



Insektenvielfalt in der Schweiz

Bedeutung, Trends, Handlungsoptionen

Titelfoto: Die zu den Laubheuschrecken gehörende, wärmeliebende **Gemeine Sichelschrecke** (*Phaneroptera falcata*) lebt in der Schweiz v. a. am Jura-Südfuss bis auf eine Höhe von 1000 Metern. Hier findet man sie beispielsweise in Magerwiesen, Rebbergen, aber auch an Ruderalstandorten, in Buntbrachen oder Feuchtwiesen. Für eine erfolgreiche Fortpflanzung ist sie auf das Vorkommen von Büschen oder ähnlichen Strukturen angewiesen. Da die Art gut fliegt, kann sie auch rasch neue Lebensräume besiedeln. Zudem profitiert sie von der Klimaerwärmung und weitet ihr Verbreitungsgebiet in Europa stetig Richtung Norden aus.

IMPRESSUM

HERAUSGEBERIN UND KONTAKT

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)
Forum Biodiversität Schweiz
Haus der Akademien • Laupenstrasse 7 • Postfach • 3001 Bern • Schweiz
+41 31 306 93 40 • biodiversity@scnat.ch • biodiversity.scnat.ch  [@biodiversityCH](https://twitter.com/biodiversityCH)

ZITIERVORSCHLAG

Widmer I, Mühlethaler R et al. (2021) Insektenvielfalt in der Schweiz: Bedeutung, Trends, Handlungsoptionen. Swiss Academies Reports 16 (9)

AUTORINNEN

Ivo Widmer • Roland Mühlethaler • Bruno Baur • Yves Gonseth • Jodok Guntern • Gregor Klaus • Eva Knop • Thibault Lachat • Marco Moretti • Daniela Pauli • Loïc Pellissier • Thomas Sattler • Florian Altermatt

MIT BEITRÄGEN VON

Hannes Baur (Kapitel 5.4) • Verena Lubini (Kapitel 5.6) • Andreas Müller (Kapitel 5.1) • Christophe Praz (Kapitel 5.1) • Jürg Schmid (Kapitel 5.3) • André Wagner (Kapitel 5.6) • Hansruedi Wildermuth (Kapitel 5.5) • Hans-Peter Wymann (Kapitel 5.3)

DANK

Die Autorinnen und Autoren danken zahlreichen weiteren Spezialistinnen und Spezialisten, welche grosszügig ihre Zeit und ihr Wissen für diesen Bericht zur Verfügung gestellt haben. Insbesondere danken wir Tobias Roth, Matthias Plattner und Stefan Birrer von BDM / Hintermann & Weber AG für Diskussionen und hilfreiche Hinweise zu Daten und Analysen des Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM). Ebenfalls danken wir Christoph Scheidegger, der als Delegierter des erweiterten Vorstands der SCNAT die Erarbeitung des Berichts begleitet und die Einhaltung der QS-Vorgaben der SCNAT geprüft hat, für seine Hinweise und wertvollen Kommentare.

ILLUSTRATIONEN UND INFOGRAFIKEN

Monika Rohner (monikarohner.com)

FOTOS

Thomas Marent (thomasmarent.com)

LAYOUT

Olivia Zwygart (SCNAT)

Die Grundlagen für diesen Bericht wurden mit finanzieller Unterstützung des BAFU erarbeitet. Für den Inhalt ist allein die SCNAT verantwortlich.

1. Auflage, 2021

Der gedruckte Bericht kann für CHF 30.- bezogen werden bei biodiversity@scnat.ch oder heruntergeladen werden unter biodiversity.scnat.ch/publications.

ISSN (print) 2297-1793
ISSN (online) 2297-1807

DOI: doi.org/10.5281/zenodo.5144739



Cradle to Cradle™-zertifizierter und klimaneutraler Report,
gedruckt durch die Vögel AG in Langnau.



Insektenvielfalt in der Schweiz

Bedeutung, Trends, Handlungsoptionen

SDGs: Die internationalen Nachhaltigkeitsziele der UNO

In dieser Publikation beschreibt das Forum Biodiversität der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) die Entwicklung der Vielfalt und Bestände der Insekten in der Schweiz sowie die Ursachen für die beobachteten Veränderungen. Es weist auf die Bedeutung der Insekten hin und zeigt, welche Konsequenzen Verluste an Insekten haben. Insbesondere die Umsetzung des in diesem Bericht vorgeschlagenen 12-Punkte-Programms mit den dazugehörigen Massnahmen für die Erhaltung und Förderung der Insekten in der Schweiz leistet einen Beitrag zu SDG 2, indem sie eine nachhaltige Landwirtschaft unterstützt und zu SDG 6 und 15, indem sie dazu beiträgt, Wasser- und Landökosysteme zu schützen, wiederherzustellen und ihre Nutzung nachhaltig zu gestalten.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) SIND ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG AUF ÖKONOMISCHER, SOZIALER UND ÖKOLOGISCHER EBENE. 2015 HABEN DIE STAATS- UND REGIERUNGSCHEFS DER VEREINTEN NATIONEN DIE 17 SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS VERABSCHIEDET. DIESE NEUEN ZIELE SOLLTEN BIS 2030 GLOBAL UND VON ALLEN UNO-MITGLIEDSTAATEN UMGESETZT WERDEN UND DER SICHERUNG EINER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG DIENEN.

> sustainabledevelopment.un.org

> eda.admin.ch/agenda2030/de/home/agenda-2030/die-17-ziele-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung.html



Inhalt

1	Zusammenfassung	7
2	Ausgangslage und Ziel des Berichtes	9
2.1	Schützenswerte Insekten	9
2.2	Besorgniserregende Rückgänge	9
2.3	Berichterstattung oft zu wenig differenziert	9
2.4	Ziel und Ausrichtung dieses Berichtes	10
2.5	Vorgehen und Datengrundlage	10
2.5.1	Rote Listen	10
2.5.2	Monitoringprogramme	10
2.5.3	Wissenschaftliche Studien	11
3	Vielfalt der Insekten	17
3.1	Hautflügler	17
3.2	Zweiflügler	17
3.3	Käfer	18
3.4	Schmetterlinge	18
3.5	Schnabelkerfe	18
3.6	Heuschrecken	18
3.7	Libellen	18
3.8	Eintags-, Stein- und Köcherfliegen	20
4	Bedeutung der Insekten	23
4.1	Ökologische Bedeutung	23
4.2	Bedeutung für Gesellschaft und Wirtschaft	23
5	Trends und Zustand der Insekten	27
5.1	Wildbienen	27
5.2	Käfer	28
5.3	Schmetterlinge	30
5.4	Heuschrecken	34
5.5	Libellen	35
5.6	Eintags-, Stein- und Köcherfliegen	36
5.7	Einordnung der festgestellten Veränderungen	38
6	Ursachen der Veränderungen	41
6.1	Nutzungsveränderungen in verschiedenen Lebensräumen	41
6.1.1	Landwirtschaftsgebiet	41
6.1.2	Wald	44
6.1.3	Gewässer	44
6.1.4	Siedlungsraum	45
6.1.5	Naturnahe Lebensräume	47
6.2	Lebensraumübergreifende Einflussfaktoren	47
6.2.1	Fragmentierung der Lebensräume	47
6.2.2	Stickstoffeintrag über die Luft	49
6.2.3	Klimawandel	49
6.2.4	Invasive gebietsfremde Arten	50
6.2.5	Lichtverschmutzung	51
6.3	Einordnung der verschiedenen Einflussfaktoren	53



