (quadratischer Term), wie beispielsweise sich abschwächende (stagnierende) Zunahmen oder sich beschleunigende (progressive) Abnahmen, oder eine anfängliche Zunahme der Werte mit anschliessender Abnahme im weiteren Verlauf (Maximumkurve).

Gefässpflanzen Messnetz Landschaften (1 km²)

Abbildung 11: Zeitliche Veränderung der Anzahl Arten und der Vielfalt der Artengemeinschaften der Gefässpflanzen im Messnetz Landschaften



Erläuterungen zur Abbildung auf der vorhergehenden Seite: *Die mittlere Anzahl Gefässpflanzenarten pro Quadratkilometer stieg schweizweit signifikant an, schwächte sich aber über die Zeit hinweg ab (Zunahme abschwächend, basierend auf einem generalisierten linearen Modell). Regional waren die Zunahmen unterschiedlich stark. Obwohl die Messflächen innerhalb der Fünfjahrestranchen zufällig verteilt werden, sind Jahreseffekte in den Rohdaten sichtbar. Die statistischen Modelle berücksichtigen diese Variation der Standorte. Die Vielfalt der Artengemeinschaften der Gefässpflanzen nahm über den gleichen Zeitraum schweizweit signifikant ab. Der Trend der Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt die zeitliche Entwicklung der Ähnlichkeit der Artenlisten zwischen den Probeflächen, basierend auf dem Simpson-Index. Der Index beruht auf den Präsenz-Absenz-Daten der Probeflächen und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Die Berechnung basiert auf dem gleitenden Fünfjahresmittel. Sinkende Werte bedeuten, dass häufige Arten auf noch mehr und/oder «seltene» Arten auf noch weniger Probeflächen gefunden wurden, das heisst, dass die Vielfalt der Artengemeinschaften abnimmt. Die Y-Achsen der Grafiken zur Anzahl Arten, respektive der Vielfalt der Artengemeinschaften, zeigen jeweils einheitliche Intervallgrössen, fokussieren aber auf den Bereich der jeweiligen Trend-Linien.*

Wichtigste Erkenntnisse

- Auf Landschaftsebene hat die Anzahl der dort vorkommenden Gefässpflanzenarten seit 2001 mehrheitlich zugenommen. Die Stärke der Zunahme betrug rund 8.8 Arten pro 10 Jahre (Abbildung 11). Regional betrachtet war die Zunahme mit rund 11.2 Arten pro 10 Jahre im Mittelland und 10.7 Arten im Jura am stärksten. Am schwächsten war sie auf der Alpensüdflanke mit lediglich rund 5.8 Arten pro 10 Jahre.
    - Die Zunahme der Gefässpflanzenarten auf Landschaftsebene beruht unter anderem auf grossflächig wirkenden klimatischen Faktoren. Die Artengemeinschaften verändern sich entsprechend dem wärmeren Klima (Thermophilisierung; Roth et al., 2014). Bei den Gefässpflanzen sind insbesondere wärmeliebende Arten ruderaler Standorte auf dem Vormarsch, wie beispielsweise das Kleine Liebesgras (*Eragrostis minor)*, Portulak (*Portulaca oleracea*) oder die Graugrüne Borstenhirse (*Setaria pumila)*. Dazu zählen auch einige Neophytenarten. Als unbewegliche Organismen reagieren Gefässpflanzen allerdings weniger rasch auf Veränderungen als andere Artengruppen. Zudem spielen weitere Faktoren eine Rolle für die beobachteten Trends, wie veränderte Gewohnheiten in der Landwirtschaft, der Ausbau von Infrastruktur und Verkehr oder der Rückgang der Stickstoffeinträge aus der Luft (Roth et al., 2015). Solche grossräumige, allgemeine und langfristig wirkende Faktoren kommen vor allem auf Landschaftsebene zum Ausdruck (BDM-Messnetz Landschaften), während auf kleineren Flächen (Messnetz Landlebensräume) lokale Faktoren wie Landnutzung, Lebensraumqualität oder Konkurrenzverhältnisse prägend wirken.
- Nicht nur die Anzahl der Arten auf den BDM-Messflächen, sondern auch die Zusammensetzung der Artengemeinschaften hat sich seit Messbeginn verändert. Die Artengemeinschaften werden einander immer ähnlicher. Im Jura und im Mittelland ist dieser Trend am deutlichsten erkennbar, auf der Alpennordflanke ist er dagegen nur schwach ausgeprägt. Dieser Trend zur Gleichförmigkeit der Artengemeinschaften hat sich gesamtschweizerisch und in den meisten Regionen mit der Zeit abgeschwächt .
    - Vertiefende Auswertungen haben gezeigt, dass diese «Homogenisierung» der Artengemeinschaften vor allem auf bereits weit verbreiteten Arten beruht, die unterdessen noch häufiger geworden sind. In Wiesen und Weiden sind dies beispielsweise kleinwüchsige Arten häufig geschnittener Rasen oder von Störstellen: *Ranunculus repens, Prunella vulgaris, Cerastium fontanum s.l., Veronica serpyllifolia s.l.*
    - Das gegenüber früheren Zeiten wärmere und trockenere Klima seit Beginn der BDM-Erhebungen hat die Ausbreitung von Wärme- und Trockenzeigern begünstigt. Unter diesen Arten am schnellsten und deutlichsten reagiert haben kurzlebige und störungstolerante Spezies («Ruderalpflanzen»), die bereits weit verbreitet waren, z.B. das Quendelblättrige Sandkraut, der Kleine Storchschnabel oder die Blutrote Fingerhirse.

Wofür werden die Daten verwendet?

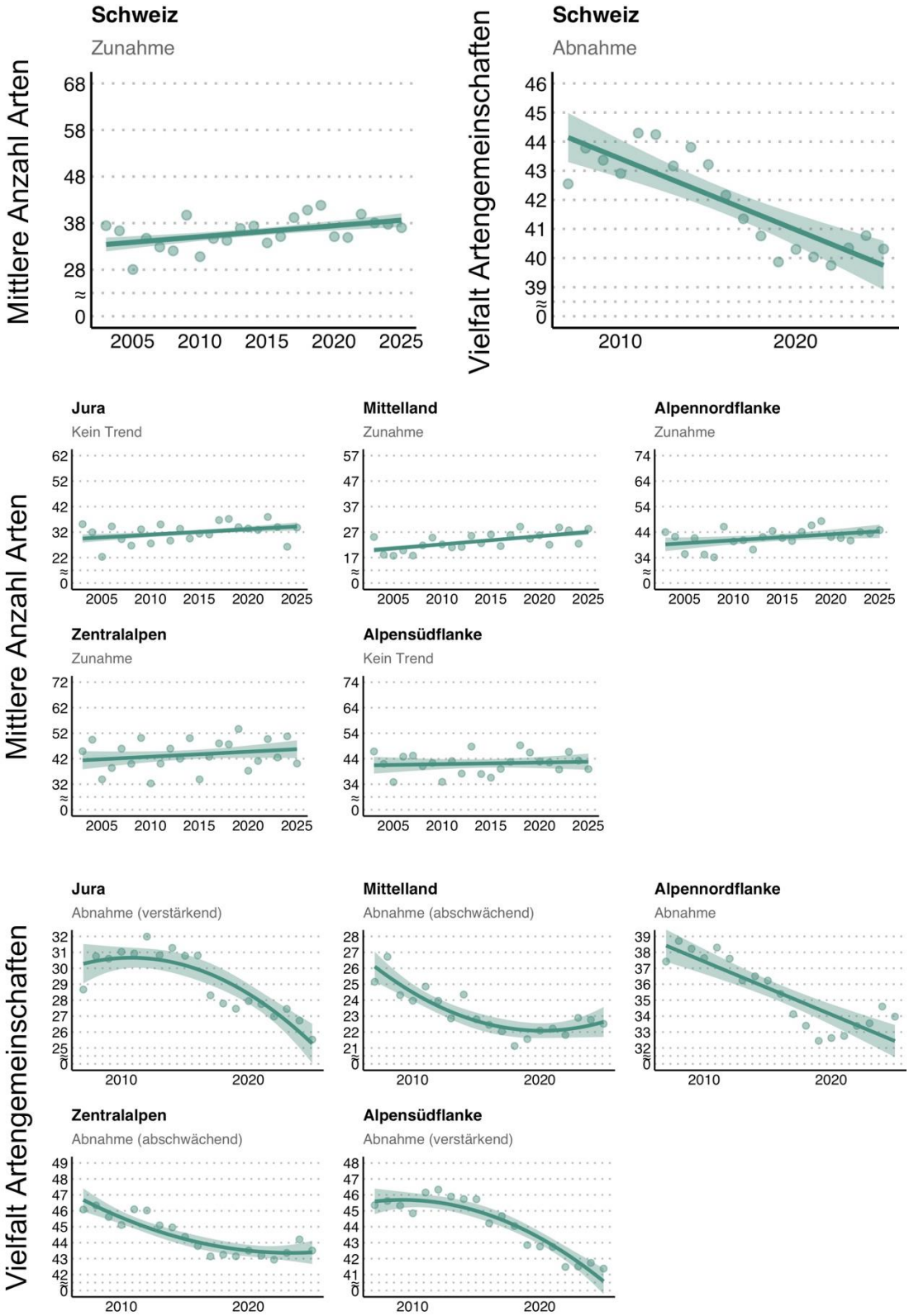
- *Indikatoren*: Artenvielfalt in Landschaften, Vielfalt der Artengemeinschaften, Entwicklung von Einzelarten, U1 Pflanzenartenvielfalt des Cercle Indicateurs (LINK).
- *Projekte*: Die Daten wurden im Rahmen der Aktualisierung der Roten Liste als Grundlage genutzt, um den Gefährdungsgrad vieler Arten zu beurteilen. Zudem waren sie Bestandteil von mehreren Doktorarbeiten (E. D. Concepción zum Einfluss der Zersiedlung auf die Biodiversität, H. Brose zur Verbreitungsmodellierung von Pflanzen auf Landschaftsebene).

Ausgewählte Publikationen

- Hanspach, J., Schweiger, O., Kühn, I., Plattner, M., Pearman, P. B., Zimmermann, N. E., & Settele, J. (2014). Host plant availability potentially limits butterfly distributions under cold environmental conditions. *Ecography*, 37(3), 301–308. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00195.x
- Pan, Y., Hersperger, A. M., Ge, G., & Nobis, M. P. (2024). Effects of habitat configuration on biodiversity along gradients of forest cover on the Swiss Plateau. *Forest Ecosystems*, *11*, 100223. https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100223
- Pan, Y., Hersperger, A. M., Kienast, F., Liao, Z., Ge, G., & Nobis, M. P. (2022). Spatial and temporal scales of landscape structure affect the biodiversity-landscape relationship across ecologically distinct species groups. *Landscape Ecology*. https://doi.org/10.1007/s10980-022-01477-x
- Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Amrhein, V., & Achermann, B. (2015). Nitrogen deposition and multi-dimensional plant diversity at the landscape scale. *Royal Society Open Science*, *2*(4), 150017. https://doi.org/10.1098/rsos.150017
- Roth, T., Plattner, M., & Amrhein, V. (2014). Plants, Birds and Butterflies: Short-Term Responses of Species Communities to Climate Warming Vary by Taxon and with Altitude. *PLoS ONE*, 9(1), e82490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082490
- Wohlgemuth, T., Nobis, M. P., Kienast, F., & Plattner, M. (2008). Modelling vascular plant diversity at the landscape scale using systematic samples. *Journal of Biogeography*, *35*(7), 1226–1240. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01884.x

Tagfalter Messnetz Landschaften (1 km²)

Abbildung 12: Zeitliche Veränderung der Anzahl Arten und der Vielfalt der Artengemeinschaften der Tagfalter in der gesamten Schweiz und pro biogeografischer Region im Messnetz Landschaften

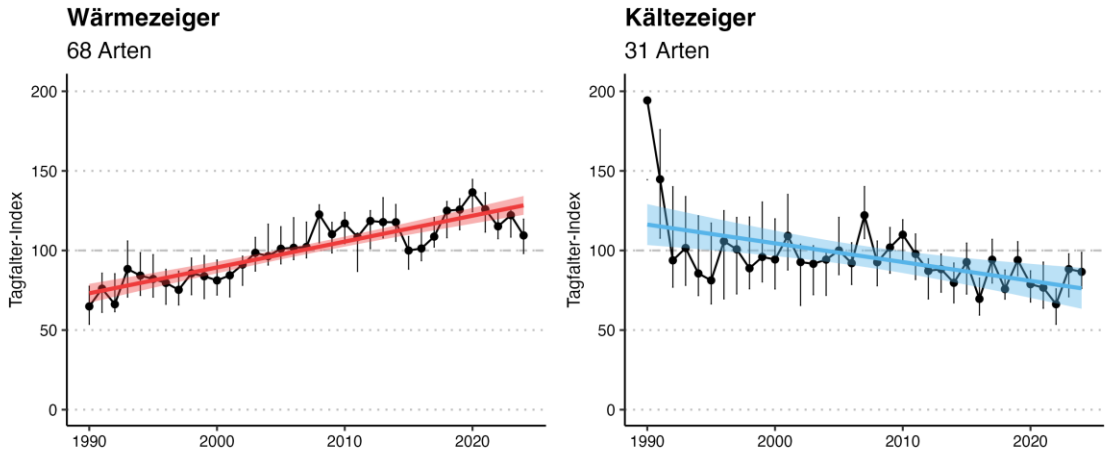


Erläuterungen zur Abbildung auf der vorhergehenden Seite: *Über die ganze Schweiz betrachtet stieg die Anzahl Tagfalterarten seit dem Jahr 2003 konstant an (Zunahme basierend auf einem generalisierten linearen Modell). Die Zunahme war aber regional unterschiedlich stark, bzw. im Jura oder auf der Alpensüdflanke nicht signifikant. Die Vielfalt der Artengemeinschaften der Tagfalter nahm schweizweit signifikant ab. Der Trend der Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt die zeitliche Entwicklung der Ähnlichkeit der Artenlisten zwischen den Probeflächen, basierend auf dem Simpson-Index. Der Index beruht auf den Präsenz-Absenz-Daten der Probeflächen und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Die Berechnung basiert auf dem gleitenden Fünfjahresmittel. Sinkende Werte bedeuten, dass häufige Arten auf noch mehr und/oder seltene Arten auf noch weniger Probeflächen gefunden wurden, das heisst, dass die Vielfalt der Artengemeinschaften abnimmt. Die Y-Achsen der Grafiken zur Anzahl Arten, respektive der Vielfalt der Artengemeinschaften, zeigen jeweils einheitliche Intervallgrössen, fokussieren aber auf den Bereich der jeweiligen Trend-Linien.*

Wichtigste Erkenntnisse

- In der Schweiz hat die Artenzahl der Tagfalter seit 2003 deutlich zugenommen, im Mittel um 2.3 Arten pro 10 Jahre. Die Zunahme betrifft alle Höhenstufen und drei von fünf Regionen: Mittelland, Alpennordflanke und Zentralalpen. Betrachtet man aber nur die letzten 10 Jahre, so hat sich die Zunahme der Artenzahl deutlich abgeschwächt. Im Gegensatz dazu wurde an der Alpensüdflanke nie eine Zunahme festgestellt und im Jura nur zu Beginn des BDM.
- Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich bei den Individuenzahlen (vgl. Abbildung 25). Hier waren alle Regionen zunächst von einer starken Zunahme betroffen, die sich in den letzten Jahren ebenfalls deutlich abgeschwächt hat. Die Zahlen liegen aber noch immer deutlich höher als zu Beginn der Erhebungen 2003. Die stärkste Zunahme verzeichnete das Mittelland: Die in einer Saison in einem Kilometerquadrat im Mittel gezählten Falter haben sich etwa verdoppelt, von rund 300 auf 600 Tiere. Zum Vergleich: In einem durchschnittlichen Quadrat in den Alpen werden derzeit rund 1’000 Falter gezählt, wobei die höchsten Werte sogar zwischen 3’000 und über 5’000 Tieren liegen.
    - Generell sind Zunahmen der Arten- und Individuenzahlen stark von wenigen Arten geprägt, die sich schweizweit ausbreiten (z.B. Kurzschwänziger Bläuling, *Cupido argiades*) bzw. innerhalb des bisherigen Areals zunehmen (z.B. Kaisermantel (*Argynnis paphia*), Grosses Ochsenauge (*Maniola jurtina*), Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*)). Dies führt zu einer Vereinheitlichung (Homogenisierung) der Tagfalter-Artengemeinschaften.
    - Zunehmende Arten sind vor allem Wärmezeiger (Abbildung 13), Arten mit mehreren Generationen pro Jahr und mobile Arten. Es gibt auch Arten, die zusätzliche Generationen pro Jahr bilden. Eher abnehmend sind hingegen alpine und kältezeigende Arten, beispielsweise der Schweizer Schillernde Mohrenfalter (*Erebia tyndarus*) und der Gletscherfalter (*Oeneis glacialis*). Gemäss Tagfalter-Index nahmen die 68 Wärmezeiger seit 1990 um rund drei Viertel zu, die 31 Kältezeiger um rund einen Drittel ab (Abbildung 13). Eine leichte Abnahme ist auch bei den typischen «Graslandarten» zu beobachten. Wie beim «European Grassland Butterfly Indicator», der länderübergreifend berechnet wird, zeigt das verwendete Artenset auch in der Schweiz einen Rückgang (LINK).
- Unter Berücksichtigung von Verbreitungsdaten seltener Arten (von info fauna) ist festzustellen, dass derzeit mehr Arten abnehmen als zunehmen (Trend aller 179 untersuchten Arten im Tagfalter-Index, vgl. Abbildung 26). Eine abnehmende Art ist beispielsweise der Wundkleebläuling (*Polyommatus dorylas*).
- Neben dem Klima spielen die Intensität und die Vielfalt der Landnutzung eine entscheidende Rolle für Vorkommen und Häufigkeit der Tagfalter. Gemäss einer interkantonalen Analyse der Daten von BDM und ALL-EMA gibt es in Biodiversitätsförderflächen (BFF) rund ein Drittel mehr Individuen von UZL-Arten (Arten, die im Rahmen der Umweltziele Landwirtschaft (UZL) in der Schweiz gefördert werden) als in Nicht-BFF-Flächen (Lüscher et al., 2022). Offenlandarten (UZL- und Nicht-UZL-Arten) wie der Schachbrettfalter und das Sechsfleck-Widderchen profitieren von Biodiversitätsfördermassnahmen.

Abbildung 13: Bestandesentwicklung von wärme- und kältezeigenden Tagfaltern (Tagfalter-Index)



Bestandesentwicklung von 68 Wärmezeigern und 31 Kältezeigern unter den Tagfaltern (Tagfalter-Index 1990–2024, Mittelwert 2003–2007 = 100; Artenset und Einteilung nach Fauna Indicativa wie in Abbildung 27). Der Gesamttrend der beiden Gruppen ergibt sich aus der Überlagerung der Trends der Einzelarten. Grundlage der Analyse sind die vereinten Daten von BDM und info fauna zum Vorkommen der Arten auf 1 km² grossen Flächen. Quelle: BDM und info fauna, Tagfalter-Index (Roth et al., 2026).

Wofür werden die Daten verwendet?

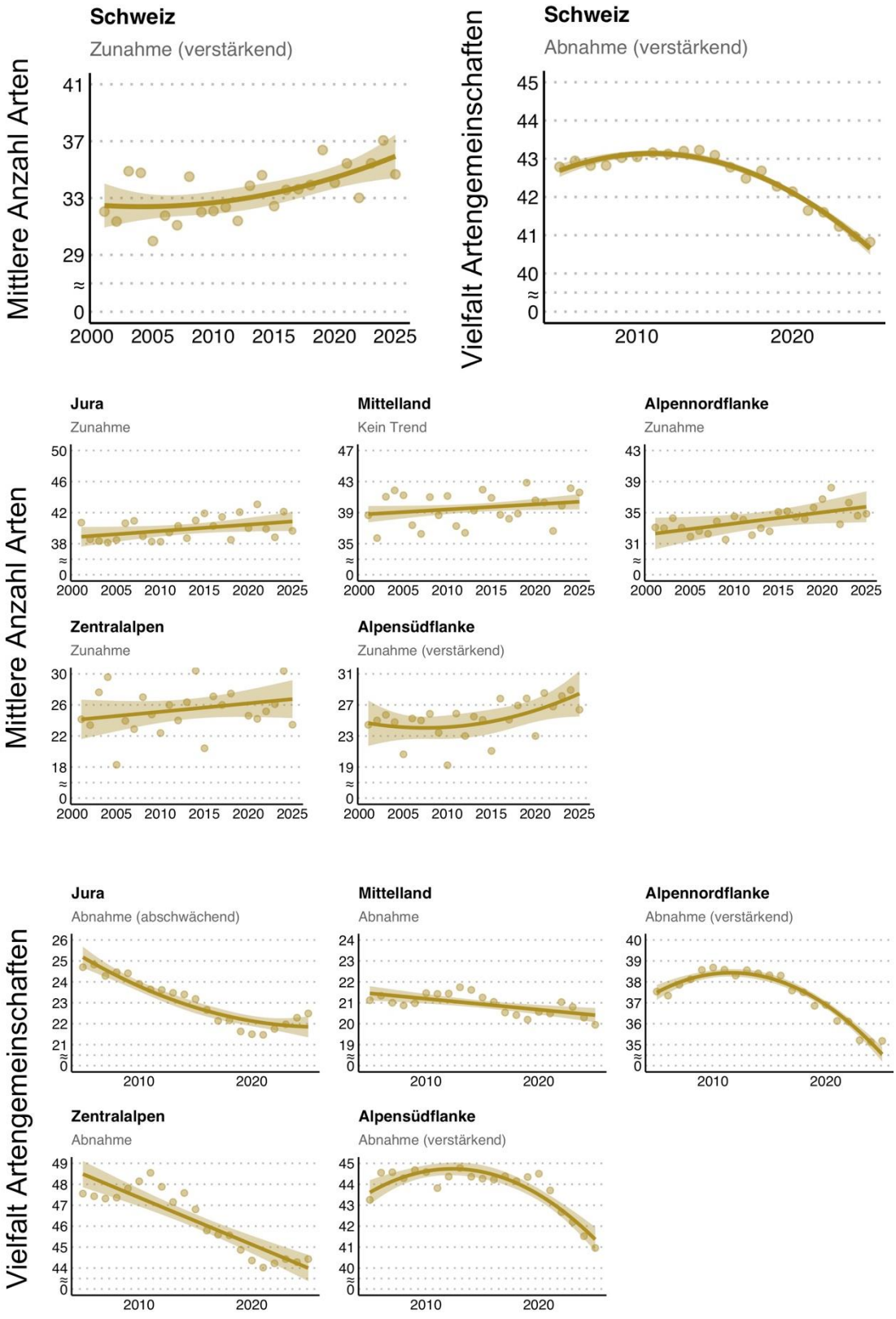
- *BDM-Indikatoren*: Artenvielfalt in Landschaften, Vielfalt der Artengemeinschaften, Entwicklung von Einzelarten. Tagfalter-Index in Zusammenarbeit mit info fauna (Roth et al., 2026). Die Tagfalterdaten werden für die Berechnung unterschiedlicher ALL-EMA-Indikatoren gebraucht (Meier et al., 2025). Sie fliessen zudem in den European Grassland Butterfly Indicator der Europäischen Umweltagentur ein (LINK).
- Projekte: Die Daten aus dem BDM sind Bestandteil der internationalen eBMS-Datenbank und werden entsprechend für viele europäische Forschungsprojekte verwendet.

Ausgewählte Publikationen

- BDM (2021). Der Einfluss des Klimawandels auf die Biodiversität ist messbar. *HOTSPOT*, 43.
- Hanspach, J., Schweiger, O., Kühn, I., Plattner, M., Pearman, P. B., Zimmermann, N. E., & Settele, J. (2014). Host plant availability potentially limits butterfly distributions under cold environmental conditions. *Ecography*, 37(3), 301–308. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00195.x
- Lüscher, G., Meier, E., Plattner M. & Roth, T. (2022): Die Pflanzen- und Tagfaltervielfalt profitiert von Biodiversitätsförderflächen im Grünland - ist das genug?, *N + L Inside* 4/22: 30-34.
- Meier, E., Lüscher, G., Herzog, C., Herzog, F., Indermaur, A., Winizki, J., & Knop, E. (2025). Veränderung der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft: Von der ALL-EMA-Ersterhebung (2015–2019) zur Zweiterhebung (2020–2024). In Agroscope Science (Bd. 209). Agroscope. https://doi.org/10.34776/AS209
- Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Meier, R., & Amrhein, V. (2021). Negative effects of nitrogen deposition on Swiss butterflies. *Conservation Biology*, 35(6), 1766–1776. https://doi.org/10.1111/cobi.13744
- Roth, T., Plattner, M., & Amrhein, V. (2014). Plants, Birds and Butterflies: Short-Term Responses of Species Communities to Climate Warming Vary by Taxon and with Altitude. *PLoS ONE*, 9(1), e82490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082490

Brutvögel Messnetz Landschaften (1 km²)

Abbildung 14: Zeitliche Veränderung der Anzahl Arten und der Vielfalt der Artengemeinschaften der Brutvögel in der gesamten Schweiz und pro biogeografischer Region im Messnetz Landschaften



Erläuterungen zur Abbildung auf der vorhergehenden Seite: *Über die ganze Schweiz betrachtet stieg die Anzahl Brutvogelarten seit dem Jahr 2001 an, in jüngerer Zeit stärker (Zunahme (verstärkend) basierend auf einem generalisierten linearen Modell). Die Zunahme war regional unterschiedlich stark, bzw. nicht signifikant im Mittelland. Die Vielfalt der Artengemeinschaften der Brutvögel nahm schweizweit signifikant ab, in den letzten Jahren sogar verstärkt. Der Trend der Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt die zeitliche Entwicklung der Ähnlichkeit der Artenlisten zwischen den Probeflächen, basierend auf dem Simpson-Index. Der Index beruht auf den Präsenz-Absenz-Daten der Probeflächen und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Die Berechnung basiert auf dem gleitenden Fünfjahresmittel. Sinkende Werte bedeuten, dass häufige Arten auf noch mehr und/oder seltene Arten auf noch weniger Probeflächen gefunden wurden, das heisst, dass die Vielfalt der Artengemeinschaften abnimmt. Die Y-Achsen der Grafiken zur Anzahl Arten, respektive der Vielfalt der Artengemeinschaften, zeigen jeweils einheitliche Intervallgrössen, fokussieren aber auf den Bereich der jeweiligen Trend-Linien.*

Wichtigste Erkenntnisse

- Über die gesamte Schweiz betrachtet ist die Anzahl Brutvogelarten seit 2001 kontinuierlich gestiegen, in jüngerer Zeit stärker. Dabei gab es ausser im Mittelland in allen Regionen eine Zunahme.
    - Die Populationen der Arten zeigen eine grosse Dynamik. Während eine Mehrheit der Arten zunimmt, zeigen einige Arten eine starke Abnahme (siehe Swiss Bird Index (LINK)). Für einen Grossteil dieser Veränderungen der Arten sind Klimawandel und Nutzungsintensivierungen respektive -veränderungen die plausibelsten Erklärungen (Bowler et al., 2021; Rigal et al., 2023; Roth et al., 2014). Bei gewissen Arten kann die aktuelle Zunahme durch eine Arealausdehnung nach Norden erklärt werden (bspw. Bienenfresser (*Merops apiaster)* und Orpheusspötter (*Hippolais polyglotta*)), bei einigen Kulturlandarten zeigen auch Aufwertungsmassnahmen Erfolge (bspw. Neuntöter (*Lanius collurio*) und Schwarzkehlchen (*Saxicola rubicola*)). Im Rückgang hingegen sind viele Habitatspezialisten und kälteliebende Arten (bspw. Alpenschneehuhn (*Lagopus muta*) und Zitronenzeisig (*Carduelis citrinella*)).
    - Viele Arten verschwanden aus den Tieflagen, als die Nutzung in der Mitte des 20. Jahrhunderts stark intensiviert wurde. Höhere Lagen wurden damals nicht neu besiedelt. Die Bestände nahmen daher insgesamt ab. Erst das Klima der letzten Jahrzehnte ermöglicht es, dass sich diese Arten in höhere Lagen ausdehnen, was den früheren Rückgang teilweise ausgleicht. Die extensivere Bewirtschaftung und das kühlere Klima machen die Alpen zunehmend zu einem wichtigen Refugium.

Wofür werden die Daten verwendet?