Das Porträtbild einer **Kleinen Pechlibelle** (*Ischnura pumilio*) zeigt eindrücklich die grossen Facettenaugen, welche es Libellen ermöglichen, ihre Beute zu verfolgen und normalerweise im Flug zu fangen. Bereits die Larven, welche im Wasser leben, ernähren sich räuberisch. Bei der Entwicklung zum erwachsenen Tier klettern die Larven meist an einer Pflanze aus dem Wasser heraus, klammern sich dort fest und häuten sich. In der Zeit, bis der Chitinpanzer ausgehärtet ist und die Flügel komplett ausgefaltet sind, sind die Tiere besonders verletzlich und einfache Beute für andere Tiere. Erst danach sind sie als Luftakrobaten und pfeilschnelle Flieger unterwegs.

7	Wissenslücken	55
7.1	Artenvielfalt	55
7.2	Zeitliche Veränderungen.....	55
7.3	Ursachen für Veränderungen und Handlungsbedarf	56
7.4	Rolle der Insekten für Ökosystemleistungen	56
8	Bestehende Instrumente und zusätzlicher Handlungsbedarf	57
8.1	Instrumente in verschiedenen Sektoren	57
8.2	Programme von Organisationen und Privaten.....	59
8.3	Zusätzlicher Handlungsbedarf	60
9	Zwölf-Punkte-Programm für die Erhaltung und Förderung der Insekten in der Schweiz	64
9.1	Insektenhotspots identifizieren und erhalten.....	66
9.2	Lebensräume aufwerten, vernetzen und neu schaffen	66
9.3	Gezielte Artenförderungsmassnahmen umsetzen	67
9.4	Risiken und Einsatz von Pestiziden minimieren	67
9.5	Stickstoff- und Phosphoreinträge reduzieren.....	68
9.6	Bewirtschaftung insektenfreundlich gestalten.....	68
9.7	Klimawandel abwenden.....	69
9.8	Lichtverschmutzung reduzieren	69
9.9	Monitoring und Erfolgskontrollen ausbauen	70
9.10	Forschung intensivieren	70
9.11	Artenkenntnisse und Handlungskompetenzen verbessern.....	71
9.12	Die grossen Hebel angehen	71
10	Literatur	73
11	Anhang	87
	Autorinnen und Autoren	107

Kurz erklärt (Boxen)

2.1	Wie lassen sich Veränderungen in der Insektenvielfalt und Biomasse nachweisen?.....	11
2.2	Messgrössen zur Erfassung der Insekten	14
6.1	Bedeutung von Kleinstrukturen für Insekten	41

Abbildungen

2.1	Grundlagen zur Beschreibung des Zustands und der Trends der Insekten in der Schweiz	12
2.2	Herausforderungen bei der Beurteilung von Trends der Vielfalt und Häufigkeit von Insekten	15
3.1	Die Insektenvielfalt der Schweiz.....	19
4.1	Bedeutung der Insekten in Ökosystemen	25
5.1	Der Klimawandel verändert die Schmetterlingsfauna in der Schweiz.....	32
5.2	Viele Insekten in der Schweiz sind bedroht und stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Arten.....	39
6.1	Ursachen für die Gefährdung der Insektenvielfalt in der Schweiz	42



Von manchen Leuten mit dem grösseren Maikäfer verwechselt, findet man die Junikäfer etwas später im Jahr. Unter dem Namen «Junikäfer» werden verschiedene Käferarten zusammengefasst, eine davon ist der hier abgebildete **Gerippte Brachkäfer** (*Amphimallon solstitiale*). Als Engerlinge (Larven) leben sie ca. vier Jahre im Boden und fressen an Wurzeln und anderem pflanzlichem Material. Die Käfer ernähren sich v. a. von frischen Blättern. Die Art ist weit verbreitet und tritt besonders gegen Abend in Schwärmen auf.

1 Zusammenfassung

Die Welt der Insekten mit ihrer faszinierenden Vielfalt an Formen und Farben ist das Ergebnis einer Jahrtausenden langen Evolution und nur schon deshalb schützenswert. Aufgrund ihres Artenreichtums, ihrer gewaltigen Masse und ihrer vielfältigen Spezialisierungen spielen Insekten eine tragende Rolle in fast allen Ökosystemen. Zahlreiche Schlüsselfunktionen werden von Insekten besetzt. Geht die Vielfalt und Biomasse von Insekten zurück, dann nehmen auch die Ökosystemleistungen ab. Die Konsequenzen für die Gesellschaft und Wirtschaft sind potenziell gravierend. So sind viele Nutzpflanzen auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Je mehr verschiedene Bestäuber vorkommen, desto höher sind Qualität und Quantität der Bestäubung. Dies wiederum verbessert die Frucht- und Samenproduktion. Insekten kontrollieren zudem Schädlinge und tragen zur Zersetzung und Umwandlung von organischem Material und zur Fruchtbarkeit der Böden bei.

Doch diese Leistungen sind nicht mehr selbstverständlich. Basierend auf zahlreichen Studien kommen Forschende weltweit zum Schluss, dass die Vielfalt und Biomasse der Insekten abnehmen. Für die Schweiz gab es bisher noch keinen Überblick über das Wissen zum Zustand und zu Trends der Insekten. Mit dem vorliegenden Swiss Academies Report schliesst das Forum Biodiversität Schweiz der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) in Zusammenarbeit mit Fachexpertinnen und -experten diese Lücke.

Der Bericht basiert auf den nationalen Roten Listen, auf Ergebnissen nationaler Monitoringprogramme, auf lokalen und regionalen Studien zu den verschiedensten Insektengruppen sowie auf Fachexpertisen. Er dokumentiert – soweit Daten vorliegen – differenziert die Entwicklung der Vielfalt und Bestände der Insekten in der Schweiz sowie die Ursachen für die beobachteten Veränderungen. Er weist auf die Bedeutung der Insekten hin und zeigt, welche Konsequenzen Verluste an Insekten haben. Der Bericht bezeichnet vorhandene Wissenslücken und nennt die wichtigsten Massnahmen für die Erhaltung und Förderung der Insekten in der Schweiz.

Seit etwa Mitte des 20. Jahrhunderts werden in der Schweiz grosse nationale, regionale und lokale Verluste bei der Insektenvielfalt und sinkende Populationsgrößen festgestellt, am ausgeprägtesten im Mittelland. Die Roten Listen zeigen, dass die Bestände vieler bedrohter Insekten, die auf ganz spezifische Lebensräume angewiesen sind, auch aktuell noch abnehmen. Diese Entwick-

lung ist in den letzten Jahrzehnten nicht nur im Mittelland, sondern zunehmend auch im Jura und in den Alpen feststellbar. Einige weit verbreitete und wärmeliebende Arten wurden dagegen in den letzten 20 Jahren häufiger und breiten sich aus. Zahlreiche Insektengruppen wurden bisher aber noch nicht ausreichend untersucht, um Aussagen über die Entwicklung ihrer Bestände oder ihrer Vielfalt machen zu können. Auch liegen noch keine landesweiten Daten über eine langfristige Veränderung der Biomasse der Insekten in der Schweiz vor. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass Abnahmen in ähnlichem Umfang stattgefunden haben wie in anderen europäischen Ländern.

Bei einigen wenigen Insektenarten werden aufgrund erfolgreicher Massnahmen zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität seit der Jahrtausendwende positive Trends beobachtet. Insgesamt ist die Situation der Insekten in der Schweiz aber besorgniserregend. Bei vielen Insekten sind die Bestände inzwischen auf einem bedenklich tiefen Niveau angelangt. Das langfristige Überleben der betroffenen Arten und damit auch die Erbringung ihrer Ökosystemleistungen sind damit in Frage gestellt.

Insekten sind wie andere Organismengruppen auf eine vielfältige Landschaft mit unterschiedlichsten Strukturen, naturnahen Lebensräumen und ökologisch intakten Flächen angewiesen. Die Ursachen für die Veränderungen der Bestände und der Insektenvielfalt sind vielfältig und bekannt. Negative Folgen haben vor allem der Lebensraumverlust, die abnehmende Qualität von Lebensräumen (reduziertes Nahrungsangebot, erhöhte Stickstoffeinträge, Pestizide, insektenfeindliche Bewirtschaftung, fehlende Lebensraumstrukturen, Lichtverschmutzung), die Fragmentierung und mangelhafte Vernetzung der Lebensräume, die Klimaerwärmung und gebietsfremde invasive Arten. Je nach Kombination wirken sich diese Faktoren unterschiedlich auf die verschiedenen Insektengruppen aus und können sich gegenseitig verstärken. Besonders stark von unterschiedlichen Gefährdungsfaktoren betroffen sind die Insekten der Gewässer und Feuchtgebiete und des Landwirtschaftsgebiets. Im Wald ist die Situation besser. Trotzdem sind die anspruchsvollsten Insektenarten, welche auf Totholz mit grossem Durchmesser angewiesen sind, gefährdet. Zudem sind die dominierenden Hochwälder zu dunkel für licht- und wärmeliebende Arten.

In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche Instrumente für den Schutz und die Förderung gefährdeter Lebensräume und Arten eingeführt. Sie haben massgeblich dazu beigetragen, dass die Verluste auch bei den Insekten nicht noch grösser sind und sich lokal sogar positive Entwicklungen abzeichnen. Insgesamt aber überwiegen die negativen Entwicklungen, die den Druck auf Lebensräume und Arten zusätzlich erhöhen. In der Folge gehen die Populationen zahlreicher Insektenarten trotz eingeleiteter Massnahmen weiter zurück. Sollen Vielfalt und Bestände der Insekten in der Schweiz langfristig erhalten bleiben, sind deshalb zusätzliche Massnahmen dringend nötig.

Auch wenn bei vielen Insektengruppen noch Wissenslücken bestehen: Um handeln zu können, sind ausreichende Kenntnisse vorhanden. Für die Erhaltung und Förderung der Insekten in der Schweiz entwickelten wir ein 12-Punkte-Programm mit konkreten Massnahmen. Es ergänzt die bereits bestehenden Instrumente und ist auf die erkannten und wissenschaftlich gut belegten Ursachen für den Insektenrückgang ausgerichtet. Das Programm geht die aktuellen Ursachen für die Insektenrückgänge an, thematisiert aber auch Monitoring und Forschung sowie Artenkenntnis und Handlungskompetenz. Die 12 Punkte und ihre Massnahmen sind aufeinander abgestimmt. Sie parallel und integral anzugehen, verstärkt ihre Wirkung.

2 Ausgangslage und Ziel des Berichtes

2.1 Schützenswerte Insekten

Insekten sind in unserer Umwelt allgegenwärtig und können bei uns Menschen starke Emotionen auslösen. Sie machen einen bedeutenden Anteil der tierischen Biomasse in den Ökosystemen aus und sind aufgrund ihrer taxonomischen und funktionalen Vielfalt mit einer Vielzahl ökologischer Prozesse verbunden, von denen der Mensch oft profitiert (Schowalter et al. 2018; siehe Abbildung 4.1). Die gewaltige Vielfalt der Insekten ist aber auch unabhängig von ihrem Nutzen für die Menschen schützenswert – einfach, weil sie da ist. Jede Art oder Organismengruppe verkörpert den Erfolg von Millionen von Jahren evolutiver Entwicklung. Für die Erhaltung der Biodiversität und damit auch der Vielfalt der Insekten existiert eine Vielzahl von wissenschaftlich begründeten Argumenten, die auf unterschiedlichen Wertesystemen basieren. Das Forum Biodiversität Schweiz hat diese Argumente 2020 umfassend zusammengestellt (Forum Biodiversität Schweiz 2020; biodiversity.scnat.ch/argumentarium).

2.2 Besorgniserregende Rückgänge

In den letzten Jahrzehnten wurden vielerorts alarmierende Rückgänge der Artenvielfalt sowie in der geografischen Verbreitung von Insekten festgestellt. Neue Studien zeigen, dass Verbreitung, Häufigkeit und Biomasse auch von häufigen und weit verbreiteten Insektenarten abnehmen (Kosior et al. 2007; Hallmann et al. 2017, 2021; Stepanian et al. 2020; für Messgrößen zur Erfassung von Insekten siehe Box 2.2).