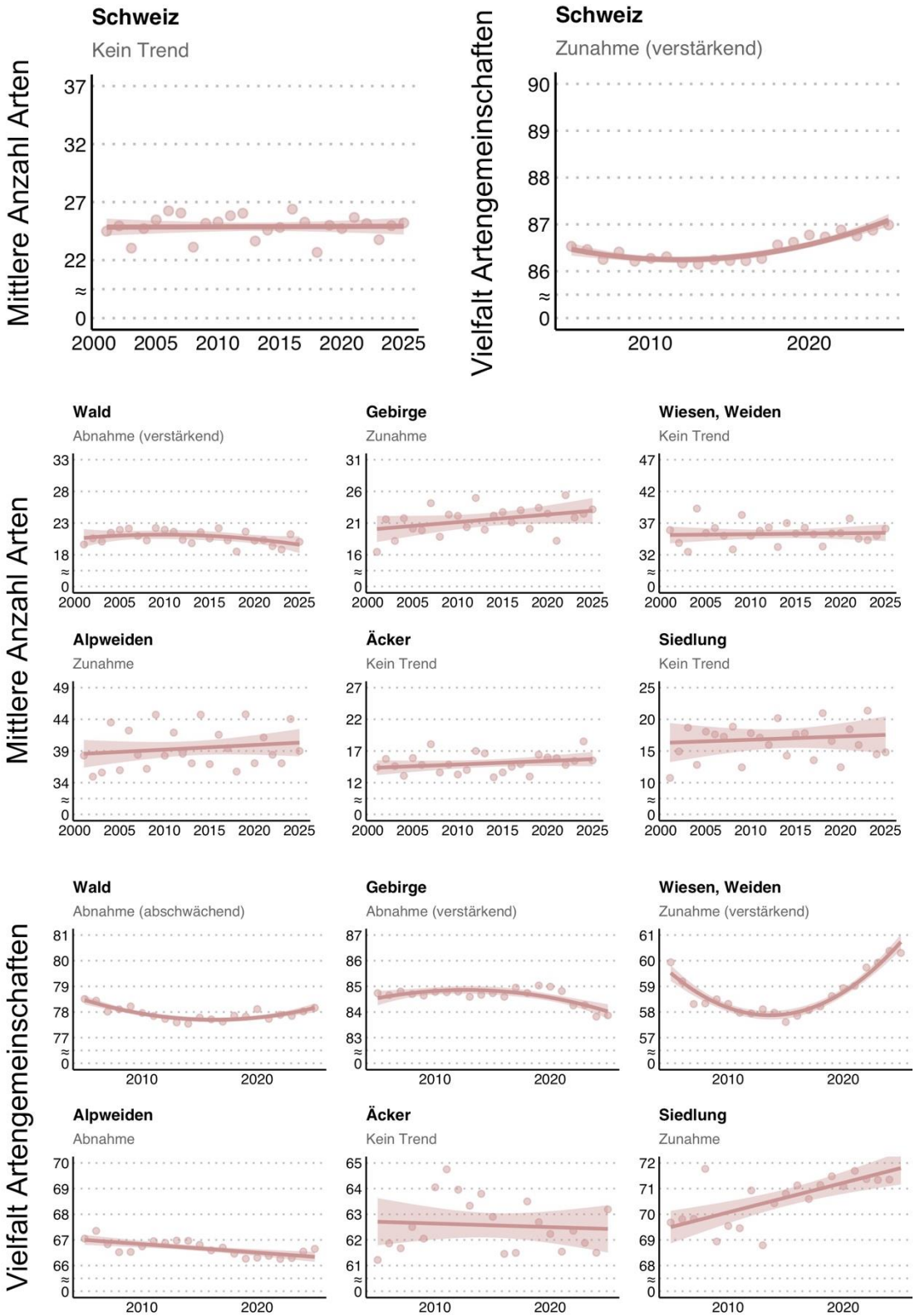
- *Indikatoren*: Artenvielfalt in Landschaften, Vielfalt der Artengemeinschaften, Entwicklung von Einzelarten, Swiss Bird Index (LINK).
- *Projekte*: verschiedene Monitoringprojekte seitens Vogelwarte Sempach.

Ausgewählte Publikationen

- Bowler, D., Richter, R. L., Eskildsen, D., Kamp, J., Moshøj, C. M., Reif, J., Strebel, N., Trautmann, S., & Voříšek, P. (2021). Geographic variation in the population trends of common breeding birds across central Europe. *Basic and Applied Ecology*, *56*, 72–84. https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.07.004
- Rigal, S., Dakos, V., Alonso, H., Auniņš, A., Benkő, Z., Brotons, L., Chodkiewicz, T., Chylarecki, P., De Carli, E., Del Moral, J. C., Domşa, C., Escandell, V., Fontaine, B., Foppen, R., Gregory, R., Harris, S., Herrando, S., Husby, M., Ieronymidou, C., … Devictor, V. (2023). Farmland practices are driving bird population decline across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *120*(21), e2216573120. https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120
- Roth, T., Plattner, M., & Amrhein, V. (2014). Plants, Birds and Butterflies : Short-Term Responses of Species Communities to Climate Warming Vary by Taxon and with Altitude. *PLoS ONE*, 9(1), e82490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082490

Gefässpflanzen Messnetz Landlebensräume (10 m²)

Abbildung 15: Zeitliche Veränderung der Anzahl Arten und der Vielfalt der Artengemeinschaften der Gefässpflanzen in der gesamten Schweiz und pro Landlebensraum im Messnetz Landlebensräume



Erläuterungen zur Abbildung auf der vorhergehenden Seite: Über die ganze Schweiz betrachtet veränderte sich die mittlere Anzahl der Gefässpflanzenarten pro 10 m² nicht signifikant. Unterschiedliche Trends in den verschiedenen Landlebensräumen neutralisieren sich, beispielsweise durch eine stärkere Abnahme der Artenzahlen im Wald gegen Ende der Messperiode. Die Vielfalt der Artengemeinschaften der Gefässpflanzen zeigt je nach Landlebensraum sehr unterschiedliche Verläufe. Der Trend der Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt die zeitliche Entwicklung der Ähnlichkeit der Artenlisten zwischen den Probeflächen, basierend auf dem Simpson-Index. Der Index beruht auf den Präsenz-Absenz-Daten der Probeflächen und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Die Berechnung basiert auf dem gleitenden Fünfjahresmittel. Sinkende Werte bedeuten, dass häufige Arten auf noch mehr und/oder seltene Arten auf noch weniger Probeflächen gefunden wurden, das heisst, dass die Vielfalt der Artengemeinschaften abnimmt. Die Y-Achsen der Grafiken zur Anzahl Arten, respektive der Vielfalt der Artengemeinschaften, zeigen jeweils einheitliche Intervallgrössen, fokussieren aber auf den Bereich der jeweiligen Trend-Linien.

Wichtigste Erkenntnisse

- Auf der kleinflächigen Lebensraumebene sind die zeitlichen Veränderungen der Artenzahlen im Vergleich zur Landschaftsebene geringer ausgeprägt. Die Zusammensetzung der Artengemeinschaften hingegen hat sich durchaus verändert. Die Muster unterscheiden sich aber je nach Lebensraumtyp und beschreiben über die 25 Jahre BDM teilweise auch gegenläufige Trends.
- Die gesamtschweizerische Abnahme der Artenzahl im Wald ist u.a. auf die zunehmend dichter werdenden Wälder in montaner und subalpiner Lage zurückzuführen.
    - Analysen zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Artenrückgang und dem zunehmenden Kronenschlussgrad. Gemäss den Ergebnissen des Landesforstinventars (LFI 4) hat die Bestandesdichte in diesen Höhenlagen in den vergangenen 10 bis 20 Jahren zugenommen (Brändli et al., 2020).
- Die mittlere Artenzahl in Wiesen und Weiden zeigt keine signifikanten Trends. Auffällig hingegen sind dort die Veränderungen in der Artenzusammensetzung: Zwischen 2001 und 2015 zeigte sich ein markanter Trend zu einer «Homogenisierung» (Bühler & Roth, 2011). Seither war eine ebenso deutliche Umkehr des Trends auszumachen. Die Artenzahl insgesamt ist in den Wiesen in tiefen Lagen angestiegen (Häberlin & Dengler, 2025).
    - Insbesondere in tiefen Lagen haben kurzlebige Arten ruderaler Lebensräume sowie typische Arten nährstoffarmer Standorte zugenommen. Die Ursachen für diese Entwicklungen sind im Detail unbekannt. Sie könnten sowohl durch wärmeres und trockneres Klima als auch durch eine veränderte Bewirtschaftung verursacht sein. Auch die biodiversitätsfördernden Massnahmen in der Landwirtschaft dürften eine Rolle spielen. Im ALL-EMA werden positive Trends hauptsächlich in Grünland BFF Q2 gemessen, ausserhalb der BFF sind kaum Verbesserungen nachweisbar (Meier et al., 2025). Beim Start des BDM lag die Artenvielfalt in der durchschnittlichen Schweizer Landschaft denn auch auf einem tiefen Niveau. Grosse Abnahmen der Artenvielfalt im Grünland fanden im letzten Jahrhundert statt, weit vor dem Start des BDM (Meier et al., 2025; Widmer et al., 2025). Stellenweise wird aber auch heute noch eine hohe Artenvielfalt erreicht (Riedel et al., 2025; Bergamini, Ginzler, et al., 2025).
- Im Siedlungsraum scheint sich die Artenzahl insgesamt kaum verändert zu haben. Aber interessanterweise liegt die mittlere Artenzahl der Gefässpflanzen auf unversiegelten Flächen innerhalb der Siedlung heute signifikant höher als zu Beginn der Messungen im Jahr 2001. Die Artenzahl dieser Messflächen übertrifft zudem diejenige für das Landwirtschaftsgebiet und den Wald (Forum Biodiversität Schweiz, 2022). Die Vielfalt der Gefässpflanzen-Artengemeinschaften in der Siedlung generell hat seit Messbeginn konstant zugenommen.
    - Der Siedlungsraum umfasst eine besonders grosse Bandbreite an Lebensräumen und ist ein Einfallstor für neue Arten, darunter auch Ruderalpflanzen und Neophyten. Neu eintreffende und zunächst seltene Arten dürften ein Treiber der Vielfalt der Artengemeinschaften der Siedlung sein.
- Gebirgsflächen sind in den vergangenen 25 Jahren im Mittel konstant artenreicher geworden. Auch Alpweiden zeigen eine leichte Zunahme, die allerdings in den letzten Jahren stagnierte.
    - In vom Menschen ungenutzten Gebirgsflächen zeigen sich vor allem die Folgen des Klimawandels. Arten tieferer Lagen dehnen ihre Verbreitung in höhere Lagen aus und ergänzen dort die Artengemeinschaften, noch bevor kälteadaptierte Arten verschwinden (Kiebacher et al., 2023a). In Alpweiden vermischen sich die Wirkungen des Klimawandels mit denjenigen der Nutzungsaufgabe.

Wofür werden die Daten verwendet?

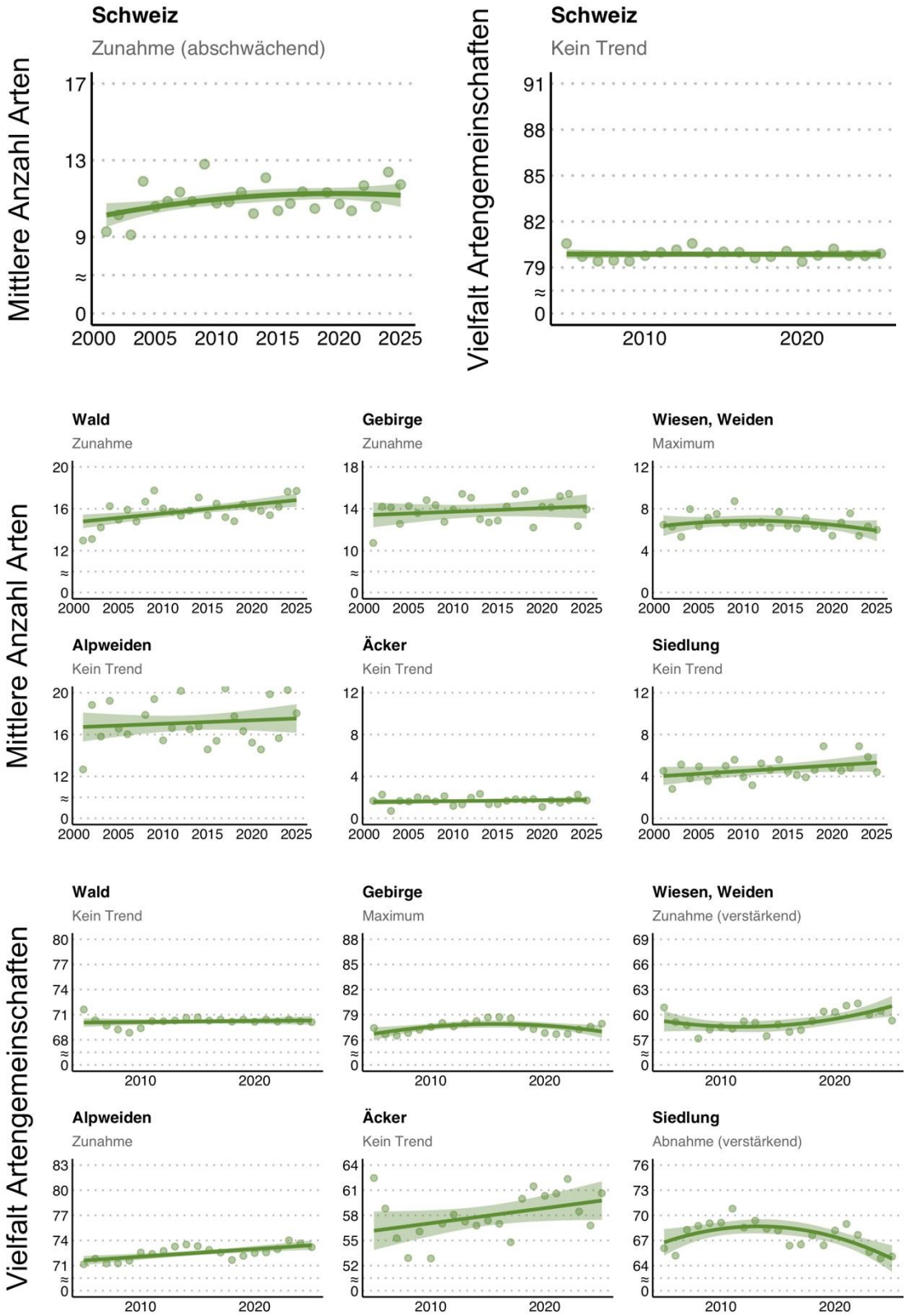
- *Indikatoren*: Artenvielfalt in Landlebensräumen, Vielfalt der Artengemeinschaften, Entwicklung von Einzelarten, BAFU-Umweltindikator (LINK), Legislaturindikator (LINK).
- *Projekte:* Entwicklung kritischer Belastungsgrenzen (Critical Loads) für alpine Ökosysteme im Rahmen der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Roth et al., 2017).

Ausgewählte Publikationen

- Bergamini, A., Ginzler, C., Schmidt, B. R., Boch, S., Ecker, K. T., Pichon, N., Bedolla, A., Psomas, A., Moser, T., Dosch, O., & Holderegger, R. (2025). Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS) (WSL Berichte 174; S. 207).
- Brändli, U.-B., Abegg, M., Allgaier Leuch, B. (Red.) 2020: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Bern, Bundesamt für Umwelt. 341 S. https://doi.org/10.16904/envidat.146.
- Bühler, C., & Roth, T. (2011). Spread of common species results in local-scale floristic homogenization in grassland of Switzerland. Diversity and Distributions, 17(6), 1089–1098. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00799.x
- Häberlin, K. E. R., & Dengler, J. (2025). Recent biodiversity changes in grasslands across elevational bands in Switzerland. Basic and Applied Ecology, 87, 29–37. https://doi.org/10.1016/j.baae.2025.05.003
- Kiebacher, T., Meier, M., Kipfer, T., Roth, T. (2023). Thermophilisation of communities differs between land plant lineages, land use types and elevation. Scientific Reports 13:11395. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38195-6.
- Forum Biodiversität Schweiz (Hrsg.) (2022): 20 Jahre Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Sonderheft zu HOTSPOT 46, 44 Seiten.
- Meier, E., Lüscher, G., Herzog, C., Herzog, F., Indermaur, A., Winizki, J., & Knop, E. (2025). Veränderung der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft: Von der ALL-EMA-Ersterhebung (2015–2019) zur Zweiterhebung (2020–2024). In Agroscope Science (Bd. 209). Agroscope. https://doi.org/10.34776/AS209
- Riedel, S., Widmer, S., Dengler, J., Herzog, F., Schneider, M.K., Wohlgemuth, T., Kessler, M. (2025). Lasting legacies: Relicts of historical plant communities in Central European grasslands amid a century of biodiversity loss. Biological Conservation 312 111500. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111500
- Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., & Achermann, B. (2013). Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. Agriculture, Ecosystems & Environment, 178, 121-126. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.002
- Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Meier, R., & Achermann, B. (2017). Using change-point models to estimate empirical critical loads for nitrogen in mountain ecosystems. Environmental Pollution, 220, 1480-1487. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.083

Moose Messnetz Landlebensräume (10 m²)

Abbildung 16: Zeitliche Veränderung der Anzahl Arten und der Vielfalt der Artengemeinschaften der Moose in der gesamten Schweiz und pro Landlebensraum im Messnetz Landlebensräume



Erläuterungen zur Abbildung auf der vorhergehenden Seite: *Über die ganze Schweiz betrachtet stieg die Anzahl der Moosarten bis 2024 signifikant an, in jüngerer Zeit jedoch weniger stark (Zunahme (abschwächend) basierend auf einem generalisierten linearen Modell). Dieses Muster wird durch die unterschiedlichen Entwicklungen in den verschiedenen Landlebensräumen geprägt. Hinweis: Aufgrund der vorgegebenen Zeitfenster im BDM wird die Moosvielfalt auf Äckern nur lückenhaft erfasst, die Resultate sind also sehr vorsichtig zu interpretieren. Die Vielfalt der Artengemeinschaften der Moose zeigt je nach Landlebensraum unterschiedliche Verläufe. Der Trend der Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt die zeitliche Entwicklung der Ähnlichkeit der Artenlisten zwischen den Probeflächen, basierend auf dem Simpson-Index. Der Index beruht auf den Präsenz-Absenz-Daten der Probeflächen und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Die Berechnung basiert auf dem gleitenden Fünfjahresmittel. Sinkende Werte bedeuten, dass häufige Arten auf noch mehr und/oder seltene Arten auf noch weniger Probeflächen gefunden wurden, das heisst, dass die Vielfalt der Artengemeinschaften abnimmt. Die Y-Achsen der Grafiken zur Anzahl Arten, respektive der Vielfalt der Artengemeinschaften, zeigen jeweils einheitliche Intervallgrössen, fokussieren aber auf den Bereich der jeweiligen Trend-Linien.*

Wichtigste Erkenntnisse

- Die Artenzahlen nehmen insgesamt leicht zu. Dies beruht vor allem auf einer Zunahme im Gebirge und im Wald.
    - Als Ursache kommen Umwelteinflüsse in Frage, wobei Moose teilweise anders reagieren als Gefässpflanzen. So wurde beispielsweise gezeigt, dass die lokale Zunahme wärmeliebender Arten in den höheren Lagen aufgrund des Klimawandels bei Moosen doppelt so schnell erfolgt wie bei den Gefässpflanzen. Das könnte damit erklärt werden, dass Moose häufig sehr ausbreitungsfähig sind und Trockenheit besser überdauern können (Kiebacher et al., 2023a).
- Die Anzahl epiphytischer Moosarten (Arten, die auf anderen Pflanzen wie bspw. Bäumen wachsen) nimmt sowohl im Laub- als auch im Nadelwald zu, wobei es keinen Unterschied gibt zwischen stickstoffliebenden und magerkeitszeigenden Epiphyten.
    - Die Zunahme der Epiphyten ist vor allem auf einige häufige Arten wie das Gewöhnliche Kratzmoos (*Radula complanata*) und Lyells Goldhaarmoos (*Pulvigera lyellii*) zurückzuführen.
- Die Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt insgesamt keinen statistisch signifikanten Trend, wobei es Unterschiede zwischen den Lebensraumtypen gibt.
    - Mit BDM-Daten konnte gezeigt werden, dass Moos-Artengemeinschaften im artenreichen Grünland bei erhöhter Stickstoff-Deposition gleichförmiger sind: einige wenige nährstoffzeigende Arten dominieren, während Magerkeitszeiger fehlen (Roth et al., 2013). Der Rückgang der Stickstoff-Deposition in jüngerer Zeit könnte die zunehmende Vielfalt der Artengemeinschaften in Wiesen und Weiden erklären (vgl. Kapitel Artenvielfalt im Umbruch: Ursachen jenseits des Klimawandels auf Seite 62).

Wofür werden die Daten verwendet?

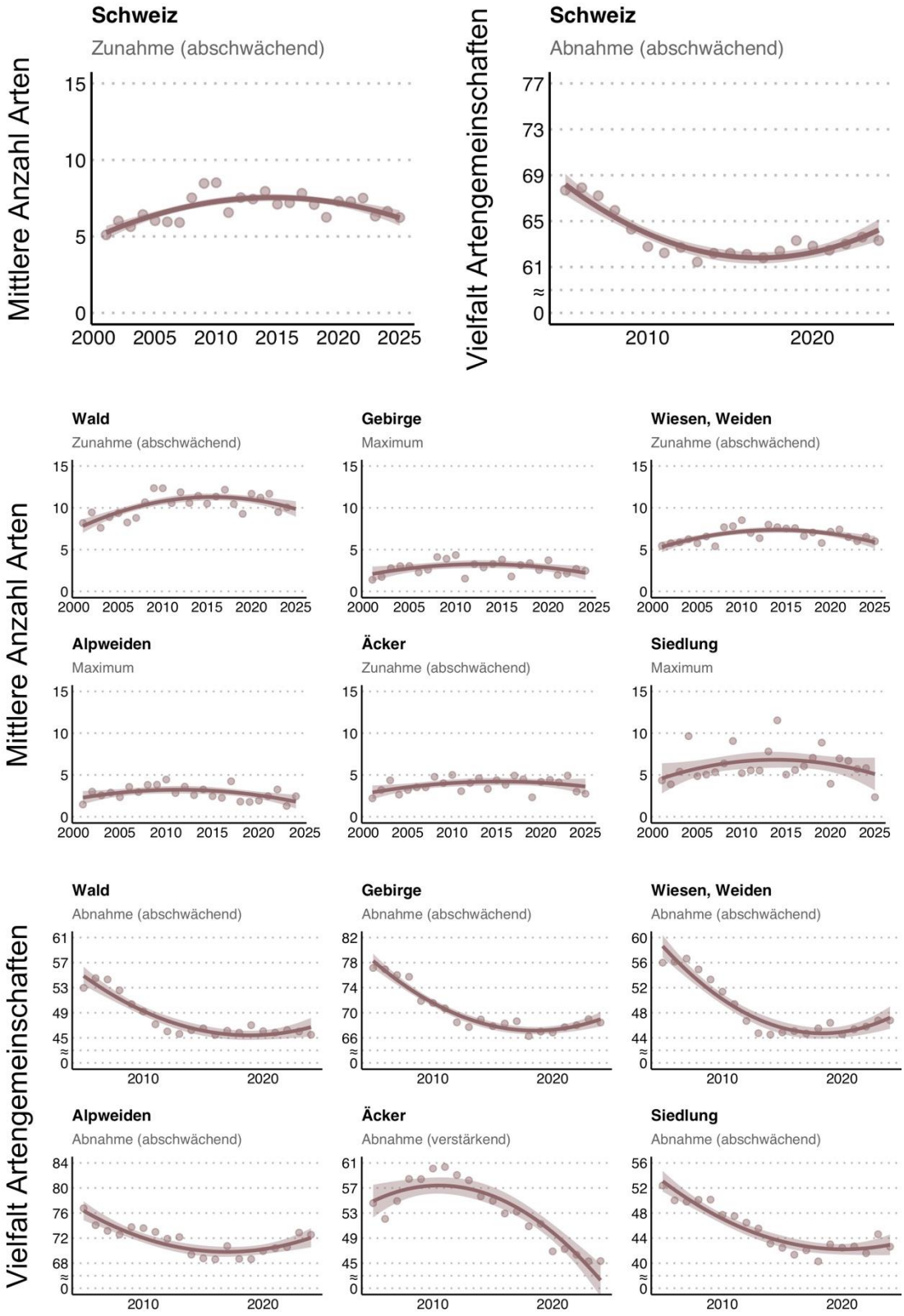
- *BDM-Indikatoren*: Artenvielfalt in Landlebensräumen, Vielfalt der Artengemeinschaften, Entwicklung von Einzelarten, BAFU-Umweltindikator (LINK), Legislaturindikator (LINK).
- *Projekte:* Entwicklung von kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) für alpine Ökosysteme im Rahmen der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Roth et al., 2013, 2017).

Ausgewählte Publikationen

- Kiebacher, T., Meier, M., Kipfer, T., & Roth, T.(2023). Thermophilisation of communities differs between land plant lineages, land use types and elevation. *Scientific Reports*, 13(1), 11395. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38195-6
- Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., & Achermann, B. (2013). Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *178*, 121–126. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.002

Mollusken Messnetz Landlebensräume (10 m²)

Abbildung 17: Zeitliche Veränderung der Anzahl Arten und der Vielfalt der Artengemeinschaften der Mollusken in der gesamten Schweiz und pro Landlebensraum im Messnetz Landlebensräume

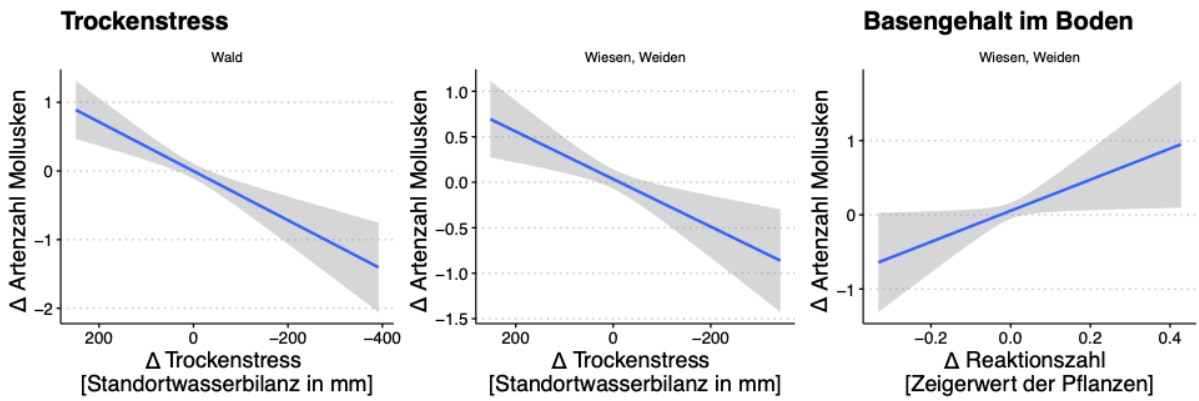


Erläuterungen zur Abbildung auf der vorhergehenden Seite: Über die ganze Schweiz betrachtet stieg die Anzahl der Molluskenarten bis 2014 signifikant an, stagnierte in jüngerer Zeit aber (Zunahme (abschwächend) basierend auf einem generalisierten linearen Modell). Im Gebirge, auf Alpweiden und in der Siedlung ist nach der anfänglichen Zunahme gar eine Abnahme zu verzeichnen (Maximumkurve). Die Vielfalt der Artengemeinschaften der Mollusken nahm je nach Landlebensraum unterschiedlich stark ab. Der Trend der Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt die zeitliche Entwicklung der Ähnlichkeit der Artenlisten zwischen den Probeflächen, basierend auf dem Simpson-Index. Der Index beruht auf den Präsenz-Absenz-Daten der Probeflächen und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Die Berechnung basiert auf dem gleitenden Fünfjahresmittel. Sinkende Werte bedeuten, dass häufige Arten auf noch mehr und/oder seltene Arten auf noch weniger Probeflächen gefunden wurden, das heisst, dass die Vielfalt der Artengemeinschaften abnimmt. Die Y-Achsen der Grafiken zur Anzahl Arten, respektive der Vielfalt der Artengemeinschaften, zeigen jeweils einheitliche Intervallgrössen, fokussieren aber auf den Bereich der jeweiligen Trend-Linien.

Wichtigste Erkenntnisse

- Im Zeitraum 2001-2010 wurde in allen untersuchten Lebensräumen eine Zunahme der Artenzahl (+ 30%) und der Individuenzahl (+250 %) beobachtet. Parallel zur Zunahme wurden die Artengemeinschaften aber ähnlicher (homogener) – ausser in den Äckern. Diese Angleichung war auf nur wenige Arten zurückzuführen. Ab 2010 nahmen die Arten- und Individuenzahlen schleichend ab, wobei die Artengemeinschaften nicht noch homogener wurden.
    - Als wichtige Ursachen für die auffälligen Zu- und Abnahmen bei den Mollusken konnten insbesondere Trockenstress (negative Standortwasserbilanz SWB) und Veränderungen des Basengehalts der Böden identifiziert werden (Abbildung 18): In Jahren mit ausgeprägtem Trockenstress – wie in jüngster Zeit immer häufiger feststellbar – werden geringere Artenzahlen gemessen. Besonders deutlich ist dies im Wald sowie in Wiesen und Weiden der Tieflagen der Schweiz. Ein hoher Basengehalt im Boden geht mit einer hohen Artenvielfalt bei den Mollusken einher. Hier zeigen sich vor allem in Wiesen und Weiden positive Zusammenhänge. Begünstigt wird die Zunahme der Mollusken vermutlich durch den immer weniger sauren Niederschlag in den letzten Jahrzehnten.
- Am meisten Molluskenarten wurden in Wäldern, im Jura und auf der Alpennordflanke nachgewiesen. Am meisten Individuen hat es dagegen im Siedlungsraum. Zudem ist die Molluskenvielfalt bei 1'000 m ü. M. am grössten. Am wenigsten Arten kommen auf der Alpensüdflanke vor.

Abbildung 18: Effekt von Trockenstress und Basengehalt im Boden auf die Anzahl festgestellter Mollusken



In Jahren mit hohem Trockenstress (negative Standortwasserbilanz, SWB) werden im Wald, in Wiesen und in Weiden deutlich weniger Molluskenarten registriert (links und Mitte). In Wiesen und Weiden, wo der Basengehalt zugenommen hat (mittlere Reaktionszahl der Gefässpflanzen), werden auch mehr Molluskenarten festgestellt (rechts). Dargestellt sind jeweils die jährlichen Abweichungen einer Untersuchungsfläche vom langfristigen Trend (2001-2024).

Wofür werden die Daten verwendet?