Die wissenschaftlichen Berichte sind derart aussagekräftig, dass das sofortige Ergreifen von Massnahmen zur Erhaltung und Förderung der Insekten gerechtfertigt ist (Montgomery et al. 2019, 2021; Fartmann et al. 2021). Es existieren bereits wissenschaftlich abgestützte Handlungsoptionen, die neben den Insekten auch der gesamten Biodiversität zugutekommen und ökologische, ökonomische oder gesellschaftliche Vorteile besitzen (Harvey et al. 2020).

Auch in der Schweiz werden seit Langem Rückgänge von Insekten auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene beobachtet und dokumentiert, wie der vorliegende Bericht zeigt. Die Rückgänge betreffen sowohl Verbreitungsareale von Arten als auch Populationsgrößen. Das Faktenblatt «Insektenschwund in der Schweiz und mögliche Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft» des Forums Biodiversität Schweiz lieferte – basierend auf den Roten Listen – erstmals einen Überblick zum Zustand der Insektenpopu-

lationen und den Ursachen der Bestandsveränderungen (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2019).

2.3 Berichterstattung oft zu wenig differenziert

Die allgemeine Berichterstattung über Untersuchungen zu Insekten ist teilweise stark pauschalisiert. Oft wird von einem «Globalen Insektensterben», ja sogar von einer «Insektenapokalypse» gesprochen (Jarvis 2018; Saunders et al. 2020a, b). Dazu beigetragen haben vor allem einzelne Studien, die überzeichnete und stark vereinfachte Behauptungen über eine globale Krise aufgestellt (z. B. Sánchez-Bayo & Wyckhus 2019) und ein breites Medienecho ausgelöst haben (Didham et al. 2020).

Es gibt aber eine grosse Zahl differenzierter und breit abgestützter Studien, welche Ergebnisse vieler Untersuchungen zusammentragen. Diese Studien zeigen durchaus besorgniserregende zeitliche Veränderungen lokaler und regionaler Insektenpopulationen. Dazu ein Beispiel: Forschende haben Daten aus 166 Langzeitstudien zu Insekten an weltweit über 1600 Orten analysiert (van Klink et al. 2020a, b; aber vergleiche Desquilbet et al. 2020; Jähnig et al. 2020). Im globalen Durchschnitt ging die Häufigkeit landlebender Insekten wie Schmetterlinge, Heuschrecken oder Ameisen zwischen 1925 und 2018 um 0,92 % pro Jahr zurück. Dies klingt nicht nach viel – über 30 Jahre bedeutet dies aber einen Schwund von 24 %, über 75 Jahre gar eine Halbierung der Insektenhäufigkeit. Der Rückzug der Insekten findet also schleichend statt; sein wahres Ausmass wird erst nach jahrzehntelanger sorgfältiger Datensammlung und -analyse offensichtlich. Die Metaanalyse offenbarte allerdings auch grosse Unterschiede in den lokalen Trends – selbst zwischen nahegelegenen Standorten, und sie zeigte für bestimmte Insektengruppen und Beobachtungszeiträume auch positive Trends.

Eine pauschalisierte Berichterstattung wird der Komplexität der Veränderungen in Vielfalt und Beständen der Insekten offenbar nicht gerecht: Es gibt sowohl Verlierer als auch Gewinner unter den Insekten. Um die Situation der Insekten fundiert beurteilen zu können, ist eine differenzierte Darstellung der Zustände, Veränderungen und Tendenzen der Insektengruppen und -arten in den verschiedenen Landschafts- und Lebensräumen nötig.

2.4 Ziel und Ausrichtung dieses Berichtes

Bisher fehlt eine Gesamtübersicht, die das vorhandene Wissen zum Zustand der Insekten in der Schweiz zusammenträgt. Diese Lücke schliesst das Forum Biodiversität Schweiz mit dem jetzt vorliegenden Swiss Academies Report. Der Bericht dokumentiert auf Basis der verfügbaren wissenschaftlichen Grundlagen und ergänzenden Einschätzungen von Expertinnen und Experten differenziert die Vielfalt der Insekten in der Schweiz, Veränderungen von Vielfalt und Beständen sowie die Ursachen dieser Veränderungen. Dabei ordnet er die Ergebnisse ein, welche auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen, für unterschiedliche Zeitabschnitte und für unterschiedliche Arten(gruppen) vorliegen, und macht auf Wissenslücken aufmerksam. Er zeigt zudem, wie wichtig und unersetzlich Insekten in Ökosystemen und schlussendlich auch für Gesellschaft und Wirtschaft sind. Er würdigt die Anstrengungen, die für die Erhaltung der Biodiversität und damit auch der Insekten bisher unternommen wurden, macht aber auch den zusätzlichen Handlungsbedarf deutlich. In einem 12-Punkte-Programm konkretisiert er die nötigen Schritte, um den Zustand der Insekten in der Schweiz dort zu verbessern, wo massive Rückgänge festgestellt wurden. Der Fokus des Berichts liegt soweit wie möglich auf der Situation in der Schweiz, zieht aber wo sinnvoll auch Studien aus anderen Ländern oder mit globalem Bezug mit ein.

2.5 Vorgehen und Datengrundlage

Für die Erarbeitung des Berichts wurde eine umfangreiche wissenschaftliche Literatursuche durchgeführt. Zudem wurden Expertinnen und Experten für verschiedene Insektengruppen eingeladen, aus ihrer Sicht besonders relevante Publikationen und Berichte zu wissenschaftlichen Untersuchungen zur Entwicklung oder zum Zustand von Insektengruppen in der Schweiz oder im nahegelegenen Ausland zur Verfügung zu stellen. Die so entstandene Literaturdatenbank umfasst Publikationen mit lokalem, regionalem, nationalem, europäischem und globalem Bezug, die sowohl aus renommierten wissenschaftlichen Fachzeitschriften stammen als auch aus der grauen Literatur. Schlussendlich standen drei Datenquellen zur Verfügung: Rote Listen, Monitoringprogramme und wissenschaftliche Studien (siehe Box 2.1 und Abbildung 2.1). Zusätzlich wurden die Expertisen der am Bericht beteiligten Autorinnen und Autoren sowie weiterer Expertinnen und Experten für verschiedene Insektengruppen einbezogen. Wo die Angaben eine persönliche Einschätzung der Expertinnen und Experten wiedergeben, ist dies entsprechend vermerkt.

2.5.1 Rote Listen

Rote Listen basieren vorwiegend auf dokumentierten Bestandsveränderungen sowie auf der effektiv besiedelten

Fläche und der Grösse sowie dem Isolationsgrad der Populationen. Mit Hilfe dieser Kriterien kann das Aussterberisiko einer Art bestimmt werden (siehe Box 2.2; Keith et al. 2013; Fivaz & Gonseth 2014; Schmidt 2017). Je kleiner und fragmentierter das besiedelte Gebiet ist und je rascher der Bestand zurückgeht, desto höher ist die Gefährdungstufe.

Seit 2000 wird jede Rote Liste in der Schweiz in einem mehrjährigen Prozess nach den international anerkannten Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN erstellt. Für die Anwendung der IUCN-Kriterien wird eine gute Datengrundlage verlangt. Für jede Rote Liste werden daher umfangreiche Felderhebungen durchgeführt. Unter anderem suchen Spezialistinnen und Spezialisten Standorte auf, an denen eine bestimmte Art in der Vergangenheit nachgewiesen wurde, und überprüfen, ob sie noch immer vorkommt (siehe Box 2.2).

In der Schweiz spielen Rote Listen eine wichtige Rolle bei der Beurteilung des Zustands der Insektenpopulationen. Für den vorliegenden Bericht wurden primär diejenigen Rote Listen berücksichtigt, welche den Empfehlungen und Kriterien der IUCN (vgl. Fivaz & Gonseth 2014) folgen. Ältere Rote Listen (Duelli 1994) beruhen weitgehend auf Einschätzungen von Expertinnen und Experten und basieren auf anderen Kriterien. Sie können daher nicht direkt mit den nach aktuellem IUCN-Standard erstellten Listen verglichen werden. Gerade für die langfristigen Einschätzungen sind sie aber trotzdem eine wichtige, wissenschaftlich fundierte Quelle, da sie oft die einzigen standardisierten Vergleiche zu Veränderungen der Insekten vor etwa 1990 erlauben.

Rote Listen nach IUCN-Kriterien liegen für folgende Insektengruppen vor: Libellen (Gonseth et al. 2002; Neuauflage, Veröffentlichung geplant); Heuschrecken (Monnerat et al. 2007); Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen (Wagner et al. 2012); Tagfalter und Widderchen (Wermeille et al. 2014) sowie holzbewohnende Käfer aus den Familien der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter (Monnerat et al. 2016). Für folgende weitere Gruppen sind Rote Listen nach IUCN-Kriterien in Erarbeitung beziehungsweise ihre Publikation geplant: Singzikaden, Wildbienen sowie Lauf- und Sandlaufkäfer.

2.5.2 Monitoringprogramme

Zusammen mit den Roten Listen bilden Daten aus Monitoringprogrammen eine wichtige Basis für die Beurteilung von Veränderungen der Artenvielfalt und -häufigkeit. Im Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) wird die langfristige Entwicklung der Artenvielfalt ausgewählter Pflanzen- und Tierarten erhoben, darunter Tagfalter, Eintags-, Stein- und Köcherfliegen. Das BDM fokussiert auf die Erhebung von häufigen und weit verbreiteten Arten mit dem Ziel, die Entwicklungen in der Schweizer Normal-

landschaft zu dokumentieren (BAFU 2020). Der Zustand der Arten, die auf besondere Lebensräume spezialisiert sind, wird mit den Roten Listen erfasst.

Daneben gibt es weitere Monitoringprogramme, die gewisse Insektengruppen erfassen beziehungsweise auswerten, beispielsweise NAWA (Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität) oder ALL-EMA (Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et milieux agricoles). Auch manche kantonale Monitoringprogramme berücksichtigen Insekten, wie zum Beispiel die «Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der normal genutzten Landschaft des Kantons Aargau» (LANAG).

Sämtliche Monitoringprogramme decken lediglich den Zeitraum der letzten 10 bis 20 Jahre ab. Die grossen Biodiversitätsverluste in der Schweiz fanden aber im letzten Jahrhundert statt (Lachat et al. 2010), vor allem ab etwa 1950 (siehe Abbildung 2.1). Langfristige Studien zur Erfassung der Biomasseentwicklung von Insektenpopulationen existieren für die Schweiz nicht (Guyot et al. 2018; siehe auch Kapitel 7.2).

2.5.3 Wissenschaftliche Studien

Zusätzlich zu den Erhebungen im Rahmen von Roten Listen und Monitoringprogrammen wurden zahlreiche wissenschaftliche Studien zu Insekten durchgeführt (z. B. Tabelle A.1, Anhang). Diese erfassen die Insektenvielfalt regelmässig und über eine längere Periode am gleichen Ort (Langzeitstudien; Box 2.1) oder wiederholen alte Aufnahmen im Feld (optimalerweise am gleichen Standort und mit den gleichen Methoden) und vergleichen somit die aktuelle Artenvielfalt oder die Anzahl Individuen (Biomasse) mit den älteren Daten (früher – jetzt; siehe Box 2.1). Ein gutes Beispiel hierfür ist die Arbeit von Fürst (2020), welche im Mittelland Datenreihen von 1987, 1997 und 2019 verglich. Historische Sammlungsbelege und ausführliche Abhandlungen von Entomologinnen und Entomologen aus dem 19. und 20. Jahrhundert dokumentieren den damaligen Zustand der Vielfalt und sind die Basis für erneute Artenaufnahmen in den gleichen Gebieten (z. B. Frédéric de Rougemont und Emile Favre für Schmetterling im Neuenburger Jura bzw. Wallis, Friedrich Ris für Schmetterlinge der Nordschweiz oder Adolf Nadig für die Heuschrecken der Südschweiz).

Box 2.1 Wie lassen sich Veränderungen in der Insektenvielfalt und Biomasse nachweisen?

Veränderungen der Artenvielfalt und Häufigkeit (bzw. Biomasse) der Insekten können mit verschiedenen Ansätzen nachgewiesen werden. Die verschiedenen Ansätze ergänzen sich und ergeben zusammen ein aussagekräftiges Bild.

Vergleiche über lange Zeitabschnitte, auch «früher – jetzt». Untersuchungen zu Veränderungen der Insekten vergleichen die aktuelle Artenvielfalt und/oder die Anzahl Individuen (manchmal als Biomasse gemessen) mit älteren Daten (siehe Abbildung 2.1). Im Rahmen der Felderhebungen für die Roten Listen werden beispielsweise Standorte wiederbesucht, an denen bestimmte Arten in der Vergangenheit nachgewiesen worden sind. Dieser Ansatz kann wertvolle Informationen über zeitliche Veränderungen liefern, wenn bei den Erhebungen die gleichen Standorte berücksichtigt und dieselben Methoden (z. B. gleicher Sammelaufwand) angewendet werden.