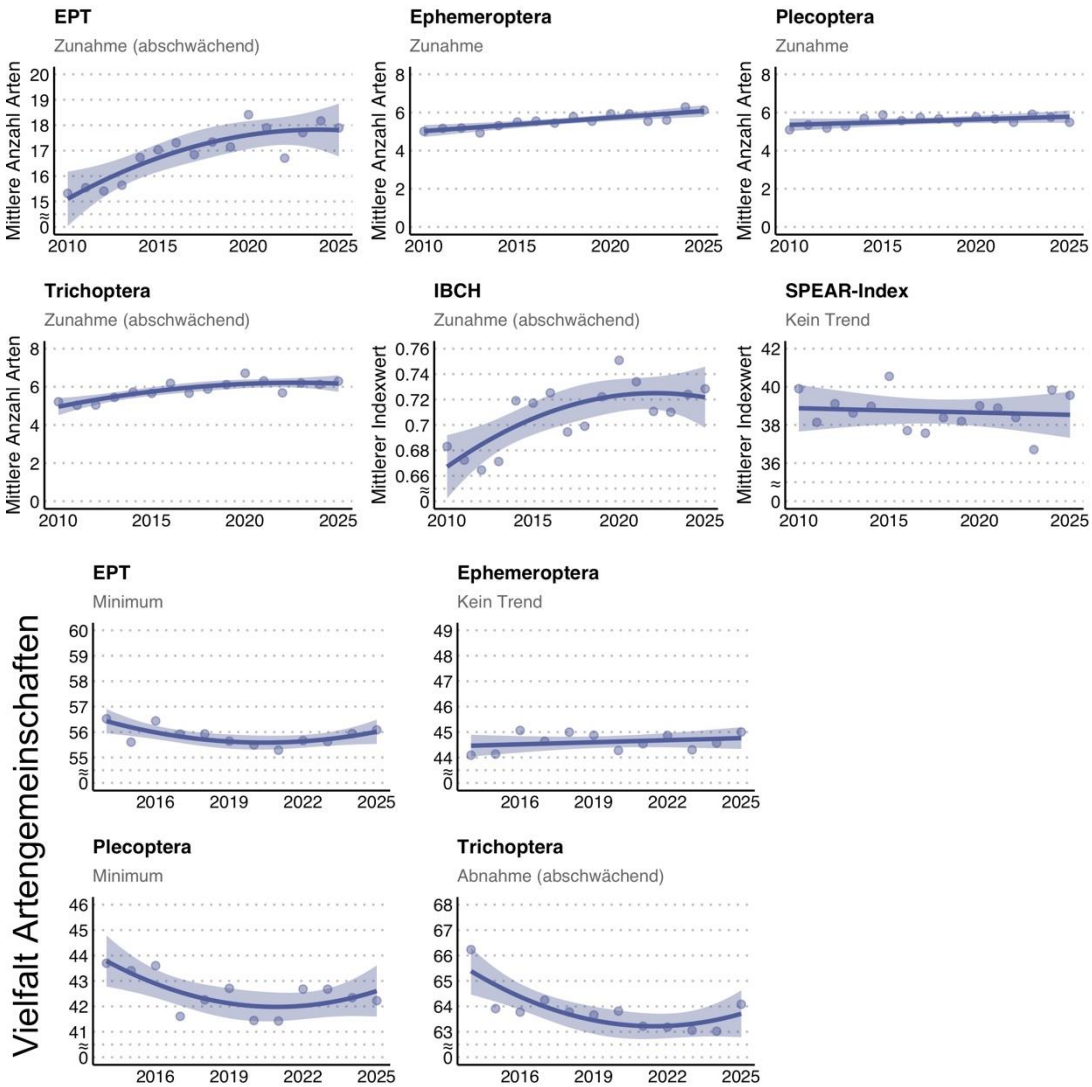
BDM-Indikatoren: Artenvielfalt in Landlebensräumen, Vielfalt der Artengemeinschaften, Entwicklung von Einzelarten, BAFU-Umweltindikator (LINK), Legislaturindikator (LINK)

Ausgewählte Publikationen

- Brändli, U.-B., Bühler, Ch. & Zangger, A. (2007). Waldindikatoren zur Artenvielfalt: Erkenntnisse aus LFI und BDM. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen,* 158: 243-254.
- Zellweger, F., Braunisch, V., Morsdorf, F., Baltensweiler, A., Abegg, M., Roth, T., Bugmann, H. & Bollmann, K. (2015). Disentangling the effects of climate, topography, soil and vegetation on stand-scale species richness in temperate forests. *Forest Ecology and Management,* 349: 36-44.

Gewässerinsekten Messnetz Fliessgewässer

Abbildung 19: Zeitliche Veränderung der Anzahl Arten und der Vielfalt der Artengemeinschaften der Gewässerinsekten EPT in der gesamten Schweiz im Messnetz Fliessgewässer, sowie IBCH und SPEAR-Index.



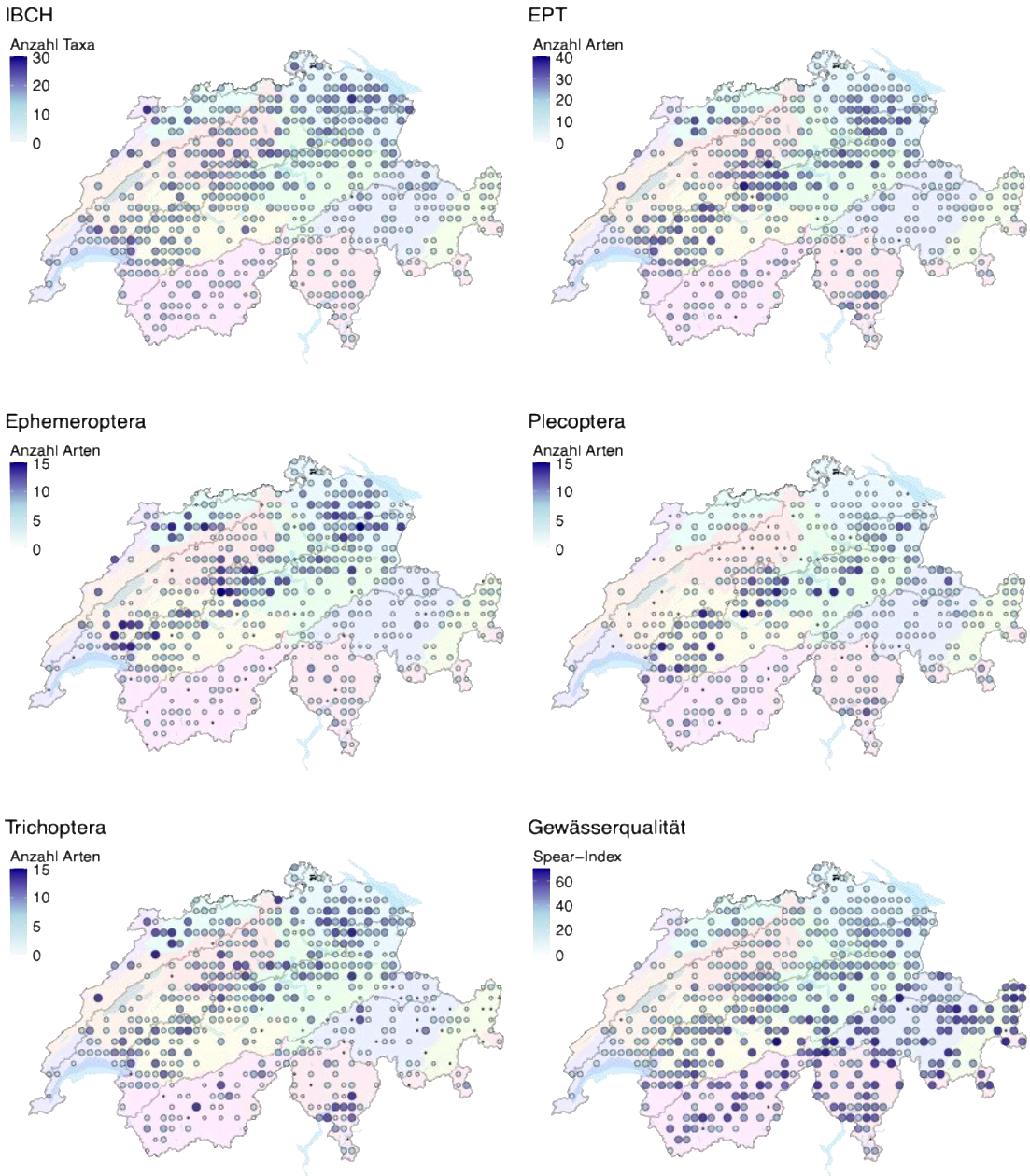
Schweizweit stieg die Artenzahl bei den Gewässerinsekten (Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera)) seit 2010 signifikant an, stagniert in jüngerer Zeit aber (Zunahme (abschwächend) basierend auf einem generalisierten linearen Modell). Beim IBCH und beim SPEAR-Index gab es hingegen schweizweit keine statistisch signifikanten Trends über die Zeit. Nach Höhenstufen betrachtet nimmt der SPEAR-Index in der montanen Stufe jedoch signifikant ab (Kapitel 4, Abbildung 41). Der IBCH (Indice biologique suisse) ist ein Schweizer Gewässergüte-Index, der anhand der dort lebenden Wasserinsekten und anderer wirbelloser Tiere (Makrozoobenthos) bewertet, wie sauber und ökologisch intakt ein Bach oder Fluss ist. Je mehr empfindliche Arten vorkommen, desto besser sind die Wasserqualität und der Zustand des Lebensraums (LINK) (Bundesamt für Umwelt, 2019). Der IBCH erfasst nebst der Wasserqualität auch die Naturbelassenheit der Gewässersohle und der Ufer. Der SPEAR-Index zeigt das Verhältnis zwischen der Menge der empfindlichen vs. der Gesamtmenge aller vorkommenden wirbellosen Tiere und drückt somit die Gewässerqualität in Bezug zur Pflanzenschutzmittelbelastung aus. Der Trend der Vielfalt der Artengemeinschaften zeigt die zeitliche Entwicklung der Ähnlichkeit der Artenlisten zwischen den Probeflächen, basierend auf dem Simpson-Index. Der Index beruht auf den Präsenz-Absenz-Daten der Probeflächen und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Die Berechnung basiert auf dem gleitenden Fünfjahresmittel. Sinkende Werte bedeuten, dass häufige Arten auf noch mehr und/oder seltene Arten auf noch weniger Probeflächen gefunden wurden, das heisst, dass die Vielfalt der

Artengemeinschaften abnimmt. Die Y-Achsen der Grafiken zur Anzahl Arten, respektive der Vielfalt der Artengemeinschaften, zeigen jeweils einheitliche Intervallgrössen, fokussieren aber auf den Bereich der jeweiligen Trend-Linien.

Wichtigste Erkenntnisse

- Insgesamt ist die Artenvielfalt der Wirbellosen in den Gewässern (IBCH) des Mittellands, der Alpennordflanke und teilweise im Jura am grössten (Abbildung 20). Die Plecoptera, die kühlere und sauerstoffreichere Gewässer bevorzugen als die Ephemeroptera und die Trichoptera, kommen vermehrt auf der Alpennordflanke vor. Die vielseitigeren Trichoptera kommen auch in wärmeren Gewässern im Mittelland und Tessin vor. Die Gewässerqualität (SPEAR-Index) nimmt von Nord-West nach Süd-Ost zu.

Abbildung 20: Artenvielfalt und Wasserqualität der Fliessgewässer



Artenvielfalt (2021-2025) des IBCH, der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera sowie die Wasserqualität gemäss SPEAR-Index. Je dunkler die Punkte gefüllt sind, desto höher ist die Artenvielfalt, bzw. desto höher ist die Gewässerqualität (SPEAR-Index). Die bunten Hintergrundfarben zeigen die verschiedenen Einzugsgebiete der Schweizer Fliessgewässer.

- Die Artenvielfalt der EPT nimmt zu (Gebert et al., 2022), die Zunahme flacht aber neuerdings wieder ab.
    - Die Zunahme basiert auf wärmeliebenden, anspruchslosen und häufigen Arten (Gebert et al., 2022; Timoner et al., 2021), ohne dass eine Verbesserung der Gewässerqualität messbar ist (SPEAR-Index und IBCH). Der IBCH (Indice biologique suisse) ist ein Schweizer Gewässergüte-Index, der anhand der dort lebenden Wasserinsekten und anderer wirbelloser Tiere (Makrozoobenthos) bewertet, wie sauber und ökologisch intakt ein Bach oder Fluss ist. Je mehr empfindliche Arten vorkommen, desto besser sind die Wasserqualität und der Zustand des Lebensraums (LINK) (Bundesamt für Umwelt, 2019). Der IBCH erfasst nebst der Wasserqualität auch die Naturbelassenheit der Gewässersohle und der Ufer. Die Wasserqualität in Bezug zur Pflanzenschutzmittelbelastung kommt zudem im SPEAR-Index zum Ausdruck. Das Prinzip des SPEAR-Index besteht darin, dass die Menge der empfindlichen wirbellosen Tiere mit der Gesamtmenge aller vorkommenden Wirbellosen verglichen wird. Ein tiefer Index bedeutet also eine starke Belastung, ein hoher Wert eine hohe Gewässerqualität.
    - Modelle mit BDM-Daten prognostizieren eine weitere Abnahme/Verschlechterung der Qualität der Fliessgewässer bei fortschreitendem Klimawandel und ungenügendem Gewässerschutz (Timoner et al., 2021).
- Fast die Hälfte der Tieflandfliessgewässer bleibt qualitativ unzureichend, da Revitalisierungsmassnahmen lokal zu begrenzt sind, um landesweit Wirkung zu zeigen (Hutter et al., 2019; Steiner et al., 2024).

Wofür werden die Daten verwendet?

- *Indikatoren*: Artenvielfalt in Fliessgewässern, Entwicklung von Einzelarten, IBCH, SPEAR-Index (Bundesamt für Umwelt, 2019).
- Projekte: NAWA (kombinierte Auswertungen); Blue-Green Biodiversity Research Initiative von Eawag und WSL; IBCH update (2015); Swiss National Science Foundation - Eco-hydrologic services of Swiss rivers and catchments under climate and land use scenarios.

Ausgewählte Publikationen

- BAFU (Hrsg.) (2019): Methoden zur Untersuchung und Beurteilung von Fliessgewässern (IBCH_2019). Makrozoobenthos – Stufe F. 1. aktualisierte Ausgabe, November 2019; Erstausgabe 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. *Umwelt-Vollzug*, Nr. 1026: 59 S.
- Gebert, F., Obrist, M. K., Siber, R., Altermatt, F., Bollmann, K., & Schuwirth, N. (2022). Recent trends in stream macroinvertebrates: Warm-adapted and pesticide-tolerant taxa increase in richness. *Biology Letters,* 18(3), 20210513. https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0513
- Hutter, P., Roth, T., Martinez, N., Stucki, P. & Litsios, G., (2019): Fliessgewässer-Fauna unter Druck. Erste Trends aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM). *AQUA & GAS,* 7/8, 2019.
- Martinez, N., Stickelberger, C., Fässler, F., Strebel, N., & Roth, T. (2020). Vorkommen von Wasseramsel *Cinclus cinclus* und Gebirgsstelze *Motacilla cinerea* in Abhängigkeit vom biologischen Zustand der Fliessgewässer. *Ornithologischer Beobachter,* 117, 164-176.
- Steiner, E., Martinez, N., Thoma, M. & Ilg, C. (2024). Auswirkungen sichtbarer Veränderungen an Gewässermessstellen. Analyse von Makroinvertebraten-Daten. *Aqua & Gas*, 7+8: 80-85.
- Timoner, P., Fasel, M., Ashraf Vaghefi, S. S., Marle, P., Castella, E., Moser, F., & Lehmann, A. (2021). Impacts of climate change on aquatic insects in temperate alpine regions: Complementary modeling approaches applied to Swiss rivers. *Global Change Biology*, 27(15), 3565–3581. https://doi.org/10.1111/gcb.15637
- Wüthrich, R. & Altermatt, F. (2019). Aquatische Monitoringprogramme NAWA und BDM. Synergien, Strategien und Visionen. *Bundesamt für Umwelt BAFU*, Bern, Schweiz. 65 S.

4. Ausgewählte Resultate

In diesem Kapitel werden ausgewählte Ergebnisse des Biodiversitätsmonitorings Schweiz vorgestellt. Der Fokus liegt auf aktuellen, exemplarischen Befunden, die in sieben ausgewählte Themenbereiche gegliedert werden. Jeder Abschnitt portraitiert einen in sich geschlossenen Sachverhalt und kann unabhängig von den anderen gelesen werden. Dadurch kommt es inhaltlich teilweise zu leichten Überschneidungen. Die Zusammenstellung stellt keine umfassende Zustandsbeurteilung der Biodiversität in der Schweiz dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Entsprechend wird auf detaillierte Darstellungen sowie auf ausführliche Erläuterungen der Methoden verzichtet. Diese können in den zu Grunde liegenden Berichten und Publikationen nachgelesen werden.

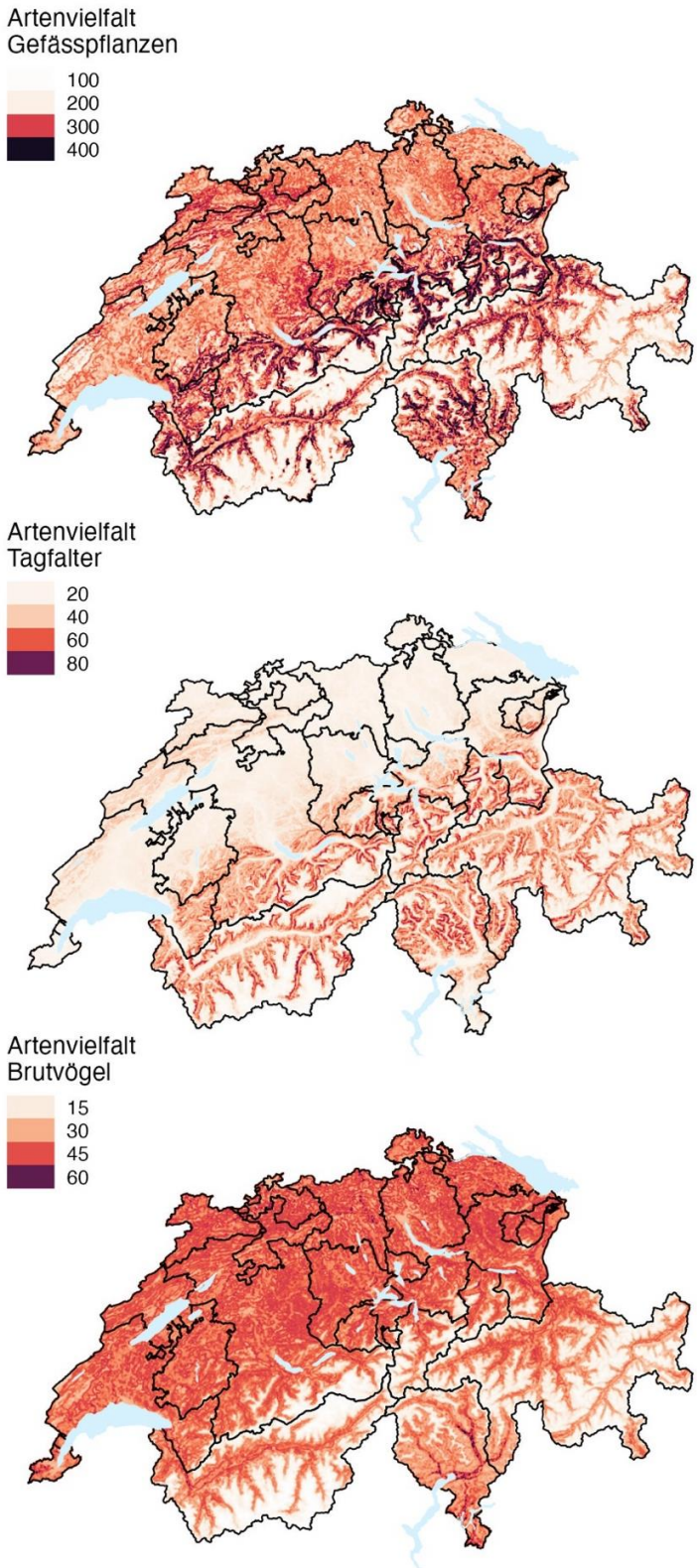
Entwicklung der Artenvielfalt in der Schweiz

Die Hauptaufgabe des BDM besteht darin, die Entwicklung der Artenvielfalt in der gesamten Schweiz objektiv, d.h. möglichst frei von Verzerrungen, abzubilden. Dies bedingt, dass man den Blick auf die durchschnittliche Landschaft richtet und folglich primär Veränderungen ausserhalb von Schutzgebieten und bei weit verbreiteten Arten verfolgt (Weber et al., 2004).

Die räumliche Verteilung der Artenvielfalt in der Schweiz

Basierend auf BDM-Daten des Messnetzes Landschaften haben wir die Artenzahlen für Gefässpflanzen, Tagfalter und Vögel in der Schweiz modelliert. Ein generalisiertes lineares Modell nutzt Variablen wie Meereshöhe und Landnutzung, um die Artenvielfalt pro Quadratkilometer abzuschätzen (Methode siehe bei Huwyler et al., 2012). Die resultierenden Vielfaltskarten zeigen deutliche Unterschiede (Abbildung 21): Alle drei Gruppen weisen geringe Artenzahlen in hochalpinen Lagen auf, wo nur spezialisierte Arten überleben. Dieses Muster kontrastiert mit der mehrheitlich menschgemachten Verarmung in Tieflagen durch intensive Landwirtschaft und Urbanisierung im 20. Jahrhundert (Meier et al., 2025). Besonders auffällig ist die Artenarmut der Tagfalter im Mittelland, im Jura und in den Alpentälern. Dort ist heute nur ein Bruchteil der Artenvielfalt vorhanden, im Vergleich zu jener, die noch in den montanen und subalpinen Höhenlagen der Alpen anzutreffen ist. Die Brutvögel zeigen dagegen eine gleichmässigere Verteilung in tiefen und mittleren Lagen, mit hohen Artenzahlen auch im Jura und Mittelland. Gefässpflanzen stehen zwischen beiden Prozessen: Verarmung im Mittelland, maximale Artenzahlen an der Alpennordflanke und im nördlichen Jura.

Abbildung 21: Verteilung der Artenvielfalt in der Schweiz (2020–2024).

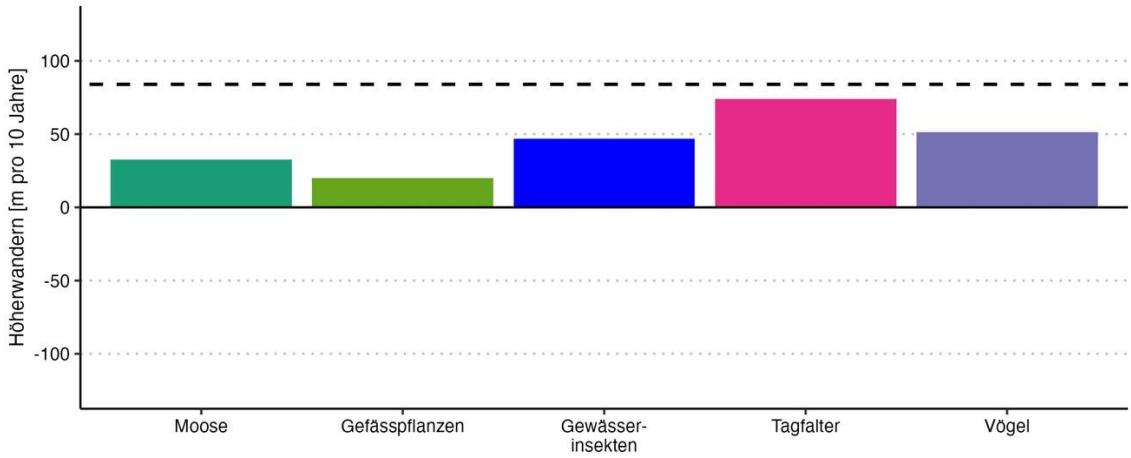


Die räumlichen Muster bei Verteilung der Artenvielfalt zwischen 2020-2024 pro km² unterscheiden sich deutlich zwischen Gefässpflanzen, Tagfaltern und Vögeln (von oben nach unten).

Klimawandel: Höherwandern der Artengruppen seit 2001

Die BDM-Daten zeigen seit der Jahrtausendwende rasante Höhenverschiebungen aller untersuchten Artengruppen. Ein offensichtlicher Treiber dieser Veränderungen ist der Klimawandel. Allen Arten werden Temperaturzeigerwerte zugewiesen, basierend auf Literaturangaben. Seit Messbeginn steigen die mittleren Temperaturzeigerwerte der beobachteten Arten: Wärmezeigende Arten breiten sich aus, kältezeigende ziehen sich in höhere Lagen zurück. Das Höherwandern ist bei mobilen Artengruppen besonders ausgeprägt, wobei die beobachteten Veränderungen geringer sind, als rein aufgrund des Temperaturanstiegs zu erwarten wäre (Abbildung 22).

Abbildung 22: Durchschnittliches Höherwandern der Artengruppen

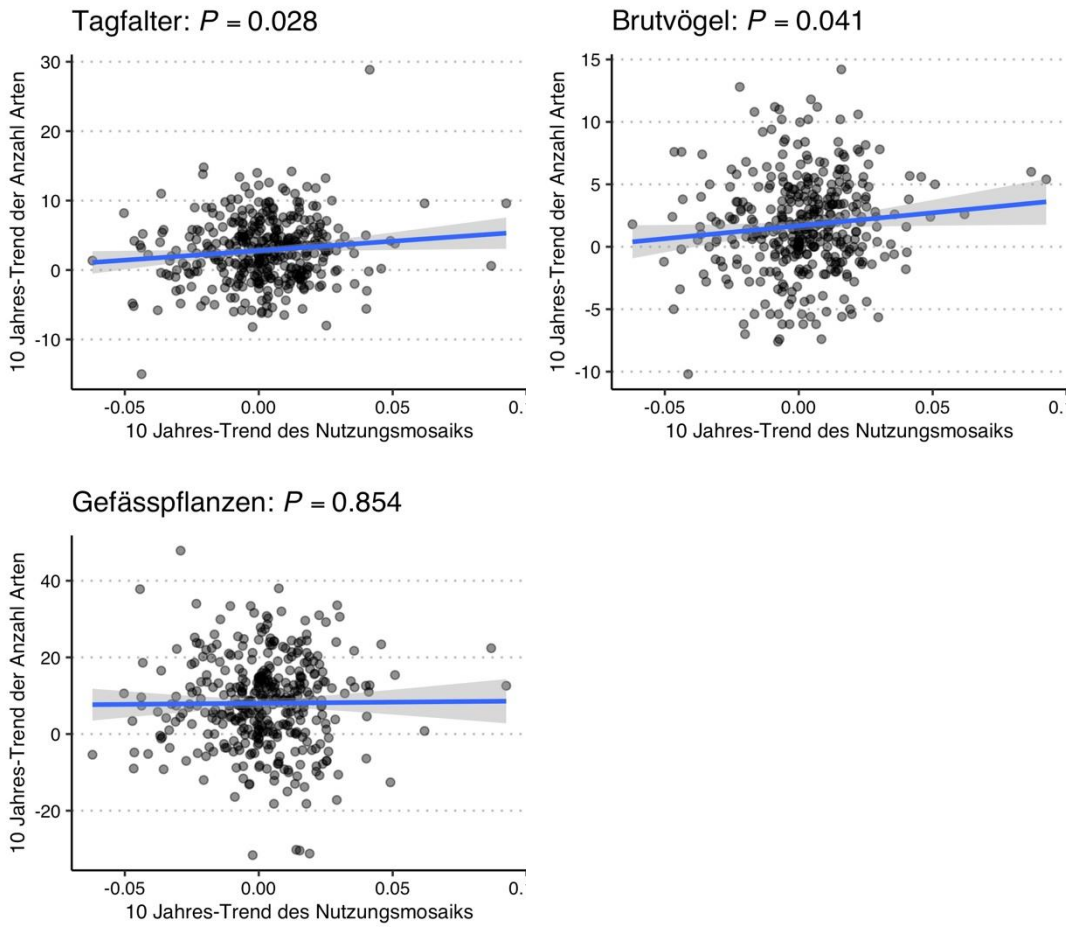


Das durchschnittliche Höherwandern leitet sich aus der Zunahme des mittleren Temperatur-Zeigerwerts der beobachteten Artengemeinschaft (Community Temperature Index; CTI) innerhalb von 10 Jahren ab. Beispiel: Vogelgemeinschaften mit demselben CTI werden heute 50 m höher gefunden als noch vor 10 Jahren. Die durchschnittliche Lufttemperatur nahm zwischen 2001 und 2021 derart zu, dass eine bestimmte Temperatur heute 84 m höher angetroffen wird als noch vor 10 Jahren (gestrichelte Linie). Für Details zu den Methoden siehe Kiebacher et al. (2023a).

Nutzungsvielfalt und Biodiversität

Neben dem grossflächig wirkenden Klimawandel hat auch die Nutzung der Lebensräume durch den Menschen einen Einfluss auf die Verteilung der Arten in Landschaften. Dies verdeutlicht eine Analyse zum Zusammenhang zwischen Artenvielfalt und dem Gradienten der Nutzungsvielfalt, in der Daten des BDM und der Arealstatistik (100-m-Raster) verknüpft wurden. Der Anteil benachbarter Rasterpunkte mit unterschiedlicher Nutzung pro 1-km^2-BDM-Fläche (Nutzungswechsel) diente als Mass für die Nutzungsvielfalt/Nutzungsmosaik. Auf Landschaftsebene erhöht eine vielfältigere Nutzung die Artenzahl der Gefässpflanzen-, Tagfalter- und Brutvogelarten signifikant – besonders bis zu einem Anteil der Nutzungswechsel von ~30 % (d.h. 30 % der benachbarten Rasterpunkte haben im Vergleich eine unterschiedliche Nutzung), bei höheren Anteilen flacht dieser Effekt aber ab. Zeitlich veränderte sich die Nutzungsvielfalt schweizweit seit der Jahrtausendwende kaum, zeigt aber grosse regionale Unterschiede. Wo das Nutzungsmosaik vielfältiger wurde, sprich der Anteil benachbarter Rasterpunkte mit unterschiedlicher Nutzung grösser wurde, nahm die Anzahl Tagfalter- und Brutvogelarten zu – analog der Zustandsanalyse (Abbildung 23). Bei Gefässpflanzen zeigte sich jedoch kein signifikanter Zusammenhang. Im Kapitel «Artenvielfalt im Umbruch: Ursachen jenseits des Klimawandels» finden sich weitere Erklärungen dazu. Die Nutzung bestimmt zudem mit, ob Arten dem Klimawandel überhaupt folgen können: Ein Höherwandern setzt voraus, dass geeignete Lebensräume entlang des Höhengradienten zusammenhängen. Wo intensiv genutzte Flächen diese Verbindung unterbrechen, bleibt eine Verschiebung aus, auch wenn eine Art mobil genug wäre.

Abbildung 23: Zeitliche Entwicklung der Artenvielfalt und des Nutzungsmosaiks



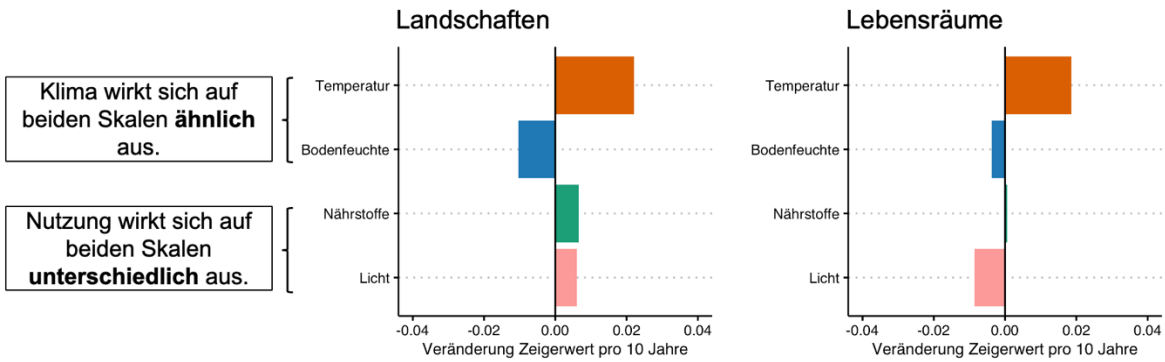
Korrelation zwischen der Veränderung des Nutzungsmosaiks (x-Achse) und der Veränderung der Artenvielfalt (y-Achse) für Tagfalter (oben links; 3–5 Messungen 2003–2024), Brutvögel (oben rechts; 3–5 Messungen 2001–2024) und Gefässpflanzen (unten; 3–5 Messungen pro Messfläche 2001–2024). Die Veränderung des Nutzungsmosaiks wird durch den Anteil der benachbarten Rasterpunkte mit Nutzungswechsel angegeben (4 Messungen pro Messfläche zwischen 1979 und 2019). Dargestellt sind jeweils die durchschnittlichen Veränderungen pro 10 Jahre. Die 10-Jahrestrends der zeitlichen Zunahme der Artenvielfalt der Tagfalter- sowie Brutvogelarten und des Nutzungsmosaiks der 1 km²-Messflächen auf Landschaftsebene stehen in einem positiven Zusammenhang. Berücksichtigt wurden alle 375 Messflächen der regulären BDM-Stichprobe.

Unterschiedliche Effekte zwischen den Messnetzen: Skaleneffekt

Die Biodiversität kann sich auf verschiedenen räumlichen Skalen (z.B. kleine vs. grosse Messflächen) unterschiedlich zusammensetzen oder entwickeln (Chase et al., 2018). Solche Skaleneffekte erschweren die Interpretation und Vergleichbarkeit von Biodiversitätsstudien, sie können aber auch helfen die Ursachen der Veränderungen besser zu verstehen. Im BDM werden die Gefässpflanzen deshalb auf zwei räumlich unterschiedlichen Skalen untersucht (Weber et al., 2004): Im Messnetz Landschaften (Artenvielfalt, die durch das Mosaik von Lebensräumen und ihren Übergängen zustande kommt) sowie im Messnetz Landlebensräume (kleinräumige Artenvielfalt innerhalb eines Lebensraumtyps). Ein Skaleneffekt lässt sich tatsächlich auch im BDM bei den Gefässpflanzen feststellen: Temperatur und Bodenfeuchte werden grossräumig vom Klima beeinflusst und die Zeigerwerte verändern sich daher auf beiden Skalen ähnlich. Bei den Zeigerwerten, die eher durch die Nutzung beeinflusst werden, verlaufen die Trends zwischen den beiden Skalen unterschiedlich (Abbildung 24). Im Mittelland und Jura werden die Landschaften beispielsweise artenreicher, während die Artenzahl innerhalb der Habitate aber relativ konstant bleibt. Die Vielfalt der Artengemeinschaften nimmt jedoch auf Landschaftsebene ab und in den Lebensräumen zu, die Artenlisten zwischen den Habitaten werden also unterschiedlicher. Dies führt dazu, dass trotz konstanter Artenzahlen innerhalb der Habitate die Artenzahl in Landschaften zunimmt. Verantwortlich für diese Entwicklung sind ruderale Arten, die auf zunehmende Störungen in den Nutzungen reagieren sowie Wärmezeiger, die sich im Zuge des Klimawandels ausbreiten.

Die Summe der Messflächen auf Lebensraumebene entspricht nicht einfach der km^2-Messfläche auf Landschaftsebene. Ein simples Zusammenlegen der Daten unterschiedlicher 10 m^2-Landlebensräume kann falsche Eindrücke vermitteln. Auf Landschaftsebene finden viele Studien eine Zunahme des Artenreichtums aufgrund der Ausbreitung von Arten (Neophyten, wärmeliebende Arten, Generalisten, Störungszeiger; Chase et al., 2018). Dagegen gibt es eine grosse Variation zwischen Studien auf lokaler Ebene, ohne einheitliche Trends. Auf der globalen Skala wird allerdings eine Abnahme der Artenvielfalt beobachtet, weil einige Arten seltener geworden sind.

Abbildung 24: Veränderung der Zeigerwerte der Gefässpflanzen in Abhängigkeit vom Messnetz



Die Entwicklung der mittleren Zeigerwerte für Temperatur, Bodenfeuchte, Nährstoffe und Licht im Messnetz Landschaften (1 km^2 Messflächen) und im Messnetz Landlebensräume (10 m^2 Messflächen) zeigt auf unterschiedlicher Skala unterschiedliche zeitliche Trends.

Der Tagfalter-Index dokumentiert die dynamischen Arttrends

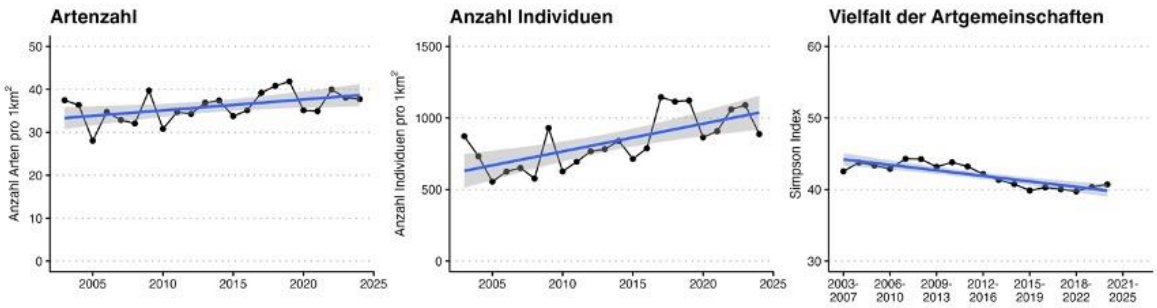
Tagfalter leben überwiegend in offenen und halboffenen Lebensräumen und reagieren sensibel auf Umweltveränderungen. Im Folgenden zeigen wir die Entwicklung der Tagfaltergemeinschaften in der Schweiz auf. Dabei wird deutlich, dass hinter den «übergeordneten» Indikatoren eine grosse Dynamik mit sehr unterschiedlichen Entwicklungen der einzelnen Arten steckt.

Wenige Arten beeinflussen die BDM-Indikatoren

Seit 2003 hat die Artenzahl der Tagfalter in der Schweiz deutlich zugenommen (Abbildung 25 links). Beim Indikator Artenvielfalt haben häufige Arten, die sich auf viele neue Messflächen ausbreiten, einen stärkeren Einfluss auf den Trend als seltene Arten, selbst wenn letztere prozentual stärker zunehmen. Es sind deshalb die häufigen Arten mit Bestandesveränderungen, die den Indikator hauptsächlich beeinflussen.

Neben der Artenzahl ist auch die Gesamtzahl der Tagfalter-Individuen gestiegen (Abbildung 25 Mitte). Auch hier sind es wenige Arten, die stark zunehmen und sich in der ganzen Schweiz ausbreiten, wie zum Beispiel der Kurzschwänzige Bläuling (*Cupido argiades*). Andere nehmen innerhalb des bisherigen Areals zu, wie der Kaisermantel (*Argynnis paphia*) oder der Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*). Dadurch werden die Tagfalter-Artengemeinschaften untereinander immer ähnlicher (Abbildung 25 rechts). Solche gegensätzlichen Entwicklungen zwischen der Artenzahl und der Vielfalt der Artengemeinschaften finden sich nicht nur bei den Tagfaltern, sondern auch bei vielen weiteren untersuchten Artengruppen (Kapitel 3).

Abbildung 25: Entwicklung Tagfalter-Indikatoren 2003–2025



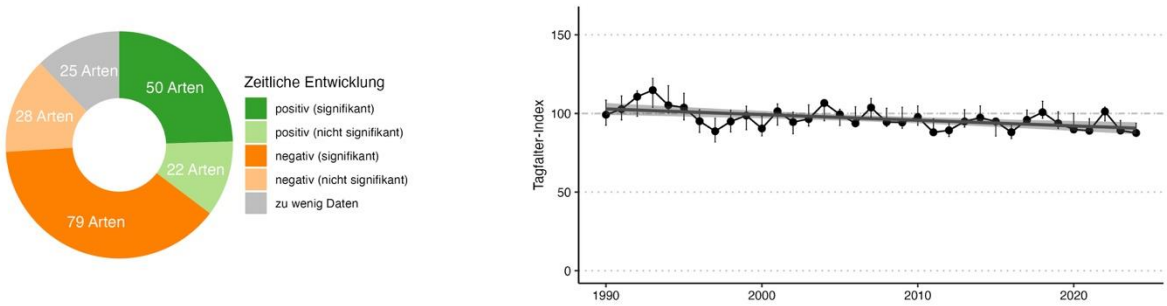
Entwicklung der mittleren Tagfalter- und Widderchen-Artenzahl (links), Individuenzahl (Mitte) und Vielfalt der Artengemeinschaften (rechts).

Die Bestandestrends von 179 Arten fliessen in den Tagfalter-Index ein

Um widersprüchliche Entwicklungen zwischen dem Indikator Artenvielfalt und Vielfalt der Artengemeinschaften besser zu verstehen, ist es wichtig, die Entwicklung der einzelnen Tagfalterarten genauer anzuschauen. Mit den BDM-Daten können wir die Trends der häufigen und mittelhäufigen Arten berechnen. Das sind etwa 60 % aller Tagfalterarten in der Schweiz. Die seltenen Arten werden vom Messnetz des BDM oft nicht erfasst. Für diese Arten sind allein mit BDM-Daten keine Aussagen zur zeitlichen Entwicklung möglich. Um ein vollständigeres Bild zu erhalten, haben wir die Daten von info fauna mit den BDM-Daten kombiniert und mit bewährten statistischen Methoden ausgewertet (Details zur Berechnung siehe Seite 33 und Roth et al., 2026). So konnten wir Trends für 179 der rund 230 Tagfalter- und Widderchenarten in der Schweiz berechnen. Die Kombination der Bestandestrends all dieser Arten nennen wir Tagfalter-Index, in Anlehnung an den Swiss Bird Index der Vogelwarte Sempach.

Ein Vorteil der info fauna-Daten ist, dass sie bis ins letzte Jahrhundert zurückreichen. Dadurch können wir die Bestandesentwicklung der Arten nicht nur ab 2003, sondern bereits ab 1990 verfolgen. Die detaillierten Ergebnisse zeigen, dass die Bestände der 179 Arten sich sehr unterschiedlich entwickeln: Insgesamt gibt es mehr Arten, die abnehmen, als solche, die zunehmen (Abbildung 26 links). Unter den Gewinnern gibt es aber einzelne Arten mit besonders starken Zunahmen. Der Tagfalter-Index der 179 Arten entwickelt sich seit 1990 leicht negativ (Abbildung 26 rechts). Dieses Ergebnis unterscheidet sich deutlich von den oben erwähnten Zunahmen der mittleren Artenvielfalt und Individuenzahl (Abbildung 25), bei denen die häufigen Arten einen viel stärkeren Einfluss auf den Trend haben.

Abbildung 26: Tagfalter-Index – zeitliche Entwicklung von 179 Tagfalter- und Widderchenarten



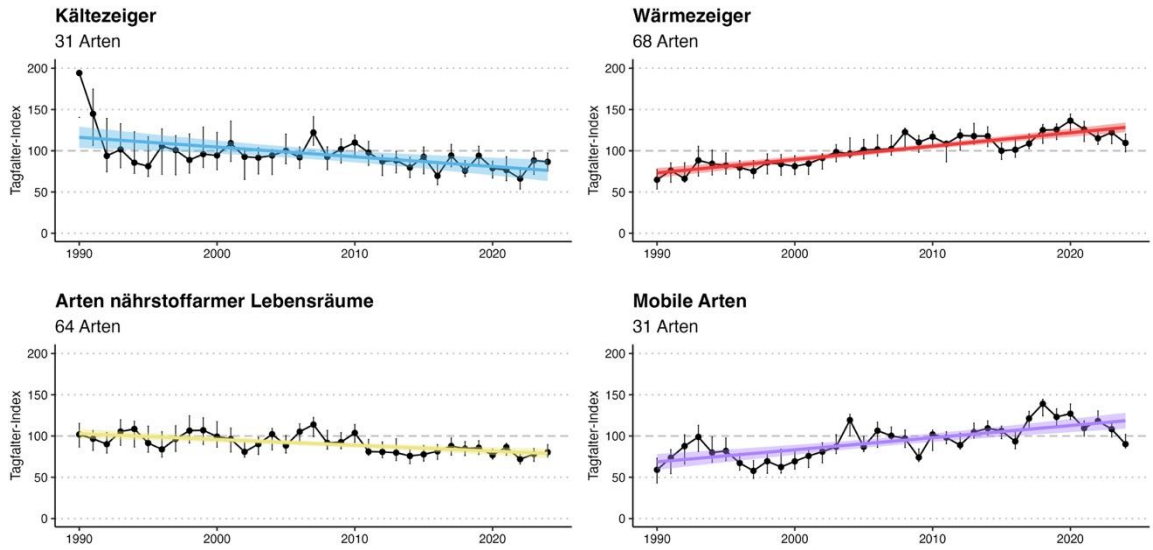
Im Tagfalter-Index werden die Daten des BDM mit den Daten von info fauna kombiniert ausgewertet. Damit können Bestandestrends von 179 Arten berechnet werden. Rund 60 % der Arten zeigen einen negativen Trend (dunkel- und hellorange in der linken Abbildung), entsprechend entwickelt sich der Gesamtindex über alle 179 Arten seit 1990 leicht negativ (rechte Grafik).

Gewinner und Verlierer

Die insgesamt leicht negative Entwicklung der 179 Arten (rechte Grafik in Abbildung 26) darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass es grosse Unterschiede zwischen den Arten gibt. Die Arteigenschaft oder der Lebensraum kann darüber entscheiden, in welche Richtung sich eine Art entwickelt. So zeigen Wärmezeiger – also mehrheitlich Arten der tiefen Lagen – eine eher positive Entwicklung. Demgegenüber stehen die Kältezeiger und insbesondere die hochalpinen Arten, die sich mehrheitlich negativ entwickeln (Abbildung 27).

Ebenfalls bei den Verlierern sind Arten mit spezifischen Lebensraumansprüchen. Ein Beispiel dafür sind Arten, die ausschliesslich oder mehrheitlich in nährstoffarmen Lebensräumen vorkommen. Dem stehen die mobilen Arten gegenüber. Diese Arten können schnell neue Gebiete besiedeln und können entsprechend gut mit Umweltveränderungen umgehen. Sie zeigen mehrheitlich positive Bestandesentwicklungen (Abbildung 27).

Abbildung 27: Tagfalter-Index – Entwicklung Artengruppen



Entwicklung der Kältezeiger (oben links), der Wärmezeiger (oben rechts), der Arten nährstoffarmer Lebensräume (unten links) und der mobilen Arten (unten rechts). Die Einteilung der Arten erfolgte nach Fauna Indicativa (Klaiber et al., 2017). Einzelne Arten können in mehr als einer der vier Gruppen vorkommen. Die Kältezeiger zeigen auch dann eine Abnahme, wenn die ersten beiden Jahre mit besonders hohen Werten ausgeschlossen werden.

Artenvielfalt im Umbruch: Ursachen jenseits des Klimawandels

Fotos der Schweiz aus der Mitte des letzten Jahrhunderts zeigen deutliche Unterschiede zu heute: weniger Siedlungsraum und Verkehrsinfrastruktur, lichtere Wälder, kleinere Felder mit mehr Einzelbäumen und Hecken. Rückblickend sind die Folgen für Tiere und Gefässpflanzen offensichtlich. Mit den BDM-Aufzeichnungen seit 2001 erkennen wir Veränderungen der Biodiversität, die durch den kontinuierlichen Landschaftswandel verursacht werden, auch in Zukunft früh.

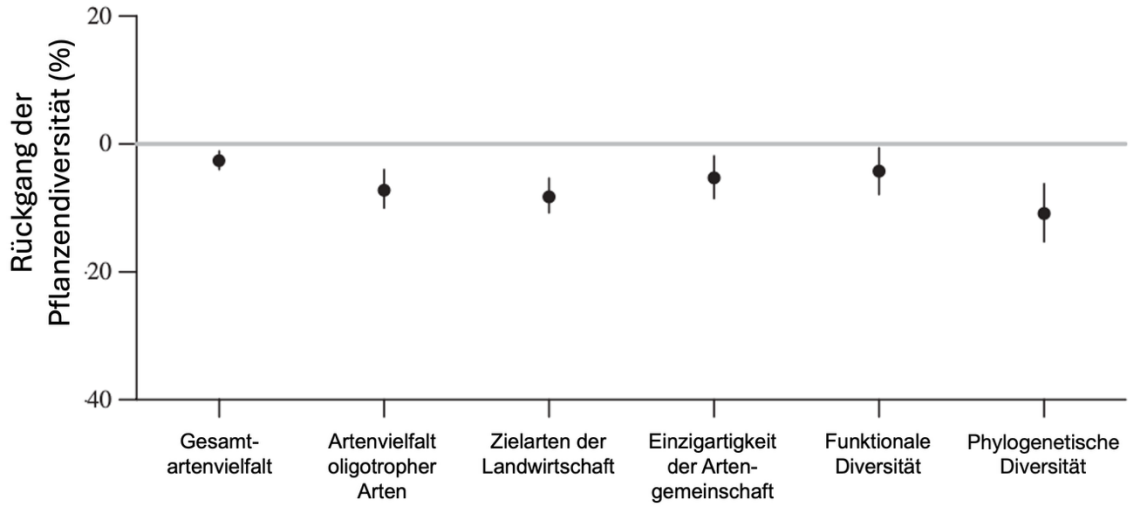
Der auffälligste Treiber für Biodiversitätsveränderungen der letzten 25 Jahre ist das Klima. Die unmittelbaren Folgen der seit den 90ern gestiegenen Temperaturen sind bei allen untersuchten Artengruppen erkennbar (siehe z.B. Abbildung 22 oder Abbildung 27). Neben dem Klima wirken aber noch weitere Faktoren auf die Biodiversität in der Schweiz ein.

Unerwünschter Dünger aus der Luft

Stickstoffhaltige Luftschadstoffe aus Verbrennungsprozessen oder aus der Landwirtschaft werden über die Luft verfrachtet. Dadurch werden sie grossflächig über die Landschaften verteilt. Die deponierten Mengen sind lokal derart hoch, dass sie das Wachstum der wildlebenden Gefässpflanzen beeinflussen. Die Folgen davon lassen sich am Beispiel ungedüngter Wiesen und Weiden im Berggebiet aufzeigen. Sowohl die Artenvielfalt als auch die Vielfalt der Artengemeinschaften von Gefässpflanzen sind unter heutiger atmosphärischer Stickstoff-Deposition vermindert (Roth et al., 2013). Vor allem die typischen, spezialisierten Gefässpflanzenarten nährstoffarmer Standorte und die Ziel- und Leitarten der Umweltziele Landwirtschaft fehlen vermehrt (Abbildung 28).

Die NOx-Emissionen hingegen gingen in der Schweiz zwischen 1990 und 2010 um 46 % zurück. Und es gibt Anzeichen, dass sich besonders empfindliche Gefässpflanzengemeinschaften nun allmählich erholen (Roth et al., 2019). In den tiefen Lagen der Schweiz nehmen die mittleren Nährstoff-Zeigerwerte von Wiesen und Weiden inzwischen leicht ab (Bergamini, Ginzler, et al., 2025; Häberlin & Dengler, 2025; Meier et al., 2025). Für eine Teilstichprobe von ungedüngten Wiesen und Weiden in steiler Lage mit starkem Rückgang des atmosphärischen Stickstoffs ist nachweisbar, dass typische «Magerwiesenpflanzen» wieder zunehmen, also Arten wie der Kleine Wiesenknopf (*Sanguisorba minor*), der Purgier-Lein (*Linum catharticum*) oder die Frühlings-Segge (*Carex caryophyllea*, Kammer et al., 2022). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass deutlich verminderte Stickstoffeinträge sich zukünftig positiv auf die Artenvielfalt artenreicher Wiesen und Weiden auswirken dürften.

Abbildung 28: Auswirkungen der Stickstoffdeposition auf die Gefässpflanzen



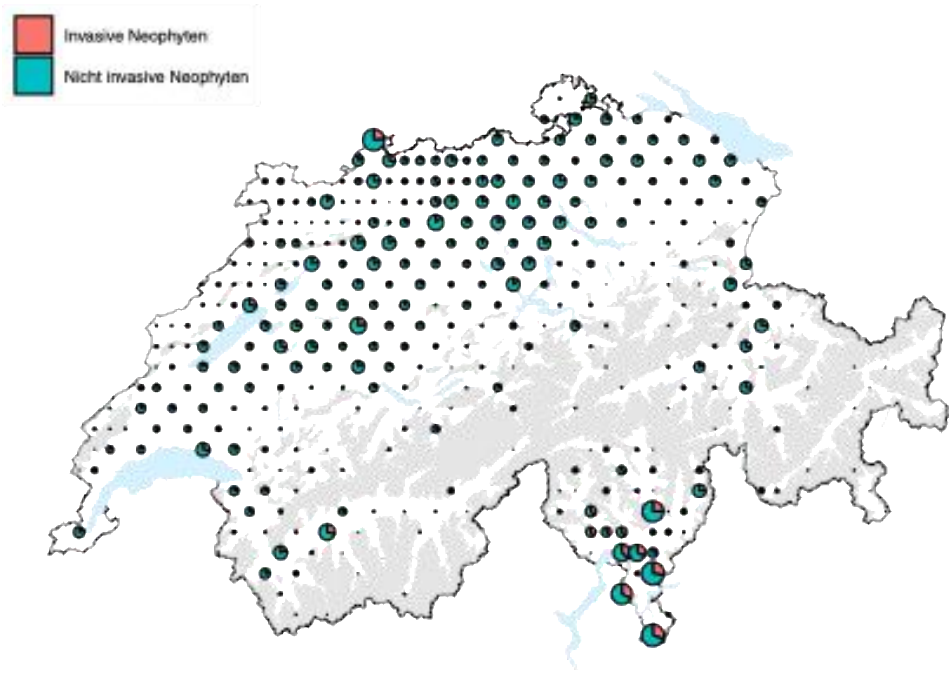
Geschätzte mittlere Auswirkungen (und 95 %-Vertrauensbereiche) der aktuellen atmosphärischen Stickstoff-Deposition auf sechs Messgrössen der Gefässpflanzenvielfalt. Die Werte auf der y-Achse beziehen sich auf den Vergleich mit der historischen atmosphärischen N-Deposition unter der Annahme der Depositionsmengen für das Jahr 1880. Die Grafik stammt aus Roth et al. (2015).

Neophyten breiten sich aus

Neophyten sind per Definition Gefässpflanzenarten, die erst nach 1500 in einer für sie neuen Region auftreten. Das massenhafte Auftreten einzelner gebietsfremder Gefässpflanzenarten ist ein globales Phänomen, das in vielen Fällen als Problem für die angestammte Artenvielfalt bewertet wird. Aber nur ein Teil der Neophyten vermehrt sich invasiv und verdrängt dadurch die typischen Arten eines Lebensraums. Das BDM wurde zwar nicht konzipiert, um spezifisch die Ankunft neuer Neophyten zu erkennen oder ihre Entwicklung gezielt und detailliert zu überwachen. Doch es kann grossräumige Muster von Zu- und Abnahmen aufzeigen oder entsprechende Vermutungen fundiert prüfen. So nehmen Neophyten – sowohl invasive als auch andere – in der Schweiz tatsächlich stärker zu als andere Gruppen von Gefässpflanzen. Am meisten Neophyten kommen in den tiefen Lagen der Schweiz vor (Mittelland, Tessin, teilweise Jura; Abbildung 29). Dort machen sie heute bis zu 7 % der Gefässpflanzenarten einer Landschaft aus.

Die gute Erfassung der Neophyten im Messnetz Landschaften rührt auch daher, dass Neophyten sich oft entlang der Verkehrswege ausbreiten und somit auf den abgeschrittenen Transekten früh entdeckt werden. Für die nahe Zukunft bedeutend sind die Hinweise aus dem BDM, dass Neophyten allmählich in höhere Lagen vordringen, die bisher noch weitgehend frei von Neophyten waren. Interessant sind die BDM-Trends zu einzelnen Neophyten. Bei längst invasiv gewordenen Arten wie dem Einjährigen Berufskraut (*Erigeron annuus*) oder dem Sommerflieder (*Buddleja davidii)* ist der Trend zu einer weiteren Ausbreitung nach wie vor anhaltend (Abbildung 30). Für andere problematische, bereits weit verbreitete Neophyten wie das Schmalblättrige Greiskraut (*Senecio inaequidens*), den Götterbaum (*Ailanthus altissima*) oder den Riesen-Bärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) ist dies auf Landschaftsebene nicht nachweisbar. Der Riesen-Bärenklau ist sogar rückläufig. Als gesundheitsschädigende Art wird er mit hoher Priorität bekämpft. Für Prognosen, welcher Neophyt als nächster in die Phase einer starken Ausbreitung kommt, könnten BDM-Daten durchaus hilfreich sein. Die Neophyten mit besonders vielen neu besiedelten Landschaften in den vergangenen 10 Jahren sind die Sparrige Zwergmispel (*Cotoneaster divaricatus* und verwandte Arten), der Flieder (*Syringa vulgaris*) mit Nachweisen von jeweils 10 zusätzlichen Messflächen innert 10 Jahren, sowie das Orientalische Zackenschötchen (*Bunias orientalis*) und die Vielblütige Rose (*Rosa multiflora*) mit jeweils 5 zusätzlichen Messflächen.

Abbildung 29: Verteilung der Anzahl Neophytenarten in der Schweiz



Geografische Verteilung der Vielfalt an Neophyten. Für jede BDM-Messfläche (1 km²) ist die Anzahl der Neophytenarten dargestellt, die in der Erhebungsperiode 2020–2024 dort erfasst wurde. Jede Messfläche mit Präsenz von Neophyten ist mit einem Kuchendiagramm eingetragen. Die Grösse des Diagramms gibt die Anzahl der verschiedenen Neophytenarten an. Im Diagramm wird zwischen nicht-invasiven Neophyten (türkis) und invasiven Neophyten (rot) unterschieden.