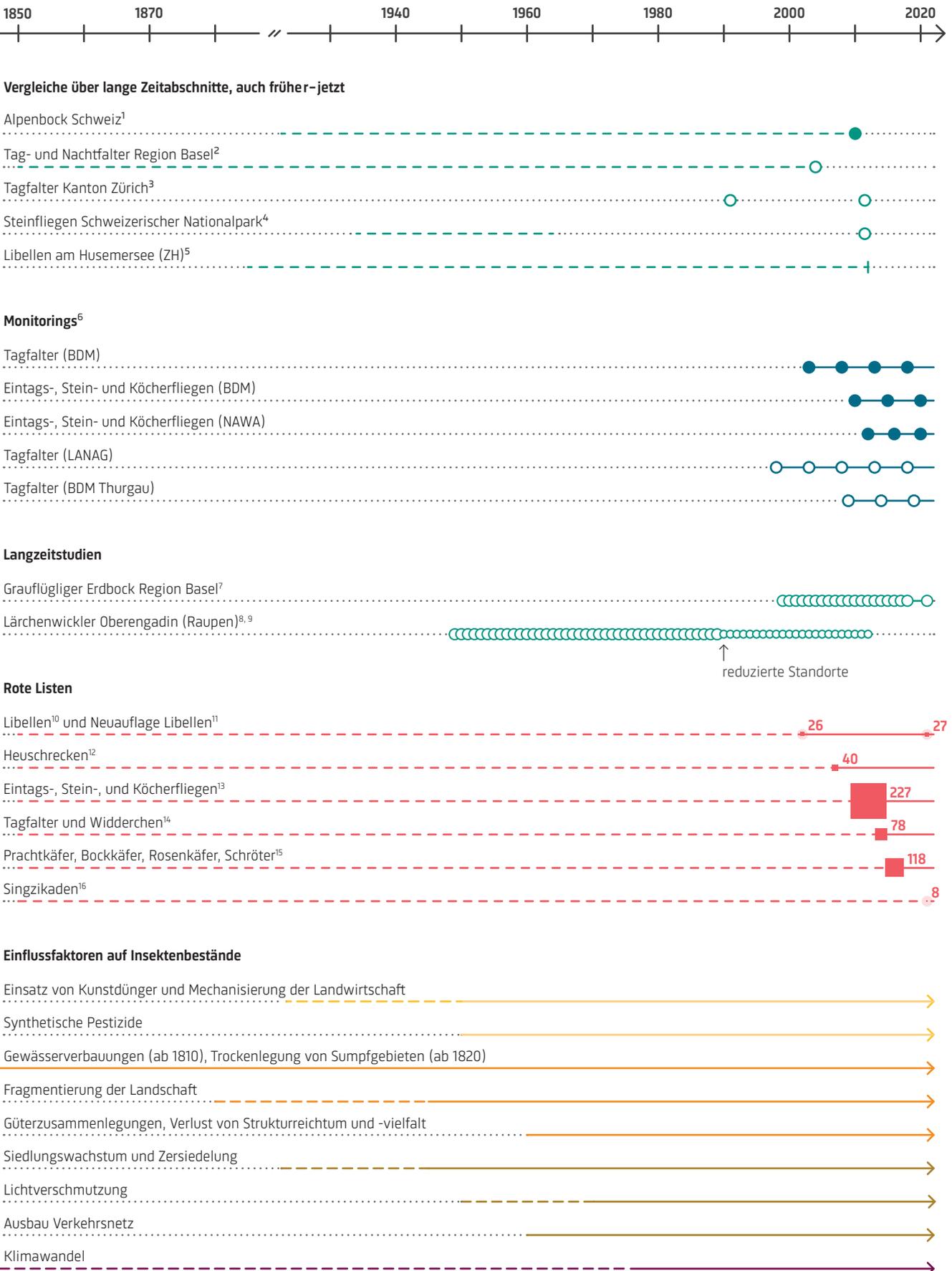
Bei sehr alten Erhebungen fehlen diese Informationen jedoch sehr häufig. Dies schränkt die Möglichkeiten des Vergleichs historischer Daten mit aktuellen, nach standardisierten Methoden erhobenen Daten, stark ein. Zudem ist die in einem Jahr vorgefundene Menge an Insekten teilweise durch die Wetterbedingungen der den Aufnahmen vorangegangenen Monate beeinflusst, was wiederum die Jahresergebnisse stark beeinflussen kann (siehe Abbildung 2.2). So kann eine Insektenart in einem Jahr durch zehn Mal mehr Individuen vertreten sein als im nachfolgenden Jahr (z. B. ein «Wespenjahr»).

Langzeitstudien und Monitoring. Ein anderer Ansatz besteht darin, die Insektenvielfalt an einem oder mehreren Standorten über eine längere Periode (20 und mehr Jahre) jährlich zu erfassen (siehe Abbildung 2.1). So kann auch die Variation der Häufigkeit der untersuchten Insektenarten zwischen verschiedenen Jahren ermittelt werden (siehe Abbildung 2.2). Zusätzlich zum grossen Zeitaufwand und der unsicheren Finanzierung über alle Jahre hat dieser Ansatz den Nachteil, dass bei gewissen Insektengruppen für eine sichere Artbestimmung Tiere gefangen und getötet werden müssen.

Monitoringprogramme erfassen die Insekten in regelmässigen Zeitabständen, beispielsweise alle fünf Jahre. Bei solchen relativ langen Intervallen weisen die einzelnen Erfassungsjahre die gleichen Nachteile auf wie unter dem Vergleich «früher – jetzt» beschrieben wurde. Allerdings werden die Auswirkungen dieser Nachteile geringer, wenn vier und mehr in regelmässigen Abständen ermittelte Datensätze verglichen werden.

Nicht-invasive Langzeitstudien. Die oben erwähnten Nachteile fallen weg, wenn die Insekten ohne Beeinträchtigung in ihrem Lebensraum jedes Jahr beobachtet und ihre Häufigkeiten protokolliert werden können (ohne ein Wegfangen der Tiere). Gute Beispiele sind das Tagfalter-Monitoring mit der standardisierten Linientransekt-Methode, akustisches Monitoring bei gewissen Heuschrecken oder Singzikaden, das Glühwürmchen-Monitoring (Gardiner & Didham 2020) sowie Langzeitstudien zu den Populationsgrössen bei gewissen Käferarten (Baur et al. 2020).