Abbildung 30: Neophyten



Oben links: Einjähriges Berufskraut (*Erigeron annuus*); oben rechts: Sommerflieder (*Buddleja davidii*); unten links: Götterbaum (*Ailanthus altissima*); unten rechts: Riesen-Bärenklau (*Heracleum mantegazzianum*). Bilder T. Stalling

Banalisierung relativiert Artenzunahme

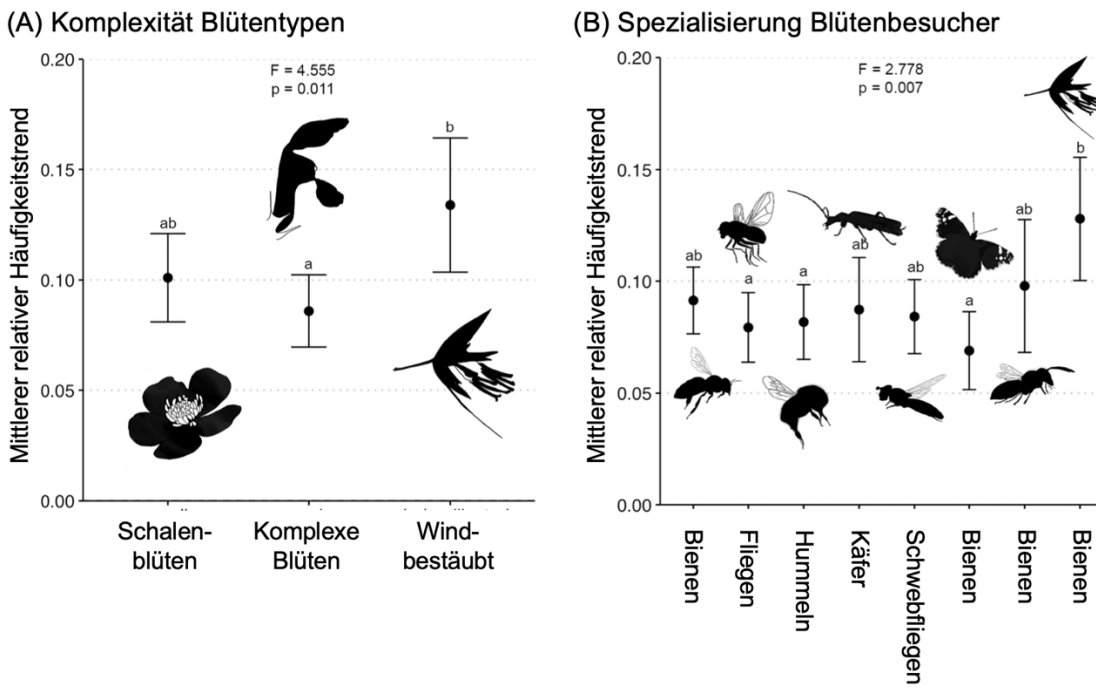
Bei den Indikatoren zur mittleren Artenzahl überwiegen über alle Artengruppen hinweg die Zunahmen von Arten gegenüber den Abnahmen. Aus naturschutzfachlicher Sicht bestehen gegenüber diesem an sich positiven Resultat diverse Vorbehalte. Die Artengemeinschaften werden auf den Stichprobenflächen betrachtet zwar eher artenreicher, aber gleichzeitig einander immer ähnlicher (Kapitel 3). Damit ist gemeint, dass zunehmend dieselben Arten an einem Standort miteinander auftreten. Man spricht von «Homogenisierung» der Artengemeinschaften. Sie kommt dadurch zustande, dass viele der Arten, die sich aktuell ausbreiten, bereits häufig sind. Meist sind es auch solche mit geringen Ansprüchen an ihren Lebensraum. Im Endeffekt werden die Artengemeinschaften also trotz zunehmender Artenzahl eher banaler. Die Ursachen für diese Banalisierung sind nicht immer klar. Einflüsse

durch den Klimawandel, Stickstoffeinträge, intensivierte Bewirtschaftung und invasive Arten sind anzunehmen. Die Homogenisierung von Artengemeinschaften ist kein spezielles Phänomen innerhalb der Schweiz. Sie wird an vielen Orten der Erde beobachtet, wo die Urbanisierung der Landschaft voranschreitet.

Die zunehmende Homogenisierung der Artengemeinschaften lässt sich mit BDM-Daten in diversen Artengruppen aufzeigen. Besonders deutliche Beispiele liefern die Mollusken und die Gewässerinsekten. Bei Letzteren sind die 10 Arten mit den stärksten Veränderungen zwischen 2010 und 2024 allesamt häufige Arten, die eine deutliche Zunahme zeigen. So sind bei den Mollusken häufige Arten wie die Gemeine Windelschnecke (*Vertigo pygmaea*) oder Gemeine Glattschnecke (*Cochlicopa lubrica*) für die Abnahme der Vielfalt der Artengemeinschaften hauptverantwortlich. Im Fall der Mollusken sind am Prozess allerdings auch 10 seltenere Arten beteiligt, deren Rückgang die Vielfalt der Artengemeinschaften ebenfalls schmälert. Darunter befindet sich mit der Blanken Windelschnecke (*Vertigo genesii*) auch eine gefährdete Art der Feuchtgebiete der hohen Lagen der Alpen und des Juras.

Der Gewinn an Biodiversität durch eine zunehmende Anzahl von Arten wird durch die parallel dazu stattfindende Homogenisierung der Artengemeinschaften zumindest relativiert. Bei den Gefässpflanzen gibt es nebst der Ausbreitung häufiger Arten noch weitere Anzeichen, dass die Artengemeinschaften banaler werden. Denn es sind hauptsächlich windbestäubte und generalistische, insektenbestäubte und selbstbefruchtende Arten mit einfachem Blütenbau, welche zunehmen (Abbildung 31). Arten mit komplexen Blüten, die für spezialisierte Gruppen von Blütenbesuchern essenziell sind, und Arten, die zwingend fremdbestäubt sind, sind an der generellen Zunahme der Gefässpflanzen-Artenzahl weit weniger beteiligt.

Abbildung 31: Entwicklung der Gefässpflanzen mit unterschiedlichen Blütentypen und Blütenbesuchern



Veränderungen der mittleren Häufigkeit von (A) Gefässpflanzenarten mit offenen, untertassenförmigen vs. komplexen und windbestäubten Blütentypen und (B) Gefässpflanzenarten, die von verschiedenen Gruppen von Blütenbesuchern genutzt werden. Die Punkte bezeichnen die Mittelwerte von 448 BDM-Messflächen; die Balken sind 95 %-Vertrauensbereiche. Daten: BDM CH, Indikator Artenvielfalt in Landschaften 2001-2020. Quelle: Abrahamczyk et al., 2022.

Die Nutzung prägt die Biodiversität

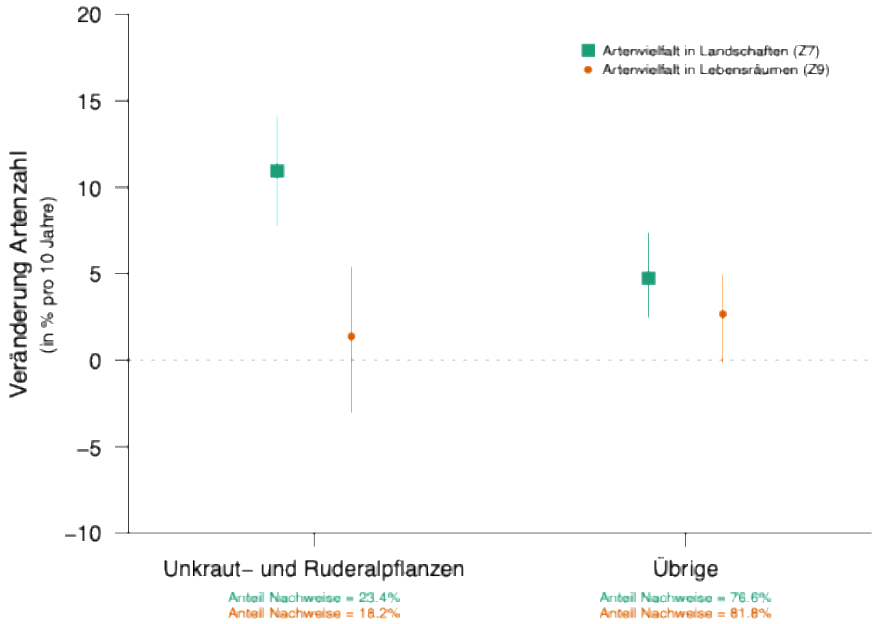
Die Landnutzung gehört neben dem Klima, der Schadstoffdeposition aus der Luft und der Ausbreitung von Neophyten zu den stärksten Einflussfaktoren auf die Biodiversität. Die Schweiz ist in weiten Teilen eine Kulturlandschaft. Ändern die Gewohnheiten bei der Bewirtschaftung von Wiesen, Äckern, Gärten und Wäldern, ist auch die Biodiversität betroffen.

Landbewirtschaftung hinterlässt Spuren

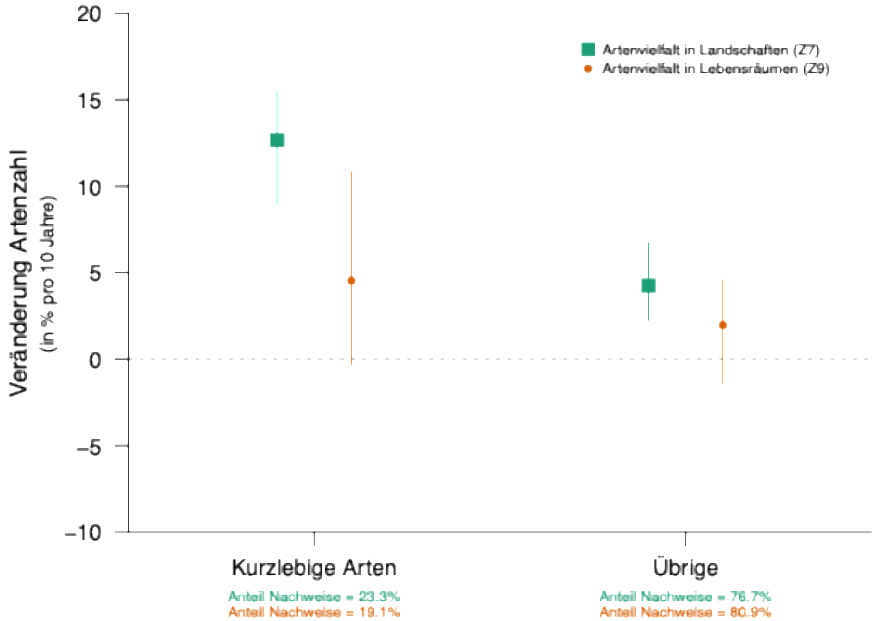
Die Landnutzung ist schwierig mit einfachen Kennzahlen oder Messwerten fassbar. Flächendeckende und aussagekräftige Daten zur Art und Intensität der Landnutzung sind bisher kaum in ausreichender Auflösung verfügbar. Verschiedene Analysen mit BDM-Daten liefern aber indirekte Hinweise auf nutzungsbedingte Veränderungen der Artenvielfalt und der Zusammensetzung der Artengemeinschaften. In tiefen Lagen ist beispielsweise erkennbar, dass störungstolerante, konkurrenzschwache und kurzlebige Gefässpflanzenarten zunehmen (Abbildung 32). Arten wie der Kleine Storchschnabel (*Geranium pusillum*), die Blutrote Fingerhirse (*Digitaria sanguinalis*) oder das Quendelblättrige Sandkraut (*Arenaria serpyllifolia*) sind Beispiele für Gefässpflanzenarten mit starken Zunahmen. Dies gilt für Landschaften und Lebensräume tiefer Lagen allgemein, aber abgeschwächt auch für vermeintlich konstante Lebensräume wie Wiesen und Weiden (Häberlin & Dengler, 2025; Meier et al., 2025). Die Ursachen, warum sich diese Arten ausbreiten konnten, lassen sich nicht eindeutig feststellen. Nebst dem wärmeren und trockeneren Klima könnten auch eine intensivierte Nutzung und die damit verbundenen Bodenstörungen, erhöhte Mahdfrequenzen oder häufigere Ansaaten eine Rolle spielen.

Abbildung 32: Zeitliche Entwicklung der ruderalen und kurzlebigen Gefässpflanzen

Unkraut- und Ruderalpflanzen:



Kurzlebige Arten:



Die Zunahme der Anzahl Gefässpflanzenarten pro BDM-Messfläche in Tieflagen wird wesentlich durch Unkraut- und Ruderalpflanzen (oben) sowie durch kurzlebige und störungstolerante Arten (unten) verursacht. Dargestellt sind Mittelwerte mit 95 %-Vertrauensbereichen. Die Definition der beiden Gruppen basiert auf der Flora Indicativa (Landolt et al., 2010): Unkraut- und Ruderalpflanzen: Ökologische Gruppe EG (Flora Indicativa) = 7. Kurzlebige Arten: Lebensform LF (Flora Indicativa) = oder(k, k*, t, k*-t, k-t, c-t, h-t, hp [h = Hemikryptophyten (langjährig), k = Hemikryptophyten (wenigjährig), k* = zwei- bis wenigjährige hapaxanthe Arten, t = Therophyten, c = krautige Chamaephyten, hp = Halbparasiten]).

Neben der Problematik der immer intensiver landwirtschaftlich genutzten Flächen gibt es auch Lebensräume, wo die Landnutzung dermassen nachlässt, dass offene Flächen verbuschen und allmählich verloren gehen. In den Berggebieten oberhalb von 1’000 m sinkt der mittlere Zeigerwert der Gefässpflanzenarten für Licht. Das bedeutet, dass lichtbedürftige Arten verschwinden. Zudem nehmen typische Arten ungenutzter Lebensräume zu. In Wiesen

und Weiden zum Beispiel gilt das für den Gemeinen Wurmfarn (*Dryopteris filix-mas*), der sonst v.a. in Wäldern wächst. Insgesamt sind dies Indizien für eine seltenere Nutzung vormals gemähter oder beweideter Flächen. Unterstützt wird diese Vermutung dadurch, dass vor allem abgelegene Standorte diese Entwicklungen zeigen. Besonders weit fortgeschritten ist die Aufgabe der Nutzung im Tessin. Als einzige der drei biogeografischen Alpenregionen der Schweiz wird hier trotz Klimaerwärmung keine Zunahme an Tagfalterarten verzeichnet. Eine plausible Erklärung liegt darin, dass im Tessin in den vergangenen 20 Jahren besonders viele Wiesen und Weiden von Gebüsch und Wald überwachsen wurden. Sie sind als Tagfalterlebensräume weitgehend verloren. Eine Analyse mit BDM-Daten zeigt, dass die Tagfalter-Trends im Tessin positiver ausfallen würden, wenn diese Verwaldung nicht erfolgt wäre.

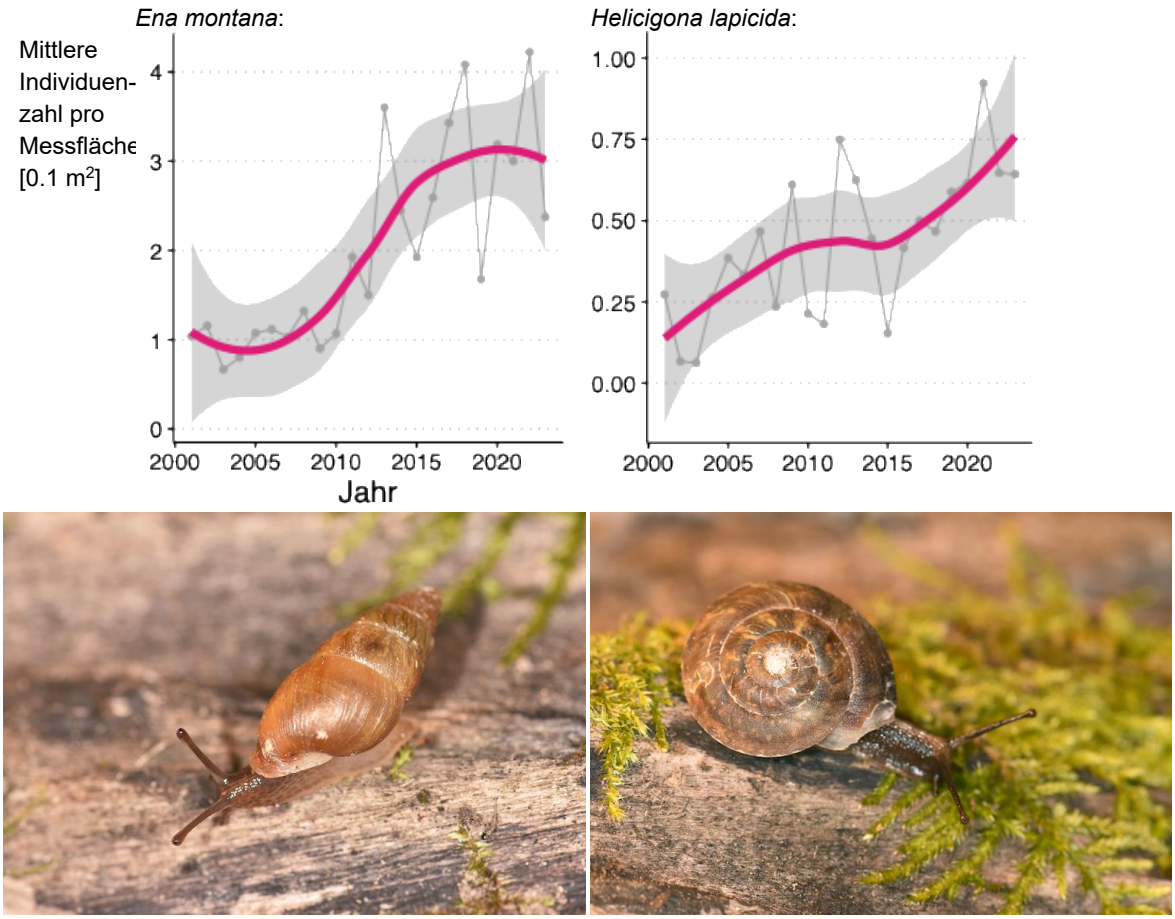
Schonende Bewirtschaftung am richtigen Ort

Maximale landwirtschaftliche Produktivität und Nutzungsaufgabe sind zwei Extreme innerhalb einer Bandbreite von Nutzungsintensitäten. Eine standortangepasste Düngung sowie Mahd und Beweidung und weniger Pflanzenschutzmittel auf den Nutzflächen können den Druck auf empfindliche Arten mindern. Typische Arten der Kulturlandschaft können sich vermehrt einfinden und die Artenvielfalt steigern. Spezielle Förderflächen für die Biodiversität im Landwirtschaftsgebiet (BFF) werden seit über 30 Jahren mit Beiträgen an die Landwirtschaftsbetriebe gefördert. Mit BDM-Daten seit 2001 und mit Daten aus dem Programm ALL-EMA seit 2015 lässt sich die Qualität und Wirkung der BFF beurteilen. Gemäss einer schweizweiten Analyse der Daten beider Programme gibt es in BFF rund ein Drittel mehr Tagfalter-Individuen von UZL-Arten als in Nicht-BFF-Flächen (Lüscher et al., 2022). Spezialisierte Arten der Magerwiesen wie das Sechsfleck-Widderchen (*Zygaena filipendulae*) profitieren nachweislich von diesen Förderflächen. Dies darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Bestände der typischen «Grasland-Schmetterlinge» über die gesamte Schweiz betrachtet rückläufig sind (vgl. Abbildung 44).

Rückläufige Nutzung des Holzes

Auch die Mehrheit der Schweizer Wälder ist durch die menschliche Nutzung geprägt. Welche Baumarten dort in welchem Zustand und in welcher Anordnung vorkommen, wird durch das Schweizerische Landesforstinventar LFI untersucht. Viele der für die Biodiversität bedeutenden Waldeigenschaften haben sich dem LFI zufolge in den letzten 20 Jahren nur wenig verändert. Eine Ausnahme bildet das Totholzangebot. Seit Mitte der 1990er Jahre hat sich das Totholzvolumen innert zwei Jahrzehnten von 10.8 auf 25.7 m^3/ha mehr als verdoppelt (Brändli et al., 2020). Eine wesentliche Ursache dafür bilden Naturereignisse wie etwa der Orkan Lothar von 1999. Vielerorts wurde das Sturmholz liegen gelassen und verblieb ungenutzt. Auch Naturschutzflächen mit reduzierter Holznutzung oder gänzlichem Nutzungsverzicht haben heute eine grössere Bedeutung als noch vor Jahrzehnten. Sie dürften zum gesteigerten Totholzangebot beigetragen haben. Totholz spielt für die Biodiversität typischer Waldorganismen generell eine entscheidende Rolle. Eine Organismengruppe, die davon profitiert und im BDM erfasst wird, sind die Mollusken. Für Mollusken stellt Totholz feucht-kühle Unterschlupfmöglichkeiten bereit und liefert wichtige Nährstoffe wie Kalzium. Mit BDM-Daten lässt sich aufzeigen, dass sowohl die Artenzahl typischer Waldschnecken als auch die Anzahl der Molluskenindividuen in totholzreichen Wäldern erhöht ist. Zwei Beispiele für waldtypische Molluskenarten mit starkem Bezug zu Totholz und auffälligen Zunahmen im BDM seit 2001 sind die Bergturmschnecke (*Ena montana*) und der Steinpicker (*Helicigona lapicida*) (Abbildung 33).

Abbildung 33: Entwicklung waldtypischer Molluskenarten



Zwei Beispiele waldtypischer Molluskenarten, welche durch Totholz begünstigt werden. Links: Bergturmschnecke (*Ena montana*); Rechts: Steinpicker (*Helicigona lapicida*). Die Grafiken zeigen den Trend der mittleren Individuenzahl für BDM-Messflächen im Wald. Fotos: Nico Heer.

Artenvielfalt im Siedlungsraum

Das Thema Biodiversität im Siedlungsraum hat in den letzten Jahren politisch an Bedeutung gewonnen. Zwischen 2009 und 2018 wuchs die Siedlungsfläche um 6 % (ca. 181 km^2) (Bundesamt für Umwelt, 2023). Diese Umnutzung ging fast vollständig auf Kosten des landwirtschaftlich genutzten Offenlands.

Messnetz Landschaften seit 2021 mit zusätzlichen Siedlungsflächen

Um die Bedeutung des Siedlungsraums für die Artenvielfalt in der Schweiz besser zu verstehen, wurde seit 2021 das Messnetz Landschaften erweitert. Es werden nun 32 zusätzliche Messflächen von je 1 km^2 mit einem hohen Siedlungsanteil untersucht. Auf Landschaftsebene hängt die Artenvielfalt stark vom Mosaik verschiedener Lebensräume und deren Übergängen ab. Zudem werden seit BDM-Beginn im Siedlungsraum kleine Flächen von 10 m^2 untersucht (Messnetz Landlebensräume). Das BDM nutzt somit beide Messnetze, um die Artenvielfalt im Siedlungsraum zu erfassen. Auf dieser Grundlage sind künftig detailliertere Auswertungen und Aussagen zur Entwicklung der Artenvielfalt im Siedlungsraum möglich.

Artenreichtum auf unversiegelten Flächen

Unversiegelte Messflächen im Siedlungsraum sind oft erstaunlich artenreich (Abbildung 34). Im Vergleich zu landwirtschaftlichen Messflächen oder Wäldern gibt es dort meist mehr Gefässpflanzen-, Moos- und Mollusken-arten (Forum Biodiversität Schweiz, 2022). Diese Ergebnisse wirken auf den ersten Blick überraschend. Sie werden aber verständlich, wenn man den Wandel der Kulturlandschaft betrachtet. Früher war die Landschaft vielfältig und kleinstrukturiert. Heute ist sie durch Flurbereinigung und intensive Nutzung oft eintönig geworden. Der Siedlungsraum hingegen bietet auf kleinem Raum unterschiedliche Ersatzlebensräume für diverse Tier- und Gefässpflanzenarten.

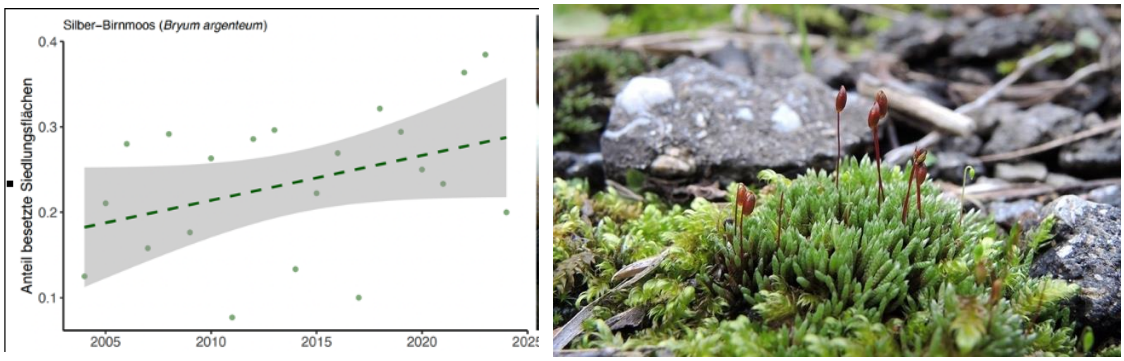
Abbildung 34: Artenreiche Messflächen im Siedlungsraum



Beispiele für artenreiche Messflächen des Messnetzes Landlebensräume im Siedlungsraum für Gefässpflanzen (links) mit 58 Arten, Moose (Mitte) mit 22 Arten und Mollusken (rechts) mit ebenfalls 22 Arten. In Orange ist die 10 m^2 grosse Messfläche für Gefässpflanzen und Moose eingezeichnet, die umliegenden Fähnchen zeigen die Lage der acht Mollusken-Bodenproben.

Im Siedlungsgebiet kommen unterschiedliche Habitate vor, die reich an Moosen sein können. Eine Fallstudien-Untersuchung verschiedener strukturreicher Gärten zeigte eine beeindruckende Moosvielfalt z.B. auf Mauern (sofern sie nicht geputzt werden), auf der Borke alter Bäume, auf Kiesflächen etc. (Bergamini et al., 2024). Für Moose konnte mit BDM-Daten gezeigt werden, dass sich siedlungstypische Artengemeinschaften ausbilden, die sich von denjenigen im Landwirtschaftsland unterscheiden, im Gegensatz zu Gefässpflanzen-Artengemeinschaften, wo keine derartige Differenzierung auszumachen ist (paarweiser Vergleich des Simpson-Index). Dies könnte daran liegen, dass im Siedlungsgebiet der Anteil gesteinsgebundener Arten deutlich höher ist. In der Siedlung finden sich Extremstandorte, einerseits sehr trockene und karge Substrate wie Kiesflächen, Pflasterritzen und Mauern, andererseits auch stark eutrophierte Substrate wie beispielsweise Wegränder. Ein typisches Beispiel einer solchen «Siedlungs-Art» ist das Silber-Birnmoos (*Bryum argenteum*; Abbildung 35). Diese licht- und wärmebedürftige Art kommt bis in die Innenstädte vor und wächst an Wegrändern und in Rabatten, zwischen Pflastersteinen, in Fugen von Natursteinmauern und sogar in Ritzen im Asphalt. Dank ihrer Trockenheitstoleranz genügt eine dünne Humusschicht für das Überleben.

Abbildung 35: Zunahme von *Bryum argenteum* in Siedlungsflächen



Das Silber-Birnmoos (*Bryum argenteum*) nimmt in den Siedlungsflächen von 10 m² seit 2004 tendenziell zu. Die Jahre 2001, 2002 und 2003 wurden aufgrund fehlender Substratangaben in der Analyse ausgeschlossen. (Foto: Michael Lüth).

Bei den Gefässpflanzen gibt es im Siedlungsgebiet besonders viele ruderale und kleinwüchsige Arten, d.h. Arten, die an kurzlebige Verhältnisse angepasst sind (Abbildung 36). In stark urbanen Gebieten findet man zudem mehr gebietsfremde Pflanzenarten als ausserhalb.

Abbildung 36: Zusammenhang zwischen der Anzahl Gefässpflanzenarten und dem Anteil Siedlungsfläche auf 1 km²



Mit höherem Anteil Siedlung auf einer durchschnittlichen 1 km²-Messfläche steigt die Anzahl der Gefässpflanzenarten auf Landschaftsebene leicht an (links). Vor allem ruderale Gefässpflanzenarten, wie beispielsweise das Frühlings-Hungerblümchen (*Erophila verna*; Bild Mitte: T. Stalling), profitieren von Gebäuden, Verkehrswegen etc. (rechts). Diese positiven Zusammenhänge erreichen aber bei einem Anteil an Siedlung/bebauter Fläche von 40 % resp. 15 % ein Maximum.

Artenarmut bei Tagfaltern in urbanen Gebieten

In Gebieten mit hohem Siedlungsanteil gibt es nur wenige Tagfalter-Arten und -Individuen (Abbildung 37). Zwar kommen einzelne Magerwiesenarten wie der Himmelblaue Bläuling (*Lysandra bellargus*) oder der Wachtelweizen-Scheckenfalter (*Melitaea athalia*) noch auf unbebauten Wiesen am Rand des Siedlungsraums vor, doch profitieren insgesamt nur wenige typische Siedlungsarten von einem höheren Anteil Siedlung.

Abbildung 37: Zusammenhang zwischen der Anzahl Tagfalterarten und -individuen und dem Anteil Siedlungsflächen auf 1 km²



Ein höherer Anteil Siedlung auf einer durchschnittlichen 1 km²-Messfläche hat einen mehrheitlich negativen Effekt auf die Anzahl der Tagfalterarten (links). Vor allem die Individuendichte sinkt mit einem höheren Anteil von Gebäuden, Anlagen, Verkehrswegen etc. (rechts). Ein Kleiner Schillerfalter (*Apatura ilia*) neben Müll mitten in der Siedlung bei Wankdorf BE (Bild Mitte: L. Johns).

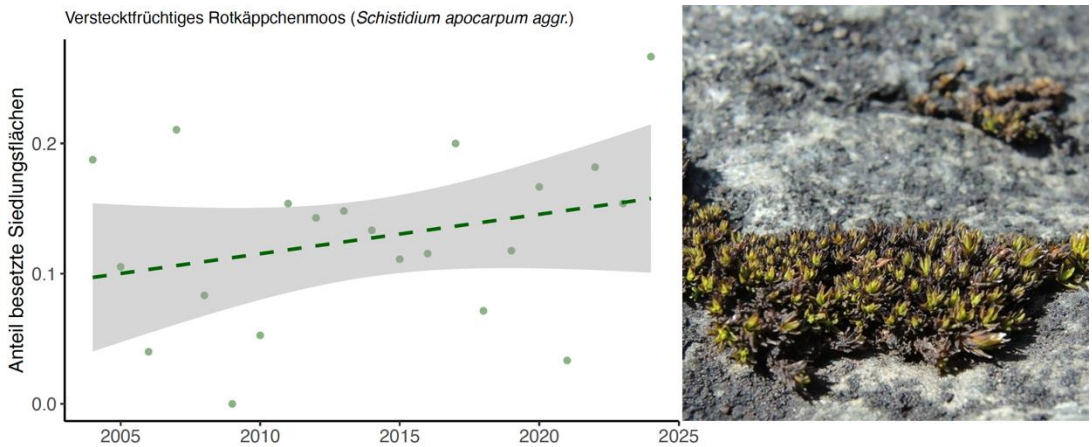
Grosser Turnover der Arten

Im Siedlungsraum hat die Zahl der Gefässpflanzen- und Moosarten seit Messbeginn leicht, aber nicht signifikant zugenommen (Messnetz Landlebensräume; vgl. Abbildung 15 und Abbildung 16). Dabei blieb jedoch die Artzusammensetzung nicht konstant: In der Siedlung ist der zeitliche Turnover – also das Verhältnis zwischen steten sowie neu auftretenden und verschwindenden Arten – bei den Gefässpflanzen besonders hoch.

Auch die Analyse der mittleren Pflanzenzeigerwerte zeigt Veränderungen. Besonders wärmeliebende und trockenheitstolerante Arten breiten sich im Siedlungsraum aus. Die mittlere Temperaturzahl steigt, während die Feuchtigkeitszahl deutlich sinkt. Diese Veränderungen sind im Siedlungsraum stärker als im Landwirtschaftsgebiet oder Wald. Der Klimawandel wirkt sich hier besonders aus. Viele der neuen Arten sind nicht einheimisch und stammen aus südlicheren, wärmeren Regionen. Neophyten mit einer Vorliebe für hohe Temperaturen nehmen stärker zu als einheimische Arten. Deshalb muss die insgesamt positive Entwicklung der Artenzahl differenziert betrachtet werden.

Bei den Moosen stieg insbesondere die Anzahl der Moose, welche auf Gestein wachsen, signifikant an. Dies könnte dadurch zustande kommen, dass es bei den untersuchten Gesteinslebensräumen solche gibt, die relativ ungestört bleiben und nicht andauernd gereinigt oder ersetzt werden, so dass die oft viele Jahre oder Jahrzehnte dauernde Besiedlung und Sukzession fortschreiten kann. Ein typisches Beispiel für ein Gesteinsmoos ist das Versteckfrüchtige Rotkäppchenmoos (*Schistidium apocarpum* aggr.; Abbildung 38). Vertreter dieser Artengruppe wachsen typischerweise auf kalkarmen bis kalkreichen, trockenen bis feuchten Felsstandorten und besiedeln oft auch Mauern aus Beton oder Mörtel (Bergamini, Hartwig, et al., 2025).

Abbildung 38: Zunahme *Schistidium apocarpum* in Siedlungsflächen



Das Versteckfrüchtige Rotkäppchenmoos (*Schistidium apocarpum aggr.*) nimmt in den Siedlungsflächen von 10 m² seit 2004 tendenziell zu. Die Jahre 2001, 2002 und 2003 wurden aufgrund fehlender Substratangaben in der Analyse ausgeschlossen. Das Versteckfrüchtige Rotkäppchenmoos ist eine typische gesteinsgebundene Art und wächst auf kalkarmen bis kalkreichen, trockenen bis feuchten Felsstandorten. Im Siedlungsraum kann die Art häufig auch auf Asphalt oder Beton vorkommen (Bergamini, Hartwig, et al., 2025). (Foto: Michael Lüth)

Entwicklung der Gewässerqualität

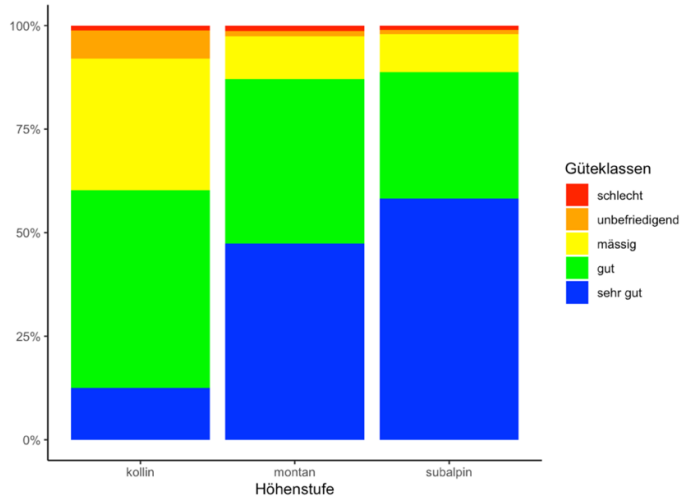
Seit 2010 untersucht das BDM nicht nur die Artenvielfalt an Land, sondern auch in Gewässern. Dabei werden die Larven der drei Ordnungen von Gewässerinsekten gesammelt und bestimmt: Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera). Die Artengruppe der «EPT» wurde ausgewählt, weil sie sensitiv auf Umwelteinflüsse reagiert. Zusätzlich zu den EPT-Arten werden aber auch alle weiteren von Auge erkennbaren Gewässerwirbellosen (sog. Makrozoobenthos) erfasst und auf Familienniveau bestimmt.

Indices zur Bewertung der Gewässer

Um den ökologischen Zustand der Gewässer zu bewerten, werden mit den gesammelten Daten bereits definierte Indices berechnet. Die wichtigsten Indices sind der IBCH und der SPEAR-Index. Der IBCH (Indice biologique suisse) ist ein Schweizer Gewässergüte-Index, der anhand der dort lebenden Wasserinsekten und anderer wirbelloser Tiere (Makrozoobenthos) bewertet, wie sauber und ökologisch intakt ein Bach oder Fluss ist. Je mehr empfindliche Arten vorkommen, desto besser sind die Wasserqualität und der Zustand des Lebensraums (LINK) (Bundesamt für Umwelt, 2019). Der IBCH erfasst nebst der Wasserqualität auch die Naturbelassenheit der Gewässersohle und der Ufer. Die Wasserqualität in Bezug zur Pflanzenschutzmittelbelastung kommt zudem im SPEAR-Index zum Ausdruck. Das Prinzip besteht darin, dass die Menge der empfindlichen wirbellosen Tiere mit der Gesamtmenge aller vorkommenden Wirbellosen verglichen wird. Ein tiefer Index bedeutet also eine starke Belastung, ein hoher Wert eine hohe Gewässerqualität. Für diese Indices wurden auch Referenzwerte bestimmt, ab wann die Gewässerqualität als schlecht, unbefriedigend, mässig, gut oder sehr gut gilt. Diese Referenzwerte erleichtern die Beurteilung.

Etwa drei Viertel der Gewässer in der Schweiz sind in einem guten oder sehr guten Zustand. Es gibt jedoch grosse regionale Unterschiede. In höheren Lagen sind die Gewässer weniger beeinträchtigt als in tieferen Lagen (Abbildung 39).

Abbildung 39: Bewertung der Gewässer anhand des IBCH (2020-2024).

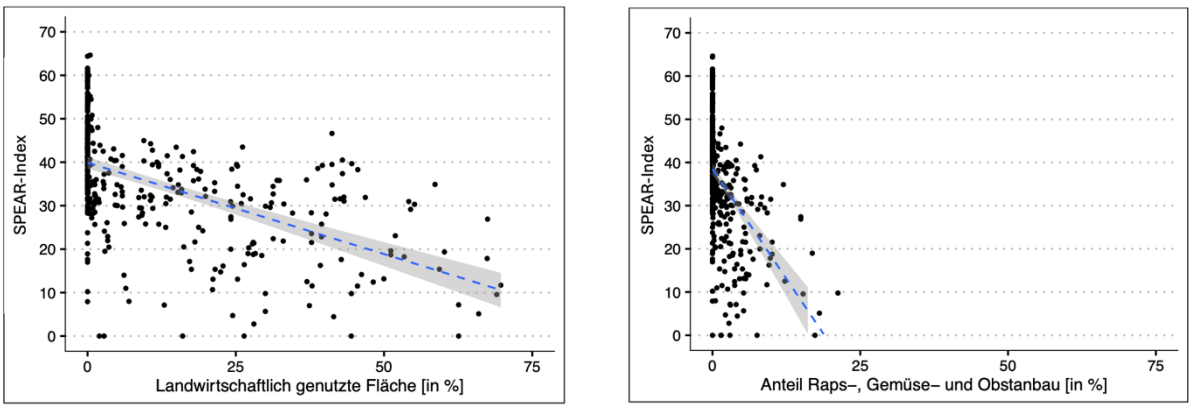


Für die drei Höhenstufen kollin, montan und subalpin ist jeweils der Anteil der Probestellen mit schlechter, unbefriedigender, mässiger, guter und sehr guter Gewässerqualität angegeben. Verwendet wurde jeweils die aktuelle Erhebung pro Probestelle. Die alpinen Gewässer sind hier nicht dargestellt. Sie können wegen der geringen natürlichen Diversität in den höchsten Lagen nicht mit dem IBCH beurteilt werden.

Einfluss der Landwirtschaft auf die Gewässerqualität

Während der IBCH die Gewässerqualität integral bewertet und nebst der Wasserqualität auch die Naturbelassenheit der Gewässersohle und der Ufer berücksichtigt, ist der SPEAR-Index spezifisch dafür konzipiert worden, die Gewässerqualität unter Berücksichtigung der Pflanzenschutzmittel zu bestimmen. Er setzt den Anteil an empfindlichen Familien von Gewässerwirbellosen in Relation zur Gesamtabundanz aller vorkommenden Familien. Im landwirtschaftlich intensiv genutzten Mittelland und im Jura ist der SPEAR-Index deutlich tiefer als im Alpenbogen. Je höher der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Einzugsgebiet einer Probestelle ist, insbesondere Kulturen mit hoher Pflanzenschutzmittelanwendung, umso tiefer ist der SPEAR-Index-Wert (Abbildung 40) und damit die Wasserqualität.

Abbildung 40: Bewertung der Gewässer anhand des SPEAR-Index



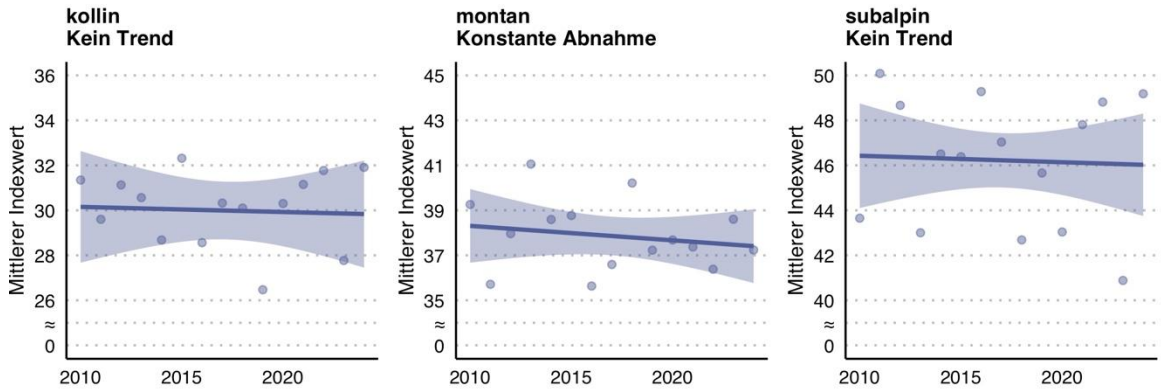
Zusammenhang zwischen dem Anteil landwirtschaftlich genutzter Fläche (Acker-, Obst- und Rebbau) sowie der Flächen für Raps-, Gemüse- und Obstbau im Einzugsgebiet der BDM-Messstellen und den berechneten SPEAR-Werten in der montanen und kollinen Stufe. Der SPEAR-Index sinkt mit steigendem Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Einzugsgebiet einer Probestelle, insbesondere durch Kulturen mit hoher Pflanzenschutzmittelanwendung. Dies weil die Arten, die sensibel auf Pflanzenschutzmittel reagieren, bei zunehmender Pflanzenschutzmittelanwendung seltener werden. Die Anteile der verschiedenen Anbauflächen im Einzugsgebiet stammen aus der Einzugsgebietsgliederung Schweiz des Bundesamtes für Umwelt, Stand 2016. Berücksichtigt wurden die Erhebungen zwischen 2010 und 2015. Jeder Punkt entspricht einer Erhebung. Die blauen Linien zeigen die Regression eines linearen Modells, die grauen Flächen geben den 95 %-Vertrauensbereich an.

In den tiefen Lagen, insbesondere im dicht besiedelten Mittelland wie auch in den Talsohlen der Alpen, dürften der Eintrag von Pflanzenschutzmittel-Rückständen, aber auch Abwasser sowie ein stärkerer Verbauungsgrad der Gewässer Ursache für die tiefen IBCH- und SPEAR-Werte sein. Ein hoher Verbauungsgrad führt zu einer geringeren Vielfalt an Strömungsintensitäten sowie zu einem einförmigeren Bachbett. Dadurch finden weniger Arten eine Nische und insbesondere Zeigerarten hoher Gewässerqualität verschwinden.

Keine Verbesserung des SPEAR-Index seit Messbeginn

Der SPEAR-Index zeigt seit 2010 keine Verbesserung der Gewässersituation (Abbildung 41): In allen Höhenlagen ist der SPEAR-Index konstant oder zeigt eine leichte Abnahme. In der montanen Stufe ist die Abnahme auch statistisch signifikant, was auf eine Verschlechterung der Gewässerqualität hinweist.

Abbildung 41: SPEAR-Index nach Höhenstufen



Der SPEAR-Index ist in den drei Höhenstufen konstant oder zeigt eine leichte Abnahme. Der SPEAR-Index zeigt das Verhältnis zwischen der Menge der empfindlichen vs. der Gesamtmenge aller vorkommenden wirbellosen Tiere und drückt somit die Gewässerqualität aus.

Was bringt die Zukunft?

Bis 2090 sollen in der Schweiz insgesamt 4000 km Fliessgewässer revitalisiert werden. Es ist davon auszugehen, dass dies bei konsequenter Umsetzung einen positiven Effekt auf die Qualität der Fliessgewässer haben wird. Diese Annahme wird durch einzelne Fallbeispiele aufgewerteter Gewässer anhand von BDM-Daten gestützt. BDM-Daten zeigen aber auch, dass die Anstrengungen bislang noch zu wenig umfassend sind, um einen gesamtschweizerischen positiven Effekt zu bewirken. Ohne eine gleichzeitige Verbesserung der Wasserqualität (Klärung durch Abwasserreinigungsanlagen (ARA), ökologische Restwasserregelung, Verringerung der Nähr- und Schadstoffeinträge) bleiben revitalisierte Gewässerabschnitte unter ihrem Potenzial. Helfen könnte zudem der Biber: Er breitet sich in der Schweiz stark aus und kann für Habitatdiversität und bessere Wasserqualität sorgen. Und er hat schon an mehreren Messstellen des BDM seine Nagespuren hinterlassen (Steiner et al., 2024).

Bessere Aussagen dank Kombination von Datenquellen

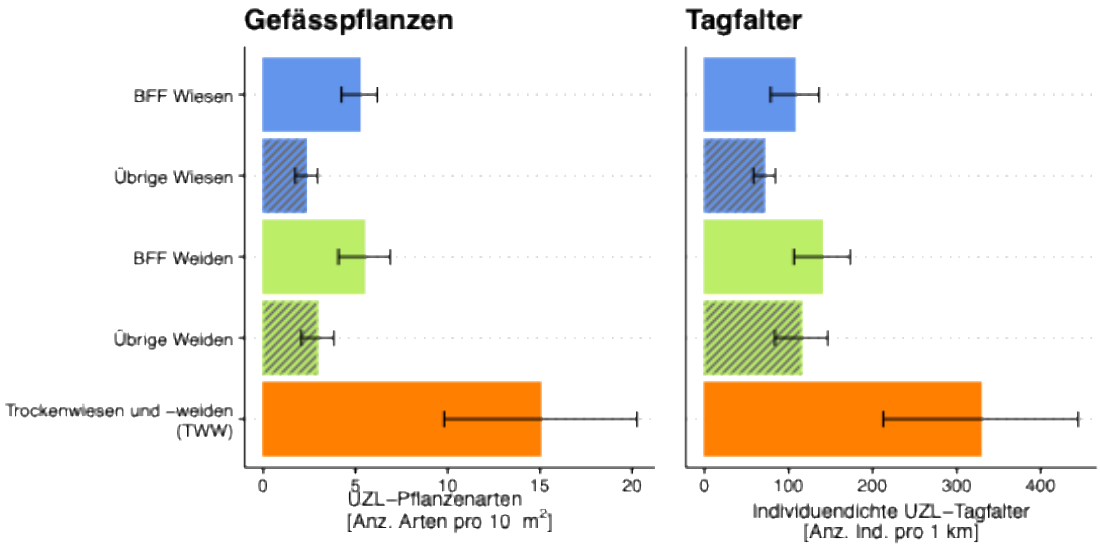
Das BDM wurde zur Überwachung der biologischen Vielfalt in der Schweiz ins Leben gerufen. Klar ist jedoch, dass es diese Aufgabe weder vollständig noch für sich allein erfüllen kann. Gerade wenn es darum geht, die Ursachen der Biodiversitätsveränderungen oder der Veränderungen der Nahrungsnetze besser zu verstehen, ist die Kombination von BDM-Daten mit Daten aus anderen Programmen unabdingbar.

Gemeinsame Analysen der nationalen Monitoringprogramme

Dank weitgehend einheitlichen Methoden für die Datenerhebungen in ALL-EMA, in der Wirkungskontrolle Biotopschutz (WBS) für Landlebensräume oder im Messnetz Fliessgewässer mit dem Messprogramm «Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität» NAWA TREND sind auf einfache Weise kombinierte Analysen möglich. Dabei ergänzt das BDM mit seinen Stichproben andere Messnetze oder es dient mit seiner generellen Stichprobe für die gesamte Schweiz oder einzelne Regionen als Referenz für die Basis-Trends im Vergleich mit den diversen spezifischen Programmen.

Ein Beispiel ist eine schweizweite Analyse mit ALL-EMA- und BDM-Daten. Sie zeigt, dass die Biodiversitätsförderflächen (BFF) in Wiesen und Weiden etwa doppelt so viele UZL-Gefässpflanzenarten und rund ein Drittel mehr UZL-Tagfalterindividuen beherbergen als Wiesen und Weiden im normal genutzten Grünland (Abbildung 42). Es bestätigt sich, dass in den BFF-Arten vorkommen, die im normal genutzten Grünland nur noch selten zu finden sind. Besonders arten- und individuenreich sind die Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung (TWW). Wiesen und Weiden mit TWW-Status sind etwa dreimal so arten- und individuenreich wie die reinen BFF ausserhalb der TWW und bieten auch spezialisierten Arten einen Lebensraum (Lüscher et al., 2022).

Abbildung 42: Durchschnittliche Anzahl Gefässpflanzenarten (links) und Tagfalter-Individuen (rechts) in den untersuchten Wiesen und Weiden



Berücksichtigt wurden nur die Ziel- und Leitarten gemäss Umweltziele Landwirtschaft (UZL-Arten). Der Fehlerbalken bezeichnet den 95 %-Vertrauensbereich. BFF: Biodiversitätsförderflächen; TWW: Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung gemäss Bundesinventar.

Solche Auswertungen in Kombination mit anderen Programmen wurden in der Vergangenheit wiederholt durchgeführt (Bundesamt für Umwelt, 2020, 2022; Martinez et al., 2025) und sollen in Zukunft weiter intensiviert werden.

Ursachen für Veränderungen besser verstehen

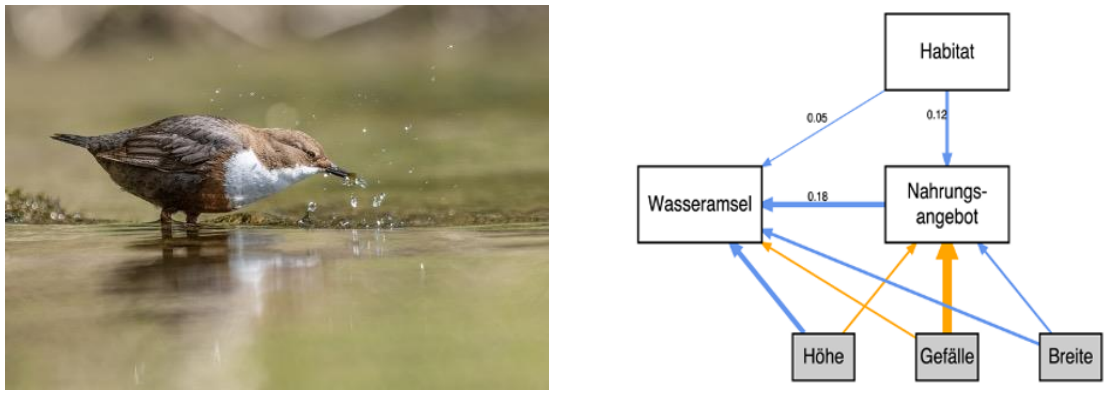
Die Dokumentation von Zustand und Veränderung der Biodiversität reicht jedoch nicht aus, um die richtigen Massnahmen zu ergreifen. Es braucht auch Erklärungen zu den möglichen Ursachen. Dazu sind flächendeckende

Daten zu möglichen Einflussfaktoren aus anderen Programmen nötig. Die Kombination der BDM-Daten mit der Stickstoffkarte der Schweiz liefert hierfür eindrückliche Beispiele. Frühere Studien mit BDM-Daten haben gezeigt, dass nährstoffliebende Arten von einem zu hohen Luftstickstoffeintrag profitieren, was mit einer Abnahme der Artenvielfalt einhergeht (Roth et al., 2013, 2015). Der Stickstoffüberschuss wirkt sich indirekt über die Veränderung der Vegetation auch auf die Tagfalter aus. Dabei sind gefährdete Tagfalterarten stärker betroffen als ungefährdete Arten (Roth et al., 2021). Diese Resultate haben zur Revision der kritischen Belastungsgrenzen beigetragen (Bobbink et al., 2022), bei der für empfindliche Grasland-Ökosysteme – darunter auch artenreiche Wiesen – niedrigere bzw. vorsichtiger angesetzte kritische Belastungswerte beschlossen wurden.

Den Nahrungsnetzen auf der Spur

Umweltveränderungen beeinflussen nicht nur einzelne Arten oder Artengruppen. Sie wirken sich auch auf ganze Nahrungsketten aus, in denen verschiedene Arten und Artengruppen in Beziehung zueinanderstehen. Mit Daten aus verschiedenen Programmen können solche Zusammenhänge aufgezeigt werden. So zum Beispiel zwischen Singdrossel (*Turdus philomelos*) und Gehäuseschnecken. Der Bestand der Singdrossel hat in der Schweiz seit Mitte der 2000er-Jahre deutlich zugenommen. Gleichzeitig wurde im BDM ein Anstieg der Individuenzahlen bei den Gehäuseschnecken gefunden. Angesichts der grossen Bedeutung von Gehäuseschnecken als Singdrosselnahrung liegt die Vermutung auf der Hand, dass zwischen diesen Entwicklungen ein Zusammenhang besteht (Strebel & Martinez, 2021). Ein weiteres Beispiel ist der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Brutreviere der Wasseramsel (*Cinclus cinclus*), deren Bestand für den Schweizer Brutvogelatlas der Vogelwarte erfasst wurde (Knaus et al., 2018), und ihren Beutetieren, den wirbellosen Gewässerorganismen. Die Wasseramseln sind umso häufiger, je besser der ökologische Zustand des Gewässers und je höher das Nahrungsangebot ist (Abbildung 43). Interessanterweise hat das Nahrungsangebot einen grösseren Einfluss auf das Vorkommen von Wasseramseln als die Naturnähe eines Gewässers (Martinez et al., 2020).

Abbildung 43: Zusammenhang zwischen Wasseramseln und Gewässerinsekten



Effekt des Nahrungsangebots gemessen an der Häufigkeit von Eintags-, Stein- und Köcherfliegen und der Gestaltung des Habitats auf die Anzahl der Brutreviere der Wasseramsel (*Cinclus cinclus*). Blaue Pfeile zeigen einen positiven Einfluss an, orange Pfeile einen negativen. Die Pfeilstärke entspricht der Einflussstärke. Für eine detaillierte Beschreibung der Methoden und Resultate siehe Martinez et al. (2020).

BDM als Referenz und Datengrundlage

Das BDM wurde so angelegt, dass es Aussagen zur Entwicklung der Artenvielfalt der durchschnittlichen Landschaften in den biogeografischen Regionen der Schweiz machen kann. Detailliertere Aussagen zum Beispiel für Schutzgebiete, einzelne Kantone oder zur Agrarlandschaft sind allein mit BDM-Daten nur beschränkt möglich. Nationale Programme wie die Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz WBS, das Monitoringprogramm «Arten und Lebensräume Landwirtschaft» ALL-EMA sowie kantonale Programme wie im Kanton Aargau (seit 1996) oder Thurgau (seit 2009) schliessen diese Lücken. Weil sich die Programme methodisch stark an das BDM anlehnen, können die Resultate direkt zwischen den Programmen verglichen werden.

Identische Erfassungsmethoden sind aber keine zwingende Voraussetzung, um Datenquellen miteinander zu kombinieren. Der Tagfalter-Index, der die Daten von info fauna und BDM miteinander kombiniert (siehe ab Seite 60), ist ein gutes Beispiel dafür. Die Datenbanken von InfoSpecies sind sehr umfangreich, und die Meldungen

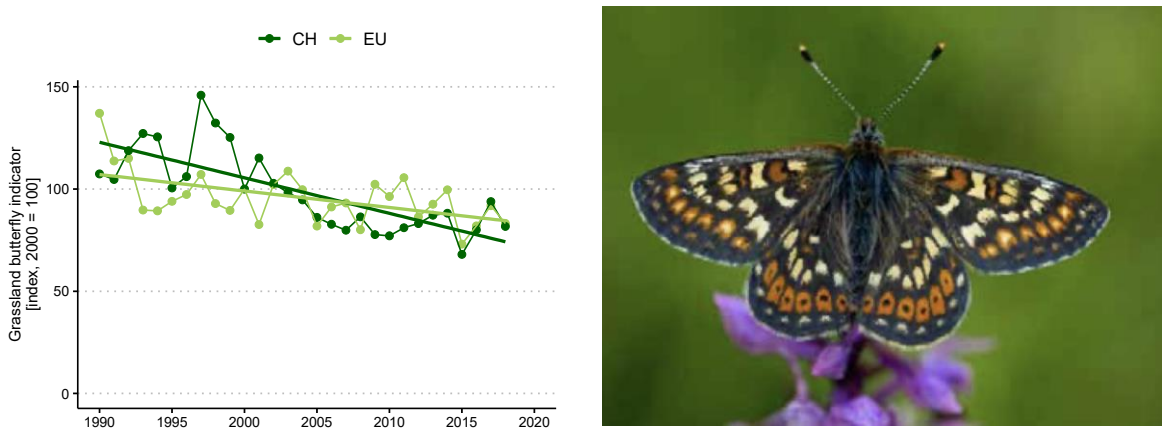
reichen weit in das letzte Jahrhundert zurück. Aufgrund gestiegener Meldeaktivität nimmt die Anzahl der Meldungen in den Datenbanken jedoch laufend zu. Zeitlich verlässliche Trends können daher nur mit geeigneten statistischen Verfahren berechnet werden. Dank seinen vereinheitlichten Erfassungsmethoden und konstanter Erfassungsintensität kann das BDM zeitliche Veränderungen häufiger Arten ohne Verzerrung abbilden. Die zeitlichen Trends aus dem BDM dienten als Referenz, um den Tagfalter-Index zu entwickeln.

Die BDM-Daten ergänzen heute u.a. die gezielten Untersuchungen für die Roten Listen von InfoSpecies. Das BDM erhebt Vorkommen und Veränderungen systematisch mit einheitlichen Methoden. Da viele Fundorte durch die Maschen des systematischen Messnetzes fallen, zeigen BDM-Fundmeldungen nicht die effektive Gesamtverbreitung an. Hierfür sind die InfoSpecies-Datenbanken die Referenz, wo Meldungen aller kantonalen und nationalen Programme, Inventare und privaten Meldungen zusammenlaufen. Gemeinsame Analysen von Info Flora und BDM ergaben: Die grössten Wissenslücken zur Bestandesentwicklung bestehen bei «mittelseltenen» bzw. potenziell gefährdeten Gefässpflanzen. Diese sind zu selten für regelmässige BDM-Funde, aber zu häufig für spezielle Rote-Liste-Untersuchungen. Zur Verbesserung der Datenbasis fördert Info Flora deshalb repräsentative «Blitz-Inventare» (FloraCH, 2022).

Internationale Zusammenarbeit

Die Überwachung der Biodiversität hört nicht an der Landesgrenze auf. Da die Schweiz nicht Teil der EU ist, besteht die Gefahr, dass sie an europaweiten Monitoringprojekten nicht beteiligt ist. Tatsächlich war die Schweiz lange ein weisser Fleck auf der Karte der Länder, die beim «European Grassland Butterfly Indicator» mitmachen (Abbildung 44). Diese Lücke ist mittlerweile geschlossen. Das BDM ist heute Teil des europäischen Monitorings (https://butterfly-monitoring.net).

Abbildung 44: European Grassland Butterfly Indicator



Links: Entwicklung des Qualitätsindikators für Wiesen und Weiden, wie er länderübergreifend für ein definiertes Set an Tagfalterarten im «European Grassland Butterfly Indicator» berechnet wird. Dargestellt ist der zeitliche Trend des Index für die Schweiz (CH, basierend auf BDM- und info fauna Daten, dunkelgrün) im Vergleich mit dem europaweiten Index (EU, hellgrün). Rechts: Der Skabiosen-Scheckenfalter (*Euphydryas aurinia*) ist Bestandteil des EU-Indikators. Sein Gesamtbestand in der Schweiz hat über die letzten 20 Jahre abgenommen. Foto: Thomas Marent.