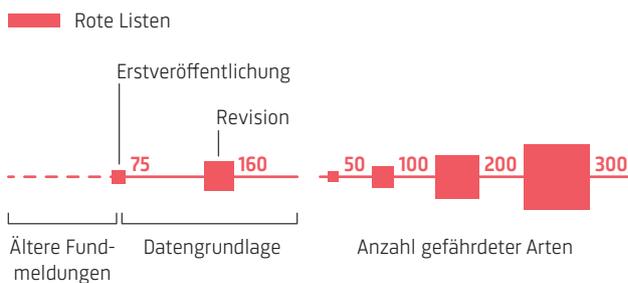
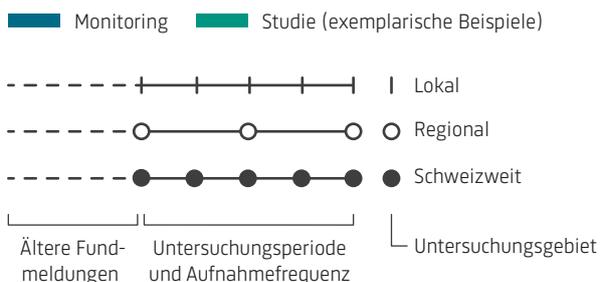
Abbildung 2.1 Grundlagen zur Beschreibung des Zustands und der Trends der Insekten in der Schweiz



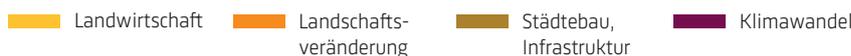
Veränderungen in der Artenvielfalt und Häufigkeit der Insekten können mit verschiedenen Ansätzen nachgewiesen werden (siehe Box 2.1). Die einzelnen Erhebungen unterscheiden sich bezüglich der Grösse des Untersuchungsgebietes (lokal – schweizweit), decken unterschiedliche Zeitperioden ab und basieren auf verschiedenen Aufnahmehäufigkeiten. Die unterschiedlichen Datenquellen ergänzen sich und ergeben zusammen ein aussagekräftiges Bild. Aufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten, oft verteilt über lange Zeitabschnitte, ermöglichen den Vergleich der aktuellen Artenvielfalt und/oder der Anzahl Individuen mit älteren Daten (jetzt – früher). Monitoring-Programme und Langzeitstudien hingegen erfassen regelmässig (z. B. jährlich) die Insektenvielfalt an einem oder mehreren Standorten über eine längere Periode. Rote Listen machen Aussagen zum jeweiligen Gefährdungsgrad einer Insektenart bei Gruppen, für welche genügend Daten vorhanden sind und der Kenntnisstand entsprechend gut ist. Sie basieren auf Daten, die mit den oben beschriebenen Ansätzen erhoben wurden, vorwiegend auf Monitoringdaten. Die Zeitreihen der Monitoring-Programme in der Schweiz sind bisher relativ kurz und geben lediglich einen Einblick über die Populationsentwicklungen der untersuchten Insektengruppen in den letzten 10 bis 20 Jahren. Viele der durch den Menschen herbeigeführten Umweltveränderungen mit negativen Auswirkungen sowohl auf die Biodiversität wie auch auf die Insektenbestände fanden aber bereits im frühen 19. Jahrhundert statt, beispielsweise die Gewässerverbauungen und die grossflächige Trockenlegung von Sumpfgebieten (siehe Einflussfaktoren auf Insektenbestände). Die frühen Auswirkungen dieser Umweltveränderungen auf die Insektenvielfalt werden folglich durch die Monitoringprogramme nicht erfasst. Aussagekräftige Hinweise auf die längerfristige Entwicklung der Insektenbestände können jedoch die Roten Listen geben.

1-16 Literatur siehe Seite 84.

Legende



Einflussfaktoren



Box 2.2 Messgrössen zur Erfassung der Insekten

Zeitliche Veränderungen in der Insektenvielfalt und bei Insektenpopulationen können anhand einer der folgenden Messgrössen ermittelt werden: **1. Artenreichtum, -vielfalt und -zusammensetzung**, **2. Häufigkeit und Biomasse der Arten**, und **3. Vorkommen und Verbreitung einzelner Arten** (Montgomery et al. 2021). Dabei können verschiedene Methoden auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen angewendet werden (z. B. verschiedene Fallentypen, akustisches Monitoring oder aktive visuelle Erhebungen).

Die verschiedenen Messgrössen ergänzen sich. Dabei erfordert jede Variable eine andere räumliche und zeitliche Skala der Probenahme. Früher wurden Insekten vorwiegend zur Erstellung von faunistischen Listen gesammelt. Dabei wurde Gewicht auf seltene oder besonders attraktive Arten gelegt; ehemals häufige und weit verbreitete Arten wurden kaum erfasst. Dies vermindert die Vergleichbarkeit der früher erhobenen Daten mit denjenigen der modernen, standardisierten Monitoringprogramme.

- 1. Artenreichtum (*species richness*), Artenvielfalt (*species diversity*) und Artenzusammensetzung (*species composition*):** Verschiedene Messgrössen der Vielfalt von Arten in einem Gebiet, in einem Lebensraum oder einer Lebensgemeinschaft (Schaefer 2012). Während Artenreichtum die Zahl der Arten in einem Gebiet oder einer Gemeinschaft beschreibt, wird bei der Artenvielfalt noch zusätzlich die relative Häufigkeit der vorhandenen Arten mitberücksichtigt. Veränderungen in der Artenvielfalt und -zusammensetzung von Lebensgemeinschaften weisen häufig auf Umweltveränderungen hin (Oliver et al. 2015; Woodcock et al. 2019).
- 2. Relative Häufigkeit/Abundanz (*abundance*) und Biomasse (*biomass*):** Anzahl Individuen bzw. die Masse (das Gewicht; Frisch- oder Trockenmasse) der Individuen einzelner Arten oder Artengruppen in Bezug auf eine Flächen- oder Raumeinheit (Schaefer 2012). Für die Schätzung der Häufigkeit und Biomasse müssen die Individuen der einzelnen Arten genau gezählt resp. gewogen werden. Information über die Biomasse der Insekten geben direkte Hinweise auf die Qualität von bestimmten Ökosystemleistungen. Biomassemessungen wurden bisher eher selten durchgeführt, verstärkten aber das aktuelle Interesse am Insektenrückgang (z. B. Hallmann et al. 2017).
- 3. Verbreitung (*distribution*):** Vorkommen (*occurrence*) einer Population oder einer Art in einem grösseren Gebiet (geographische Verbreitung; Schaefer 2012). Um das Vorkommen und die Verbreitung einer Art ermitteln zu können, muss die Art nachgewiesen werden (*presence*). Die Überwachung des Vorkommens und der Verbreitung einer Art dürfte die am häufigsten angewendete Methode sein. Veränderungen im Vorkommen und in der Verbreitung von Arten sind wichtige Indikatoren für Veränderungen von Lebensraumeigenschaften (Klimawandel, intensivierte Landnutzung, verändertes Vorkommen von Futterpflanzen; z. B. Soroye et al. 2020).