5. Begriffe

ALL-EMA	ALL-EMA steht für «Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et Milieux Agricoles» und ist ein Schweizer Monitoringprogramm von Agroscope und dem Bundesamt für Umwelt BAFU. Es überwacht die Entwicklung der Biodiversität in der Agrarlandschaft und untersucht gezielt die Wirkung von Agrarumweltmassnahmen wie Biodiversitätsförderflächen. Die 170 ALL-EMA-Flächen sind eine Teilstichprobe des Messnetzes Landschaften.
Artengruppe	Taxonomisch definierte Gruppen von Organismen, die im BDM erfasst werden. Im Messnetz Landschaften sind dies Gefässpflanzen, Tagfalter und Brutvögel, im Messnetz Landlebensräume Gefässpflanzen, Moose und Mollusken und im Messnetz Fliessgewässer Gewässerinsekten (EPT) sowie weitere Gewässerwirbellose (Makrozoobenthos). Synonyme: Organismengruppe, Taxa.
BAFU-Umweltindikator	Der BAFU-Umweltindikator ist ein Indikatorsystem des Bundesamtes für Umwelt BAFU und überwacht den Zustand der Umwelt in der Schweiz.
BFF	Biodiversitätsförderflächen: Flächen im Landwirtschaftsgebiet, die zur Förderung der Biodiversität bewirtschaftet und seit über 30 Jahren mit Beiträgen an die Landwirtschaftsbetriebe gefördert werden. Ihre Wirkung lässt sich mit BDM- und ALL-EMA-Daten beurteilen.
Biogeografische Regionen	Grossräumige, nach der Verbreitung von Pflanzen und Tieren abgegrenzte Regionen der Schweiz. Das BDM weist Ergebnisse für fünf Regionen aus: Jura, Mittelland, Alpennordflanke, Zentralalpen und Alpensüdflanke.
Cercle Indicateurs	Der Cercle Indicateurs ist ein Indikatorensystem, mit dem Bund, Kantone und Städte die nachhaltige Entwicklung beobachten. Sein Indikator U1 «Pflanzenartenvielfalt» stützt sich auf BDM-Daten und misst den Zustand und die Entwicklung der Pflanzenvielfalt als Teil der natürlichen Lebensgrundlagen und der Sustainable Development Goals (SDG 15).
Critical Loads	Kritische Belastungsgrenzen für Stickstoffeinträge aus der Luft, oberhalb derer schädliche Wirkungen auf empfindliche Ökosysteme zu erwarten sind. BDM-Daten flossen in ein Projekt zur Herleitung der Critical Loads für alpine Ökosysteme im Rahmen der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung ein und trugen zu deren Revision bei (Bobbink et al., 2022).
EPT	Sammelbezeichnung für die drei Insektenordnungen Eintagsfliegen (Ephemeroptera), Steinfliegen (Plecoptera) und Köcherfliegen (Trichoptera). Ihre Larven werden im Messnetz Fliessgewässer auf Artebene bestimmt. Die Gruppe wurde ausgewählt, weil sie sensitiv auf Umwelteinflüsse reagiert.
Europ. Grassland Butterfly Indic.	Der European Grassland Butterfly Indicator ist ein wichtiger Indikator der Europäischen Umweltagentur (EEA), der die Bestandsentwicklung von 17 typischen Tagfalterarten des Graslands (Wiesen und Weiden) in Europa überwacht. Er dient dazu, den Zustand der Biodiversität, insbesondere in Agrarökosystemen, zu bewerten. BDM-Daten fliessen in den Indikator ein.
Höherwandern	Verschiebung von Arten und Artengemeinschaften in höhere Lagen als Folge des Klimawandels. Im BDM abgeleitet aus der Zunahme des mittleren Temperatur-Zeigerwerts einer Artengemeinschaft (Community Temperature Index, CTI): angegeben wird, um wie viele Höhenmeter eine Artengemeinschaft mit demselben CTI innert 10 Jahren höher angetroffen wird.

Homogenisierung	Zunehmende Ähnlichkeit der Artengemeinschaften verschiedener Flächen: An vielen Orten treten vermehrt dieselben Arten miteinander auf, meist weil sich bereits häufige Arten mit geringen Ansprüchen an ihren Lebensraum ausbreiten. Im BDM gemessen als Abnahme der Vielfalt der Artengemeinschaften. Auch: biotische Homogenisierung, Banalisierung.
IBCH	Indice biologique suisse: Schweizer Gewässergüte-Index, der anhand der im Gewässer lebenden Insekten und anderer wirbelloser Tiere (Makrozoobenthos) bewertet, wie sauber und ökologisch intakt ein Bach oder Fluss ist. Je mehr empfindliche Arten vorkommen, desto besser sind die Wasserqualität und der Zustand des Lebensraums. Der IBCH berücksichtigt nebst der Wasserqualität auch die Naturbelassenheit von Gewässersohle und Ufer.
info fauna	Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Fauna. Die Datenbank ist dank vieler Freiwilliger sehr umfangreich und reicht weit ins letzte Jahrhundert zurück. Für den Tagfalter-Index werden die Fundmeldungen mit den BDM-Daten kombiniert.
InfoSpecies	Verbund der nationalen Daten- und Informationszentren für Arten, u.a. info fauna und Info Flora. In den Datenbanken laufen die Meldungen aller kantonalen und nationalen Programme, Inventare und privaten Meldungen zusammen; sie sind die Referenz für die Gesamtverbreitung der Arten. Die BDM-Daten werden laufend integriert.
LANAG	Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der normal genutzten Landschaft des Kantons Aargau. Die LANAG diente methodisch und teilweise konzeptionell als Vorlage für das BDM.
Lebensraumansprüche	Spezifische Bedingungen und Ressourcen, die eine Art in ihrem Lebensraum benötigt, bei Pflanzen etwa Licht, Wasser sowie Boden- und Nährstoffverhältnisse, bei Tagfaltern z.B. nährstoffarme Lebensräume.
Legislaturindikatoren der Schweiz	Die Legislaturindikatoren der Schweiz sind ein vom Bundesamt für Statistik (BFS) geführtes Indikatorenset, das die Zielerreichung der vierjährigen Legislaturplanung (2023–2027) von Bundesrat und Parlament überwacht. BDM-Daten fliessen in einen dieser Indikatoren ein.
LFI	Schweizerisches Landesforstinventar. Es erhebt Zustand und Entwicklung des Schweizer Waldes. Jede BDM-Messfläche im Wald kann einer LFI-Fläche und ihren Daten zugeordnet werden.
Makrozoobenthos	Gesamtheit der von Auge erkennbaren wirbellosen Tiere der Gewässersohle (Gewässerwirbellose), z.B. Insektenlarven. Im Messnetz Fliessgewässer werden sie auf Familienniveau bestimmt; sie sind Grundlage von IBCH und SPEAR-Index.
Messfläche	Fläche vordefinierter Grösse und Lage, auf der die Erhebungen der Artengruppen durchgeführt werden: 1 km^2 im Messnetz Landschaften, 10 m^2 im Messnetz Landlebensräume. Im Messnetz Fliessgewässer spricht man von Probestelle oder Messstelle. Synonyme: Untersuchungsfläche, Probefläche, Stichprobenfläche.
Messnetz	Die Messflächen derselben Erhebungsart bilden zusammen ein Messnetz. Die Messflächen von 5–100 Metern Länge entlang von kleineren Fliessgewässern bilden das Messnetz Fliessgewässer, die Messflächen von 10 m^2 bilden das Messnetz Landlebensräume (vormals Z9) und die Messflächen von 1 km^2 bilden das Messnetz Landschaften (vormals Z7).
NAWA	Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität: Messprogramm zum Zustand der Schweizer Fliessgewässer. Dank weitgehend einheitlicher Methoden im Messprogramm NAWA TREND und im Messnetz Fliessgewässer des BDM sind kombinierte Auswertungen möglich.

Neophyten	Gefässpflanzenarten, die erst nach 1500 in einer für sie neuen Region auftreten. Nur ein Teil von ihnen breitet sich invasiv aus und verdrängt die typischen Arten eines Lebensraums (invasive Neophyten).
Ruderalpflanzen	Kurzlebige, störungstolerante Pflanzenarten gestörter Standorte wie Wegränder, Verkehrs- und Siedlungsflächen. Im Bericht abgegrenzt nach der ökologischen Gruppe «Unkraut- und Ruderalpflanzen» der Flora Indicativa (Landolt et al., 2010).
Simpson-Index	Mass für die Unterschiedlichkeit von Artenlisten: Wahrscheinlichkeit, dass zwei zufällig aus den Artenlisten gezogene Vorkommen zu unterschiedlichen Arten gehören. Grundlage des Indikators Vielfalt der Artengemeinschaften.
SPEAR-Index	Index zur Pflanzenschutzmittelbelastung von Fliessgewässern (Synonym SPEARpesticides-Index): Anteil der Individuen pflanzenschutzmittelempfindlicher Familien von Gewässerwirbellosen an der Gesamtabundanz aller vorkommenden Familien. Ein tiefer Wert bedeutet eine starke Belastung, ein hoher Wert eine hohe Gewässerqualität.
Swiss Bird Index	Der Swiss Bird Index ist ein von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach erstellter Indikator, der die Bestandsentwicklung der Brutvögel in der Schweiz zusammenfasst. Die Brutvogeldaten des BDM fliessen in den Index ein.
Tagfalter-Index	Die Kombination der Bestandestrends von 179 Tagfalter- und Widderchenarten der Schweiz wird Tagfalter-Index genannt (Roth et al., 2026), in Anlehnung an den Swiss Bird Index der Vogelwarte Sempach. Er kombiniert die BDM-Daten mit den Fundmeldungen von info fauna und ist ein offizieller BAFU-Indikator.
Transekt	Die BDM-Erhebungen für die Gefässpflanzen und Tagfalter im Messnetz Landschaften erfolgen innerhalb der 1 km^2-Messflächen entlang einer 2.5 km langen, im Voraus festgelegten Route (Transekt).
TWW	Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung gemäss Bundesinventar. Sie gehören zu den Bundesinventargebieten, deren Entwicklung die WBS verfolgt.
UZL-Arten	Ziel- und Leitarten gemäss den Umweltzielen Landwirtschaft (UZL), die in der Schweiz gefördert werden.
Vielfalt der Artengemeinschaften	BDM-Indikator (seit 2008), der die Unterschiedlichkeit der Artengemeinschaften zwischen den Messflächen misst, unabhängig von der Artenzahl. Berechnet als mittlerer Simpson-Index aus den Präsenz-Absenz-Daten aller Messflächen einer fünfjährigen Erhebungsperiode (gleitendes Fünfjahresmittel). Sinkende Werte bedeuten, dass die Artengemeinschaften einander ähnlicher werden (Homogenisierung).
WBS	WBS ist die Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz, ein langfristiges Monitoringprogramm des BAFU und der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft). Sie verfolgt die Entwicklung der Biodiversität in den Bundesinventargebieten (Flach- und Hochmoore, Auen, Trockenwiesen und -weiden sowie Amphibienlaichgebiete).
Zeigerwerte	Kennzahlen, welche die ökologischen Ansprüche einer Art an ihren Standort angeben, z.B. an Temperatur, Bodenfeuchte, Nährstoffe, Licht oder Basengehalt (Reaktionszahl); für Gefässpflanzen z.B. nach Flora Indicativa (Landolt et al., 2010), für Tagfalter nach Fauna Indicativa (Klaiber et al., 2017). Der Mittelwert über die Arten einer Fläche beschreibt deren Standortbedingungen; der mittlere Temperatur-Zeigerwert einer Artengemeinschaft heisst Community Temperature Index (CTI). Arten mit hohem bzw. tiefem Temperatur-Zeigerwert heissen Wärme- bzw. Kältezeiger.

6. Danksagung

Wir danken den Zuständigen im BAFU, die das Projekt vorangetrieben und unterstützt haben, insbesondere Jérôme Frei, Claudio de Sassi und Glenn Litsios.

Das Projekt funktioniert nur dank der engagierten Mitarbeit der vielen Spezialistinnen und Spezialisten bei den Erhebungen im Feld und den Arbeiten im Labor. Ein besonderer Dank geht ausserdem an das Team der BDM-Koordinationsstelle für die Administration, das Datenhandling und die Auswertungen der Daten.

Wir danken für den fachlichen Austausch in der Begleitgruppe BDM / WBS sowie den Verantwortlichen unserer zentralen Partnerprogramme: dem Monitoringprogramm «Arten und Lebensräume Landwirtschaft ALL-EMA» (Agroscope), dem Monitoring Häufige Brutvögel MHB (Schweizerische Vogelwarte Sempach), der Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz WBS (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL), sowie den kantonalen BDM Programmen.

7. Literaturverzeichnis

Abrahamczyk, S., Kessler, M., Roth, T., & Heer, N. (2022). Temporal changes in the Swiss flora: Implications for flower-visiting insects. BMC Ecology and Evolution, 22(1), 109. https://doi.org/10.1186/s12862-022-02061-2

BDM. (2021). Der Einfluss des Klimawandels auf die Biodiversität ist messbar. *HOTSPOT*, (43).

Bergamini, A., Ginzler, C., Schmidt, B. R., Boch, S., Ecker, K. T., Pichon, N., Bedolla, A., Psomas, A., Moser, T., Dosch, O., & Holderegger, R. (2025). *Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz (WBS)* (WSL Berichte 174 Nr. 174; S. 207).

Bergamini, A., Hartwig, A., Hofmann, H., Meier, M., & Schnyder, N. (2025). *Moose der Schweiz, Artenporträts und Bestimmungsschlüssel*. Haupt.

Bergamini, A., Stofer, S., & Vonarburg, C. (2024). Moose und Flechten in Gärten – Resultate eines Projekts der Bryolich. *Meylania*, *74*, 15–28.

Bobbink, R., Loran, C., & Tomassen, H. (2022). *Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe* (S. 358). German Environment Agency.

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 (Nr. 1621; Umwelt-Vollzug, S. 178). Bundesamt für Umwelt, Bern, und Info Flora, Genf.

Bowler, D., Richter, R. L., Eskildsen, D., Kamp, J., Moshøj, C. M., Reif, J., Strebel, N., Trautmann, S., & Voříšek, P. (2021). Geographic variation in the population trends of common breeding birds across central Europe. *Basic and Applied Ecology*, *56*, 72–84. https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.07.004

Brändli, U.-B., Abegg, M., & Allgaier Leuch, B. (Hrsg.). (2020). Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der vierten Erhebung 2009–2017 (S. 341). Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, und Bundesamt für Umwelt, Bern. https://doi.org/10.16904/envidat.146

Brändli, U.-B., Bühler, C., & Zangger, A. (2007). Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, *158*(8), 243–254.

Bühler, C., & Roth, T. (2011). Spread of common species results in local-scale floristic homogenization in grassland of Switzerland. *Diversity and Distributions*, *17*(6), 1089–1098. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00799.x

Bundesamt für Umwelt. (2019). *Methoden zur Untersuchung und Beurteilung von Fliessgewässern (IBCH_2019). Makrozoobenthos – Stufe F. 1*.

Bundesamt für Umwelt. (2020). *Monitoring und Wirkungskontrolle Biodiversität. Übersicht zu nationalen Programmen und Anknüpfungspunkten* (Nr. 2005; Umwelt-Wissen, S. 57).

Bundesamt für Umwelt. (2022). *Gewässer in der Schweiz. Zustand und Massnahmen* (Nr. 2207; S. 90).

Bundesamt für Statistik. (2023). *Arealstatistik 2009–2018 – Siedlungs- und Verkehrsflächen*.

Chase, J. M., McGill, B. J., McGlinn, D. J., May, F., Blowes, S. A., Xiao, X., Knight, T. M., Purschke, O., & Gotelli, N. J. (2018). Embracing scale-dependence to achieve a deeper understanding of biodiversity and its change across communities. *Ecology Letters*, *21*(11), 1737–1751. https://doi.org/10.1111/ele.13151

FloraCH. (2022). *Die botanische Zeitschrift der Schweiz. N° 14*.

Forum Biodiversität Schweiz. (2022). *20 Jahre Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/ZENODO.7056956

Gebert, F., Obrist, M. K., Siber, R., Altermatt, F., Bollmann, K., & Schuwirth, N. (2022). Recent trends in stream macroinvertebrates: Warm-adapted and pesticide-tolerant taxa increase in richness. *Biology Letters*, *18*(3), 20210513. https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0513

Häberlin, K. E. R., & Dengler, J. (2025). Recent biodiversity changes in grasslands across elevational bands in Switzerland. *Basic and Applied Ecology*, *87*, 29–37. https://doi.org/10.1016/j.baae.2025.05.003

Hanspach, J., Schweiger, O., Kühn, I., Plattner, M., Pearman, P. B., Zimmermann, N. E., & Settele, J. (2014). Host plant availability potentially limits butterfly distributions under cold environmental conditions. *Ecography*, *37*(3), 301–308. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00195.x

Hutter, P., Roth, T., Martinez, N., Stucki, P., & Litsios, G. (2019). Fliessgewässer-Fauna unter Druck. *Aqua & Gas*, (7/8), 45–51.

Huwyler, S., Plattner, M., & Roth, T. (2012). Modellierung der Tagfaltervielfalt im Schweizer Alpenraum: Mehr als ein Drittel der Tagfalter-Hot-Spots liegt in gesetzlich geschützten Trockenwiesen. *Natur und Landschaft*, *7*, 298–305.

Kammer, P. M., Rihm, B., & Schöb, C. (2022). Decreasing nitrogen deposition rates: Good news for oligotrophic grassland species? *Basic and Applied Ecology*, *63*, 125–138. https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.06.001

Kiebacher, T., Meier, M., Kipfer, T., & Roth, T. (2023a). Thermophilisation of communities differs between land plant lineages, land use types and elevation. *Scientific Reports*, *13*(1), 11395. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38195-6

Kiebacher, T., Meier, M., Steffen, J., Bergamini, A., Schnyder, N., & Hofmann, H. (2023b). Rote Liste der Moose. Gefährdete Arten der Schweiz. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Swissbryophytes. Umwelt-Vollzug Nr. 2309.

Klaiber, J., Altermatt, F., Birrer, S., Chittaro, Y., Dziock, F., Gonseth, Y., Hoess, R., Keller, D., Küchler, H., Luka, H., Manzke, U., Müller, A., Pfeifer, M. A., Roesti, C., Schlegel, J., Schneider, K., Sonderegger, P., Walter, T., Holderegger, R., & Bergamini, A. (2017). *Fauna Indicativa*, *54*, 1–192. https://doi.org/10.5167/uzh-139350

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.

Koordinationsstelle BDM. (2014). *Biodiversitätsmonitoring Schweiz BDM. Beschreibung der Methoden und Indikatoren. Bundesamt für Umwelt, Bern* (Nr. 1410; Umwelt-Wissen, S. 104).

Landolt, E., Bäumler, B., Ehrhardt, A., Hegg, O., Klötzli, F., Lämmler, W., Nobis, M., Rudmann-Maurer, K., Schweingruber, F. H., Theurillat, J.-P., Urmi, E., Vust, M., & Wohlgemuth, T. (2010). *Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen*. Haupt.

Lüscher, G., Meier, E. S., Plattner, M., & Roth, T. (2022). Die Pflanzen- und Tagfaltervielfalt profitiert von Biodiversitätsförderflächen im Grünland – Ist das genug? *N+L Inside*, (4), 30–34.

Martinez, N., Steiner, E., Roth, T., Ilg, C., & Schuwirth, N. (2025). Zeitliche Veränderung der blau-grünen Biodiversität. Artenzunahmen bei gleichzeitiger Homogenisierung. *Aqua & Gas*, (7+8).

Martinez, N., Stickelberger, C., Fässler, F., Strebel, N., & Roth, T. (2020). Vorkommen von Wasseramsel *Cinclus cinclus* und Gebirgsstelze *Motacilla cinerea* in Abhängigkeit vom biologischen Zustand der Fliessgewässer. *Der Ornithologische Beobachter*, *117*, 164–176.

Meier, E., Lüscher, G., Herzog, C., Herzog, F., Indermaur, A., Winizki, J., & Knop, E. (2025). Veränderung der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft: Von der ALL-EMA-Ersterhebung (2015–2019) zur Zweiterhebung (2020–2024). In *Agroscope Science* (Bd. 209). Agroscope. https://doi.org/10.34776/AS209

Pan, Y., Hersperger, A. M., Ge, G., & Nobis, M. P. (2024). Effects of habitat configuration on biodiversity along gradients of forest cover on the Swiss Plateau. *Forest Ecosystems*, *11*, 100223. https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100223

Pan, Y., Hersperger, A. M., Kienast, F., Liao, Z., Ge, G., & Nobis, M. P. (2022). Spatial and temporal scales of landscape structure affect the biodiversity-landscape relationship across ecologically distinct species groups. *Landscape Ecology*. https://doi.org/10.1007/s10980-022-01477-x

Riedel, S., Widmer, S., Dengler, J., Herzog, F., Schneider, M. K., Wohlgemuth, T., & Kessler, M. (2025). Lasting legacies: Relicts of historical plant communities in Central European grasslands amid a century of biodiversity loss. Biological Conservation, 312, 111500. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111500

Rigal, S., Dakos, V., Alonso, H., Auniņš, A., Benkő, Z., Brotons, L., Chodkiewicz, T., Chylarecki, P., De Carli, E., Del Moral, J. C., Domşa, C., Escandell, V., Fontaine, B., Foppen, R., Gregory, R., Harris, S., Herrando, S., Husby, M., Ieronymidou, C., … Devictor, V. (2023). Farmland practices are driving bird population decline across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *120*(21), e2216573120.

https://doi.org/10.1073/pnas.2216573120

Roth, T., Chittaro, Y., Frei, J., Litsios, G., & Plattner, M. (2026). Combining citizen-science data with data from a structured monitoring programme for a Swiss butterfly index. *Ecological Indicators*, 190, 115230. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2026.115230

Roth, T., Kohli, L., Bühler, C., Rihm, B., Meuli, R. G., Meier, R., & Amrhein, V. (2019). Species turnover reveals hidden effects of decreasing nitrogen deposition in mountain hay meadows. *PeerJ*, *7*, e6347. https://doi.org/10.7717/peerj.6347

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., & Achermann, B. (2013). Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *178*, 121–126. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.002

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Amrhein, V., & Achermann, B. (2015). Nitrogen deposition and multi-dimensional plant diversity at the landscape scale. *Royal Society Open Science*, *2*(4), 150017. https://doi.org/10.1098/rsos.150017

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Meier, R., & Achermann, B. (2017). Using change-point models to estimate empirical critical loads for nitrogen in mountain ecosystems. *Environmental Pollution*, *220*, 1480–1487. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.083

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Meier, R., & Amrhein, V. (2021). Negative effects of nitrogen deposition on Swiss butterflies. *Conservation Biology*, *35*(6), 1766–1776. https://doi.org/10.1111/cobi.13744

Roth, T., Plattner, M., & Amrhein, V. (2014). Plants, Birds and Butterflies: Short-Term Responses of Species Communities to Climate Warming Vary by Taxon and with Altitude. *PLoS ONE*, *9*(1), e82490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082490

Steiner, E., Martinez, N., Thoma, M., & Ilg, C. (2024). Auswirkungen sichtbarer Veränderungen an Gewässermessstellen. Analyse von Makroinvertebraten-Daten. *Aqua & Gas*, 80–85.

Strebel, N., & Martinez, N. (2021). Hängt die Häufigkeit der Singdrossel *Turdus philomelos* zur Brutzeit mit der Häufigkeit grosser Gehäuseschnecken zusammen? *Der Ornithologische Beobachter*, *118*(1).

Stucki, P. (2010). Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Makrozoobenthos Stufe F (Nr. 1026; Umwelt-Vollzug, S. 61). Bundesamt für Umwelt.

Timoner, P., Fasel, M., Ashraf Vaghefi, S. S., Marle, P., Castella, E., Moser, F., & Lehmann, A. (2021). Impacts of climate change on aquatic insects in temperate alpine regions: Complementary modeling approaches applied to Swiss rivers. *Global Change Biology*, *27*(15), 3565–3581. https://doi.org/10.1111/gcb.15637

Van Strien, A. J., Van Swaay, C. A. M., & Termaat, T. (2013). Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology*, *50*(6), 1450–1458. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12158

Weber, D., Hintermann, U., & Zangger, A. (2004). Scale and trends in species richness: Considerations for monitoring biological diversity for political purposes. *Global Ecology and Biogeography*, *13*(2), 97–104. https://doi.org/10.1111/j.1466-882X.2004.00078.x

Widmer, S., Riedel, S., Babbi, M., Herzog, F., Wohlgemuth, T., Kessler, M., & Dengler, J. (2025). One Century of Change: Stronger Diversity Decline in Lowland Than in Mountain Grasslands in Central Europe. *Global Change Biology*, *31*(10), e70529. https://doi.org/10.1111/gcb.70529

Wohlgemuth, T., Nobis, M. P., Kienast, F., & Plattner, M. (2008). Modelling vascular plant diversity at the landscape scale using systematic samples. *Journal of Biogeography*, *35*(7), 1226–1240. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01884.x

Wüthrich, R., & Altermatt, F. (2019). *Aquatische Monitoringprogramme NAWA und BDM. Synergien, Strategien und Visionen*. (S. 64). Bundesamt für Umwelt BAFU.

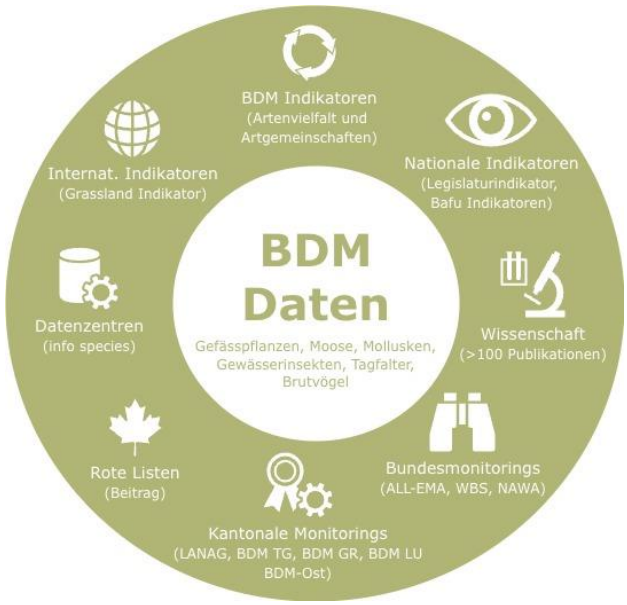
Zellweger, F., Braunisch, V., Morsdorf, F., Baltensweiler, A., Abegg, M., Roth, T., Bugmann, H., & Bollmann, K. (2015). Disentangling the effects of climate, topography, soil and vegetation on stand-scale species richness in temperate forests. *Forest Ecology and Management*, *349*, 36–44. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.008

Anhänge

Anhang A: Einbettung und Koordination mit anderen Programmen

Das BDM ist auf andere Programme abgestimmt, was wertvolle Synergien ergibt. Insbesondere sind die folgenden Programme zu erwähnen:

- Die Umweltmonitoring-Programme des Bundes (ALL-EMA, BDM, NAWA, WBS) ergänzen sich inhaltlich; Datenanalysen erfolgen aufeinander abgestimmt.
- Mehrere kantonale Monitoringprogramme bauen im Rahmen der NFA-Programmvereinbarungen mit einer räumlich besser aufgelösten Stichprobe auf dem BDM als Grundnetz auf.
- Die Daten des BDM sind Grundlage des Legislaturindikators und von BAFU-Indikatoren: Vielfalt der Artengemeinschaften in Wiesen und Weiden, Vielfalt der Artgemeinschaften im Wald, Tagfalter-Index.
- Die BDM-Daten dienen als Grundlage für die Wissenschaft: Bisher sind über 100 Publikationen mit BDM-Daten erschienen (siehe Anhang B).
- Das BDM füllt bei den nationalen Datenzentren Datenlücken zu mittelhäufigen Arten.



Vielfältiger Nutzen der BDM-Daten: Zusätzlich zu programmeigenen Indikatoren und Produkten werden BDM-Daten für viele weitere Zwecke verwendet.

Das Messnetz für Landlebensräume ist zu 100 % kompatibel mit den folgenden Programmen:

- Landesforstinventar (LFI), d.h. jede BDM-Messfläche im Wald kann einer LFI-Fläche und ihren Daten zugeordnet werden.
- Arealstatistik (AREA), d.h. für jede BDM-Messfläche gibt es die entsprechenden Angaben zur Bodenbedeckung und -nutzung (neu 6-Jahres-Rhythmus).
- Langfristüberwachung (LANAG) im Kanton Aargau: Das BDM-Netz ist ein Subsample der dichteren kantonalen Stichprobe (gleicher Erhebungsrhythmus wie BDM).
- BDM VBS: Vegetationserhebungen erfolgen nach gleicher Methode auf Waffen-, Schiess- und Militärflugplätzen und werden mit einer BDM-Stichprobe verglichen (gleicher Erhebungsrhythmus wie BDM).

- Einmalig mit der Nationalen Bodenbeobachtung (NABO) im Zeitraum 2011 bis 2015. Insgesamt wurden 1’063 Standorte mit jeweils drei bis vier Teilstichproben beprobt.

Das Messnetz Landschaften hat flächengleiche Erhebungen mit den folgenden Programmen:

- Monitoring Häufige Brutvögel (MHB) der Schweizerischen Vogelwarte Sempach. Die meisten der jährlich begangenen MHB-Flächen sind gleichzeitig auch BDM-Flächen.
- Monitoringprogramm «Arten und Lebensräume Landwirtschaft» ALL-EMA, wobei ihre 170 Messflächen eine Teilstichprobe der BDM-Flächen mit wesentlichem Landwirtschaftsanteil darstellen (gleicher Erhebungsrhythmus wie BDM).
- Kantonale Biodiversitätsmonitoringprogramme in den Kantonen AG, TG, GR, LU und SG/AI/AR, wobei das BDM-Netz ein Subsample der dichteren kantonalen Stichproben ist (gleicher Erhebungsrhythmus wie BDM).

Das BDM ist kompatibel mit europäischen Programmen:

- Die Methode für die Tagfalter- und Vogelerhebungen ist auf die Überwachungsprogramme in anderen Ländern abgestimmt (European Butterfly Monitoring Scheme – eBMS, European Bird Census Council).
- Die Resultate des BDM fliessen in den European Grassland Butterfly Indicator ein.
- Critical Loads ist ein Projekt zur Entwicklung kritischer Belastungsgrenzen für alpine Ökosysteme im Rahmen der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung.

Dank weitgehend standardisierten Methoden für die Datenerhebungen in ALL-EMA, in der Wirkungskontrolle Biotopschutz (WBS) für Landlebensräume und im Messnetz Fliessgewässer mit dem Messprogramm «Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität» NAWA TREND sind auf einfache Weise kombinierte Analysen möglich. Dabei ergänzt das BDM mit seiner Stichprobe andere Messnetze oder es dient mit seiner generellen Stichprobe für die gesamte Schweiz oder einzelne Regionen als Referenz für die Basis-Trends im Vergleich mit den diversen spezifischen Programmen.

Auswertungen in Kombination mit anderen Programmen wurden in der Vergangenheit wiederholt durchgeführt (s. auch Kapitel 4 «Bessere Aussagen dank Kombination von Datenquellen»):

Übersicht über Publikationen mit kombinierten Analysen unterschiedlicher Programme:

- Kombination diverser Programme: BAFU (Hrsg.) (2020) Monitoring und Wirkungskontrolle Biodiversität. Übersicht zu nationalen Programmen und Anknüpfungspunkten. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2005: 57 S.
- Kombination LFI und BDM: Brändli, U.-B., Bühler, C., & Zangger, A. (2007). Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 158(8), 243–254.
- Kombination NAWA und BDM: BAFU (Hrsg.) (2022). Gewässer in der Schweiz. Zustand und Massnahmen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2207: 90 S.
- Kombination NAWA und BDM: Steiner, E., Martinez, N., Thoma, M., & Ilg, C. (2024). Auswirkungen sichtbarer Veränderungen an Gewässermessstellen. Analyse von Makroinvertebraten-Daten. Aqua & Gas, 80–85.
- Kombination Brutvogelatlas und BDM: Martinez, N., Stickelberger, C., Fässler, F., Strebel, N., & Roth, T. (2020). Vorkommen von Wasseramsel *Cinclus cinclus* und Gebirgsstelze *Motacilla cinerea* in Abhängigkeit vom biologischen Zustand der Fliessgewässer. Ornithologischer Beobachter 117, 164-176.
- Kombination von info fauna und BDM im Tagfalter-Index: BDM (2021). Der Einfluss des Klimawandels auf die Biodiversität ist messbar. HOTSPOT, 43.
- Kombination von ALL-EMA und BDM: Lüscher, G., Meier, E., Plattner, M., Roth, T. (2022). Die Pflanzen- und Tagfaltervielfalt profitiert von Biodiversitätsförderflächen im Grünland - ist das genug? N + L Inside 4/22: 30-34.
- Der "Cercle Indicateurs" ist ein spezifischer Indikator zur Pflanzen Artenvielfalt. Bund, Kantone und Städte nutzen ihn im Nachhaltigkeits-Monitoring der Schweiz zur Beobachtung der Biodiversität. Er misst den Zustand und die Entwicklung der Pflanzenvielfalt als Teil der natürlichen Lebensgrundlagen und der Sustainable Development Goals (SDG 15)

- der BAFU-Umweltindikator ist ein Indikatorsystem des Bundesamtes für Umwelt BAFU und überwacht den Zustand der Umwelt in der Schweiz.

Anhang B: Wissenschaftliche Publikationen mit BDM-Daten

Abrahamczyk, S., Kessler, M., Roth, T., & Heer, N. (2022). Temporal changes in the Swiss flora: Implications for flower-visiting insects. BMC Ecology and Evolution, 22(1), 109. https://doi.org/10.1186/s12862-022-02061-2

Altermatt, F., Alther, R., Fišer, C., Jokela, J., Konec, M., Küry, D., Mächler, E., Stucki, P., & Westram, A. M. (2014). Diversity and Distribution of Freshwater Amphipod Species in Switzerland (Crustacea: Amphipoda). PLoS ONE, 9(10), e110328. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110328

Altermatt, F., Birrer, S., Plattner, M., Ramseier, P., & Stalling, T. (2008). Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Entomo Helvetica, 1, 75–83.

Altermatt, F., Seymour, M., & Martinez, N. (2013). River network properties shape α-diversity and community similarity patterns of aquatic insect communities across major drainage basins. Journal of Biogeography, 40(12), 2249–2260. https://doi.org/10.1111/jbi.12178

Baumann, P., Helfenstein, A., Gubler, A., Keller, A., Meuli, R. G., Wächter, D., Lee, J., Viscarra Rossel, R., & Six, J. (2021). Developing the Swiss mid-infrared soil spectral library for local estimation and monitoring. SOIL, 7(2), 525–546. https://doi.org/10.5194/soil-7-525-2021

Brändli, U.-B., Bühler, C., & Zangger, A. (2007). Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 158(8), 243–254.

Bühler, C. (2006). Biodiversity Monitoring in Switzerland: What can we learn for general surveillance of GM crops? Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 1(S1), 37–41. https://doi.org/10.1007/s00003-006-0067-5

Bühler, C., & Roth, T. (2011). Spread of common species results in local-scale floristic homogenization in grassland of Switzerland: Floristic homogenization in Swiss grassland. Diversity and Distributions, 17(6), 1089–1098. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00799.x

Caradima, B., Schuwirth, N., & Reichert, P. (2019). From individual to joint species distribution models: A comparison of model complexity and predictive performance. Journal of Biogeography, 46(10), 2260–2274. https://doi.org/10.1111/jbi.13668

Chen, D., Lan, Z., Bai, X., Grace, J. B., & Bai, Y. (2013). Evidence that acidification-induced declines in plant diversity and productivity are mediated by changes in below-ground communities and soil properties in a semi-arid steppe. Journal of Ecology, 101(5), 1322–1334. https://doi.org/10.1111/1365-2745.12119

Concepción, E. D., Götzenberger, L., Nobis, M. P., de Bello, F., Obrist, M. K., & Moretti, M. (2017). Contrasting trait assembly patterns in plant and bird communities along environmental and human-induced land-use gradients. Ecography, 40(6), 753–763. https://doi.org/10.1111/ecog.02121

Concepción, E. D., Moretti, M., Altermatt, F., Nobis, M. P., & Obrist, M. K. (2015). Impacts of urbanisation on biodiversity: The role of species mobility, degree of specialisation and spatial scale. Oikos, 124(12), 1571–1582. https://doi.org/10.1111/oik.02166

Concepción, E. D., Obrist, M. K., Moretti, M., Altermatt, F., Baur, B., & Nobis, M. P. (2016). Impacts of urban sprawl on species richness of plants, butterflies, gastropods and birds: Not only built-up area matters. Urban Ecosystems, 19(1), 225–242. https://doi.org/10.1007/s11252-015-0474-4

Cozzi, G., Müller, C. B., & Krauss, J. (2008). How do local habitat management and landscape structure at different spatial scales affect fritillary butterfly distribution on fragmented wetlands? Landscape Ecology, 23(3), 269–283. https://doi.org/10.1007/s10980-007-9178-3

de Baan, L., Alkemade, R., & Koellner, T. (2013). Land use impacts on biodiversity in LCA: A global approach. The International Journal of Life Cycle Assessment, 18(6), 1216–1230. https://doi.org/10.1007/s11367-012-0412-0

Dengler, J., Jansen, F., Glöckler, F., Peet, R. K., De Cáceres, M., Chytrý, M., Ewald, J., Oldeland, J., Lopez-Gonzalez, G., Finckh, M., Mucina, L., Rodwell, J. S., Schaminée, J. H. J., & Spencer, N. (2011). The Global Index of

Vegetation-Plot Databases (GIVD): A new resource for vegetation science. Journal of Vegetation Science, 22(4), 582–597. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01265.x

Descombes, P., Walthert, L., Baltensweiler, A., Meuli, R. G., Karger, D. N., Ginzler, C., Zurell, D., & Zimmermann, N. E. (2020). Spatial modelling of ecological indicator values improves predictions of plant distributions in complex landscapes. Ecography, 43(10), 1448–1463. https://doi.org/10.1111/ecog.05117

Dorazio, R. M., Kéry, M., Royle, J. A., & Plattner, M. (2010). Models for inference in dynamic metacommunity systems. Ecology, 91(8), 2466–2475. https://doi.org/10.1890/09-1033.1

Dorazio, R. M., & Rodríguez, D. T. (2012). A Gibbs sampler for Bayesian analysis of site-occupancy data. Methods in Ecology and Evolution, 3(6), 1093–1098. https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00237.x

Eisenring, M., Altermatt, F., Westram, A. M., & Jokela, J. (2016). Habitat requirements and ecological niche of two cryptic amphipod species at landscape and local scales. Ecosphere, 7(5). https://doi.org/10.1002/ecs2.1319

Ferretti, M., Fischer, C., Gessler, A., Graham, C., Meusburger, K., Abegg, M., Bebi, P., Bergamini, A., Brockerhoff, E. G., Brunner, I., Bühler, C., Conedera, M., Cothereau, P., D'Odorico, P., Düggelin, C., Ginzler, C., Grendelmeier, A., Haeni, M., Hagedorn, F., … Shackleton, R. T. (2024). Advancing forest inventorying and monitoring. Annals of Forest Science, 81(1), 6. https://doi.org/10.1186/s13595-023-01220-9

Gallien, L., Altermatt, F., Wiemers, M., Schweiger, O., & Zimmermann, N. E. (2017). Invasive plants threaten the least mobile butterflies in Switzerland. Diversity and Distributions, 23(2), 185–195. https://doi.org/10.1111/ddi.12513

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

Gebert, F., Obrist, M. K., Siber, R., Altermatt, F., Bollmann, K., & Schuwirth, N. (2022). Recent trends in stream macroinvertebrates: Warm-adapted and pesticide-tolerant taxa increase in richness. Biology Letters, 18(3), 20210513. https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0513

Güsewell, S., Peter, M., & Birrer, S. (2012). Altitude modifies species richness–nutrient indicator value relationships in a country-wide survey of grassland vegetation. Ecological Indicators, 20, 134–142. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.011

Haaland, C., & Bersier, L.-F. (2011). What can sown wildflower strips contribute to butterfly conservation?: An example from a Swiss lowland agricultural landscape. Journal of Insect Conservation, 15(1–2), 301–309. https://doi.org/10.1007/s10841-010-9353-8

Haaland, C., Naisbit, R. E., & Bersier, L.-F. (2011). Sown wildflower strips for insect conservation: A review. Insect Conservation and Diversity, 4(1), 60–80. https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00098.x

Häberlin, K. E. R., & Dengler, J. (2025). Recent biodiversity changes in grasslands across elevational bands in Switzerland. Basic and Applied Ecology, 87, 29–37. https://doi.org/10.1016/j.baae.2025.05.003

Hanspach, J., Schweiger, O., Kühn, I., Plattner, M., Pearman, P. B., Zimmermann, N. E., & Settele, J. (2014). Host plant availability potentially limits butterfly distributions under cold environmental conditions. Ecography, 37(3), 301–308. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00195.x

Harvey, E., & Altermatt, F. (2019). Regulation of the functional structure of aquatic communities across spatial scales in a major river network. Ecology, 100(4), e02633. https://doi.org/10.1002/ecy.2633

Heino, J., Melo, A. S., Bini, L. M., Altermatt, F., Al-Shami, S. A., Angeler, D. G., Bonada, N., Brand, C., Callisto, M., Cottenie, K., Dangles, O., Dudgeon, D., Encalada, A., Göthe, E., Grönroos, M., Hamada, N., Jacobsen, D., Landeiro, V. L., Ligeiro, R., … Townsend, C. R. (2015). A comparative analysis reveals weak relationships between ecological factors and beta diversity of stream insect metacommunities at two spatial levels. Ecology and Evolution, 5(6), 1235–1248. https://doi.org/10.1002/ece3.1439

Ho, H.-C., Brodersen, J., Gossner, M. M., Graham, C. H., Kaeser, S., Reji Chacko, M., Seehausen, O., Zimmermann, N. E., Pellissier, L., & Altermatt, F. (2022). Blue and green food webs respond differently to elevation and land use. Nature Communications, 13(1), 6415. https://doi.org/10.1038/s41467-022-34132-9

Hofer, G., Bunce, R. G. H., Edwards, P. J., Szerencsits, E., Wagner, H. H., & Herzog, F. (2011). Use of topographic variability for assessing plant diversity in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems & Environment, 142(3–4), 144–148. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.04.011

Hofmann, H., Urmi, E., Bisang, I., Müller, N., Küchler, M., & Schubiger, C. (2007). Retrospective assessment of frequency changes in Swiss bryophytes over the last two centuries. Lindbergia, 32, 18–32.

Hutter, P., Roth, T., Martinez, N., Stucki, P., & Litsios, G. (2019). Fliessgewässer-Fauna unter Druck. Aqua & Gas, 7/8, 45–51.

Huwyler, S., Plattner, M., & Roth, T. (2012). Modellierung der Tagfaltervielfalt im Schweizer Alpenraum: Mehr als ein Drittel der Tagfalter-Hot-Spots liegt in gesetzlich geschützten Trockenwiesen. Natur und Landschaft, 7, 298–305.

Ilg, C., & Alther, R. (2024). Ökologischer Zustand von Schweizer Bächen. Die meisten der untersuchten Bäche erfüllen ihre Rolle als Lebensraum für Tiere nur eingeschränkt. Aqua & Gas.

Kaelin, K., & Altermatt, F. (2016). Landscape-level predictions of diversity in river networks reveal opposing patterns for different groups of macroinvertebrates. Aquatic Ecology, 50(2), 283–295. https://doi.org/10.1007/s10452-016-9576-1

Kammer, P. M., Rihm, B., & Schöb, C. (2022). Decreasing nitrogen deposition rates: Good news for oligotrophic grassland species? Basic and Applied Ecology, 63, 125–138. https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.06.001

Kéry, M., & Plattner, M. (2007). Species richness estimation and determinants of species detectability in butterfly monitoring programmes. Ecological Entomology, 32(1), 53–61. https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2006.00841.x

Kéry, M., & Royle, J. A. (2008). Hierarchical Bayes estimation of species richness and occupancy in spatially replicated surveys. Journal of Applied Ecology, 45(2), 589–598. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01441.x

Kéry, M., Royle, J. A., Plattner, M., & Dorazio, R. M. (2009). Species richness and occupancy estimation in communities subject to temporary emigration. Ecology, 90(5), 1279–1290. https://doi.org/10.1890/07-1794.1

Kéry, M., & Schmid, H. (2006). Estimating species richness: Calibrating a large avian monitoring programme. Journal of Applied Ecology, 43(1), 101–110. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01111.x

Khaliq, I., Rixen, C., Zellweger, F., Graham, C. H., Gossner, M. M., McFadden, I. R., Antão, L., Brodersen, J., Ghosh, S., Pomati, F., Seehausen, O., Roth, T., Sattler, T., Supp, S. R., Riaz, M., Zimmermann, N. E., Matthews, B., & Narwani, A. (2024). Warming underpins community turnover in temperate freshwater and terrestrial communities. Nature Communications, 15(1), 1921. https://doi.org/10.1038/s41467-024-46282-z

Kiebacher, T., Meier, M., Kipfer, T., & Roth, T. (2023). Thermophilisation of communities differs between land plant lineages, land use types and elevation. Scientific Reports, 13(1), 11395. https://doi.org/10.1038/s41598-023-38195-6

Kühn, I., Nobis, M. P., & Durka, W. (2009). Combining spatial and phylogenetic eigenvector filtering in trait analysis. Global Ecology and Biogeography, 18(6), 745–758. https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00481.x

Lang, A., & Bühler, C. (2012). Estimation of required sampling effort for monitoring the possible effects of transgenic crops on butterflies: Lessons from long-term monitoring schemes in Switzerland. Ecological Indicators, 13(1), 29–36. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.05.004

Lang, A., Bühler, C., Dolek, M., Roth, T., & Züghart, W. (2016). Estimating sampling efficiency of diurnal Lepidoptera in farmland. Journal of Insect Conservation, 20(1), 35–48. https://doi.org/10.1007/s10841-015-9837-7

Litman, J., Chittaro, Y., Birrer, S., Praz, C., Wermeille, E., Fluri, M., Stalling, T., Schmid, S., Wyler, S., & Gonseth, Y. (2018). A DNA barcode reference library for Swiss butterflies and forester moths as a tool for species identification, systematics and conservation. PLoS ONE, 13(12), e0208639. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208639

Martinez, N., Steiner, E., Roth, T., Ilg, C., & Schuwirth, N. (2025). Zeitliche Veränderung der blau-grünen Biodiversität. Artenzunahmen bei gleichzeitiger Homogenisierung. Aqua & Gas, 7+8.

Martinez, N., Stickelberger, C., Fässler, F., Strebel, N., & Roth, T. (2020). Vorkommen von Wasseramsel *Cinclus cinclus* und Gebirgsstelze *Motacilla cinerea* in Abhängigkeit vom biologischen Zustand der Fliessgewässer. Der Ornithologische Beobachter, 117, 164–176.

Mayerhofer, J., Wächter, D., Calanca, P., Kohli, L., Roth, T., Meuli, R. G., & Widmer, F. (2021). Environmental and Anthropogenic Factors Shape Major Bacterial Community Types Across the Complex Mountain Landscape of Switzerland. Frontiers in Microbiology, 12, 581430. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.581430

Meichtry-Stier, K., Korner, P., Birrer, S., & Knaus, P. (2025). Effects of nitrogen deposition on territory numbers of breeding birds. Conservation Biology, e70114. https://doi.org/10.1111/cobi.70114

Meuli, R. G., Wächter, D., Schwab, P., & Zimmermann, R. (2017). Connecting biodiversity monitoring with soil inventory information-A Swiss case study.

Mollet, P., Zbinden, N., & Schmid, H. (2009). Steigende Bestandszahlen bei Spechten und anderen Vogelarten dank Zunahme von Totholz? | An increase in the population of woodpeckers and other bird species thanks to an increase in the quantities of deadwood? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 160(11), 334–340. https://doi.org/10.3188/szf.2009.0334

Nobis, M. P., Jaeger, J. A. G., & Zimmermann, N. E. (2009). Neophyte species richness at the landscape scale under urban sprawl and climate warming. Diversity and Distributions, 15(6), 928–939. https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00610.x

Nobis, M. P., & Schweingruber, F. H. (2013). Adult age of vascular plant species along an elevational land-use and climate gradient. Ecography, 36(10), 1076–1085. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00158.x

Oehri, J., Schmid, B., Schaepman-Strub, G., & Niklaus, P. A. (2017). Biodiversity promotes primary productivity and growing season lengthening at the landscape scale. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(38), 10160–10165. https://doi.org/10.1073/pnas.1703928114

Pan, Y., Hersperger, A. M., Ge, G., & Nobis, M. P. (2024). Effects of habitat configuration on biodiversity along gradients of forest cover on the Swiss Plateau. Forest Ecosystems, 11, 100223. https://doi.org/10.1016/j.fecs.2024.100223

Pan, Y., Hersperger, A. M., Kienast, F., Liao, Z., Ge, G., & Nobis, M. P. (2022). Spatial and temporal scales of landscape structure affect the biodiversity-landscape relationship across ecologically distinct species groups. Landscape Ecology. https://doi.org/10.1007/s10980-022-01477-x

Pearman, P. B., Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2011). Impacts of climate change on Swiss biodiversity: An indicator taxa approach. Biological Conservation, 144(2), 866–875. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.11.020

Pearman, P. B., & Weber, D. (2007). Common species determine richness patterns in biodiversity indicator taxa. Biological Conservation, 138(1–2), 109–119. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.005

Pellissier, L., Bråthen, K. A., Vittoz, P., Yoccoz, N. G., Dubuis, A., Meier, E. S., Zimmermann, N. E., Randin, C. F., Thuiller, W., Garraud, L., Van Es, J., & Guisan, A. (2013). Thermal niches are more conserved at cold than warm limits in arctic-alpine plant species. Global Ecology and Biogeography, 22(8), 933–941. https://doi.org/10.1111/geb.12057

Pinkert, S., Friess, N., Zeuss, D., Gossner, M. M., Brandl, R., & Brunzel, S. (2020). Mobility costs and energy uptake mediate the effects of morphological traits on species' distribution and abundance. Ecology, 101(10). https://doi.org/10.1002/ecy.3121

Plattner, M., Birrer, S., & Weber, D. (2004). Data quality in monitoring plant species richness in Switzerland. Community Ecology, 5(1), 135–143. https://doi.org/10.1556/ComEc.5.2004.1.13

Porcher, E., Bonnet, P., Damgaard, C., De Frenne, P., Deguines, N., Ehlers, B. K., Frei, J., García, M. B., Gros, C., Jandt, U., Joly, A., Martin, G., Michez, D., Pescott, O. L., Roth, T., & Waller, D. (2024). Can we harmonize the monitoring of plants and pollinators?: Meeting report on the symposium 'New solutions to monitor plants, pollinators and their interactions in a changing world', held at Collège de France and Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France, 23–24 May 2024. New Phytologist, 244(1), 39–42. https://doi.org/10.1111/nph.20038

Rocchini, D., McGlinn, D., Ricotta, C., Neteler, M., & Wohlgemuth, T. (2011). Landscape complexity and spatial scale influence the relationship between remotely sensed spectral diversity and survey-based plant species richness. Journal of Vegetation Science, 22(4), 688–698. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2010.01250.x

Rocchini, D., Wohlgemuth, T., Ghisleni, S., & Chiarucci, A. (2008). Spectral rarefaction: Linking ecological variability and plant species diversity. Community Ecology, 9(2), 169–176. https://doi.org/10.1556/ComEc.9.2008.2.5

Roth, T., Allan, E., Pearman, P. B., & Amrhein, V. (2018). Functional ecology and imperfect detection of species. Methods in Ecology and Evolution, 9(4), 917–928. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12950

Roth, T., Chittaro, Y., Frei, J., Litsios, G., & Plattner, M. (2026). Combining citizen-science data with data from a structured monitoring programme for a Swiss butterfly index. *Ecological Indicators*, *190*, 115230. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2026.115230

Roth, T., Kohli, L., Bühler, C., Rihm, B., Meuli, R. G., Meier, R., & Amrhein, V. (2019). Species turnover reveals hidden effects of decreasing nitrogen deposition in mountain hay meadows. PeerJ, 7, e6347. https://doi.org/10.7717/peerj.6347

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., & Achermann, B. (2013). Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. Agriculture, Ecosystems & Environment, 178, 121–126. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.002

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Amrhein, V., & Achermann, B. (2015). Nitrogen deposition and multi-dimensional plant diversity at the landscape scale. Royal Society Open Science, 2(4), 150017. https://doi.org/10.1098/rsos.150017

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Meier, R., & Achermann, B. (2017). Using change-point models to estimate empirical critical loads for nitrogen in mountain ecosystems. Environmental Pollution, 220, 1480–1487. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.083

Roth, T., Kohli, L., Rihm, B., Meier, R., & Amrhein, V. (2021). Negative effects of nitrogen deposition on Swiss butterflies. Conservation Biology, 35(6), 1766–1776. https://doi.org/10.1111/cobi.13744

Roth, T., Plattner, M., & Amrhein, V. (2014). Plants, Birds and Butterflies: Short-Term Responses of Species Communities to Climate Warming Vary by Taxon and with Altitude. PLoS ONE, 9(1), e82490. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082490

Roth, T., & Weber, D. (2008). Top predators as indicators for species richness? Prey species are just as useful. Journal of Applied Ecology, 45(3), 987–991. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01435.x

Ryo, M., Harvey, E., Robinson, C. T., & Altermatt, F. (2018). Nonlinear higher order abiotic interactions explain riverine biodiversity. Journal of Biogeography, 45(3), 628–639. https://doi.org/10.1111/jbi.13164

Sattler, T., Pezzatti, G. B., Nobis, M. P., Obrist, M. K., Roth, T., & Moretti, M. (2014). Selection of Multiple Umbrella Species for Functional and Taxonomic Diversity to Represent Urban Biodiversity. Conservation Biology, 28(2), 414–426. https://doi.org/10.1111/cobi.12213

Schmid, M., Csencsics, D., & Gugerli, F. (2016). Repetitive flanking sequences challenge microsatellite marker development: A case study in the lepidopteran *Melanargia galathea*. Molecular Ecology Resources, 16(6), 1499–1507. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12547

Seppey, C. V. W., Singer, D., Dumack, K., Fournier, B., Belbahri, L., Mitchell, E. A. D., & Lara, E. (2017). Distribution patterns of soil microbial eukaryotes suggests widespread algivory by phagotrophic protists as an alternative pathway for nutrient cycling. Soil Biology and Biochemistry, 112, 68–76. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.05.002

Seymour, M., Deiner, K., & Altermatt, F. (2016). Scale and scope matter when explaining varying patterns of community diversity in riverine metacommunities. Basic and Applied Ecology, 17(2), 134–144. https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.10.007

Steiner, E., Martinez, N., Thoma, M., & Ilg, C. (2024). Auswirkungen sichtbarer Veränderungen an Gewässermessstellen. Analyse von Makroinvertebraten-Daten. Aqua & Gas, 80–85.

Steinmann, K., Eggenberg, S., Wohlgemuth, T., Linder, H. P., & Zimmermann, N. E. (2011). Niches and noise—Disentangling habitat diversity and area effect on species diversity. Ecological Complexity, 8(4), 313–319. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2011.06.004

Steinmann, K., Linder, H. P., & Zimmermann, N. E. (2009). Modelling plant species richness using functional groups. Ecological Modelling, 220(7), 962–967. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.01.006

Strebel, N., & Bühler, C. (2015). Recent shifts in plant species suggest opposing land-use changes in alpine pastures. Alpine Botany, 125(1), 1–9. https://doi.org/10.1007/s00035-015-0145-3

Strebel, N., & Martinez, N. (2021). Hängt die Häufigkeit der Singdrossel *Turdus philomelos* zur Brutzeit mit der Häufigkeit grosser Gehäuseschnecken zusammen? Der Ornithologische Beobachter, 118(1).

Stumpf, F., Keller, A., Schmidt, K., Mayr, A., Gubler, A., & Schaepman, M. (2018). Spatio-temporal land use dynamics and soil organic carbon in Swiss agroecosystems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 258, 129–142. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.012

Terzer, E., Schmid, M., Bauert, B., Weidmann-Csencsics, D., Birrer, S., Bolliger, J., Brodbeck, S., & Gugerli, F. (2024). Distinct spatial patterns of genetic structure and diversity in the butterfly Marbled White (*Melanargia galathea*) inhabiting fragmented grasslands. Conservation Genetics, 25(3), 631–645. https://doi.org/10.1007/s10592-023-01593-4

Timoner, P., Fasel, M., Ashraf Vaghefi, S. S., Marle, P., Castella, E., Moser, F., & Lehmann, A. (2021). Impacts of climate change on aquatic insects in temperate alpine regions: Complementary modeling approaches applied to Swiss rivers. Global Change Biology, 27(15), 3565–3581. https://doi.org/10.1111/gcb.15637

Timoner, P., Marle, P., Castella, E., & Lehmann, A. (2020). Spatial patterns of mayfly, stonefly and caddisfly assemblages in Swiss running waters in the face of global warming. Ecography, 43(7), 1065–1078. https://doi.org/10.1111/ecog.04808

Vermeiren, P., Reichert, P., & Schuwirth, N. (2020). Integrating uncertain prior knowledge regarding ecological preferences into multi-species distribution models: Effects of model complexity on predictive performance. Ecological Modelling, 420, 108956. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.108956

Vorburger, C., Khaliq, I., Chollet Ramampiandra, E., Narwani, A., & Schuwirth, N. (2024). Biologische Gewässerbeurteilung im Klimawandel. Aqua & Gas, 10, 60–65.

Weber, D., Hintermann, U., & Zangger, A. (2004). Scale and trends in species richness: Considerations for monitoring biological diversity for political purposes: Monitoring biological diversity. Global Ecology and Biogeography, 13(2), 97–104. https://doi.org/10.1111/j.1466-882X.2004.00078.x

Wohlgemuth, T., Nobis, M. P., Kienast, F., & Plattner, M. (2008). Modelling vascular plant diversity at the landscape scale using systematic samples. Journal of Biogeography, 35(7), 1226–1240. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01884.x

Zellweger, F., Baltensweiler, A., Ginzler, C., Roth, T., Braunisch, V., Bugmann, H., & Bollmann, K. (2016). Environmental predictors of species richness in forest landscapes: Abiotic factors versus vegetation structure. Journal of Biogeography, 43(6), 1080–1090. https://doi.org/10.1111/jbi.12696

Zellweger, F., Braunisch, V., Morsdorf, F., Baltensweiler, A., Abegg, M., Roth, T., Bugmann, H., & Bollmann, K. (2015). Disentangling the effects of climate, topography, soil and vegetation on stand-scale species richness in temperate forests. Forest Ecology and Management, 349, 36–44. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.008

Zellweger, F., Roth, T., Bugmann, H., & Bollmann, K. (2017). Beta diversity of plants, birds and butterflies is closely associated with climate and habitat structure. Global Ecology and Biogeography, 26(8), 898–906. https://doi.org/10.1111/geb.12598

Zingg, S., Grenz, J., & Humbert, J.-Y. (2018). Landscape-scale effects of land use intensity on birds and butterflies. Agriculture, Ecosystems & Environment, 267, 119–128. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.08.014

Zingg, S., Grenz, J., & Humbert, J.-Y. (2024). Food production and biodiversity are not incompatible in temperate heterogeneous agricultural landscapes. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8, 1377369. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1377369

Zingg, S., Ritschard, E., Arlettaz, R., & Humbert, J.-Y. (2019). Increasing the proportion and quality of land under agri-environment schemes promotes birds and butterflies at the landscape scale. Biological Conservation, 231, 39–48. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.12.022