Insektenvielfalt und Ökosystemleistung

Die Ökosystemleistungen in einem Gebiet sind von der Artenvielfalt der Insekten und vor allem von den relativen Häufigkeiten der einzelnen Insektenarten abhängig (Garibaldi et al. 2013; Macadam & Stockan 2015; Oliver et al. 2015; Winfree et al. 2015; Woodcock et al. 2019; Pérez Méndez et al. 2020). So kann beispielsweise eine artenreiche Bestäubergemeinschaft als Versicherung gegen den Ausfall von Arten durch auftretende Parasiten oder Krankheiten dienen, da nicht alle Arten gleich betroffen sind. Bisher wenig häufige Arten können dann eine wesentliche Rolle für die Ökosystemfunktion übernehmen.

Auf welchen Messgrössen basieren die Roten Listen?

Rote Listen machen Aussagen zum jeweiligen Gefährdungsgrad einer Art bei Gruppen von Organismen mit gutem Kenntnisstand. In der Schweiz wird seit 2000 jede Rote Liste nach den international anerkannten Kriterien der Weltnaturschutzunion IUCN erstellt. Für jede Rote Liste werden zahlreiche Felderhebungen durchgeführt. So überprüfen beteiligte Spezialistinnen und Spezialisten an Standorten, an denen eine bestimmte Art in der Vergangenheit nachgewiesen wurde, ob sie immer noch dort vorkommt.

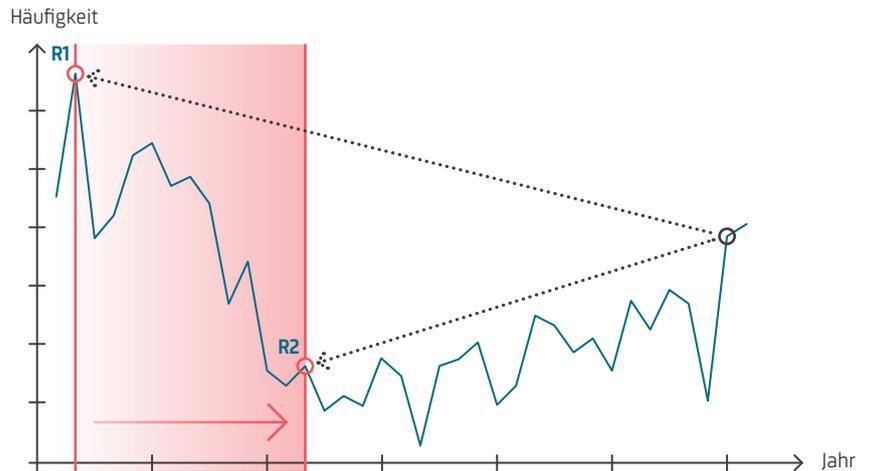
Zur Beurteilung des Gefährdungsgrades der einzelnen Arten werden vorwiegend die dokumentierten Bestandsveränderungen sowie die effektiv besiedelte Fläche und die Grösse sowie der Isolationsgrad der Populationen berücksichtigt. Fehlen quantitative Daten zur Populationsgrösse – was bei den meisten Insektengruppen der Fall ist – kommen Verbreitungsdaten zur Anwendung (Fivaz & Gonseth 2014). Grundlage dafür sind historische und rezente Funddaten, unter anderem aus privaten und öffentlichen Sammlungen und wissenschaftlichen Artikeln. Zudem werden auch aktuellere Daten aus nationalen und regionalen Inventaren und Monitorings genutzt. Mit Hilfe dieser Daten kann das Aussterberisiko einer Art geschätzt werden (Keith et al. 2013; Fivaz & Gonseth 2014). Je kleiner und fragmentierter das besiedelte Gebiet ist und je rascher der Bestand zurückgeht, desto höher ist die Gefährdungsstufe.

Abbildung 2.2 Herausforderungen bei der Beurteilung von Trends der Vielfalt und Häufigkeit von Insekten

Populationsschwankungen erschweren die Einschätzung von Trends in der Vielfalt und Häufigkeit von Insekten. Anhand einer hypothetischen Trendlinie (Zeitreihe von Insektenhäufigkeitswerten über mehr als 50 Jahre; blau) werden drei Hauptherausforderungen dargestellt, welche es erschweren robuste Schlussfolgerungen über die zeitlichen Veränderungen von Insektenpopulationen ziehen zu können (vgl. Didham et al. 2020).

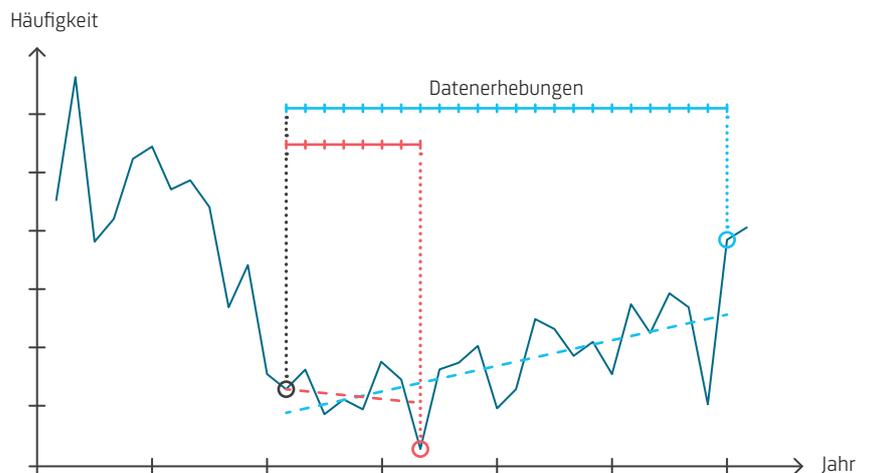
Verschiebung des Referenzpunktes

Ohne gute Kenntnisse der historischen Populationsgrösse kann die Wahrnehmung von Veränderungen im Laufe der Zeit durch die Verschiebung des Referenzpunktes stark verzerrt werden. Der Vergleich mit dem Referenzpunkt R2 zeigt einen relativen Anstieg der Häufigkeit, während der Vergleich mit dem weiter zurückliegenden Referenzpunkt R1 zeigt, dass die Häufigkeit in den letzten Jahrzehnten zwar angestiegen ist, jedoch immer noch deutlich tiefer liegt, als zu Beginn der Zeitreihe. Diese Unterschiede können zu einer verfälschten Einschätzung der Entwicklung und des Zustandes der Insekten führen.



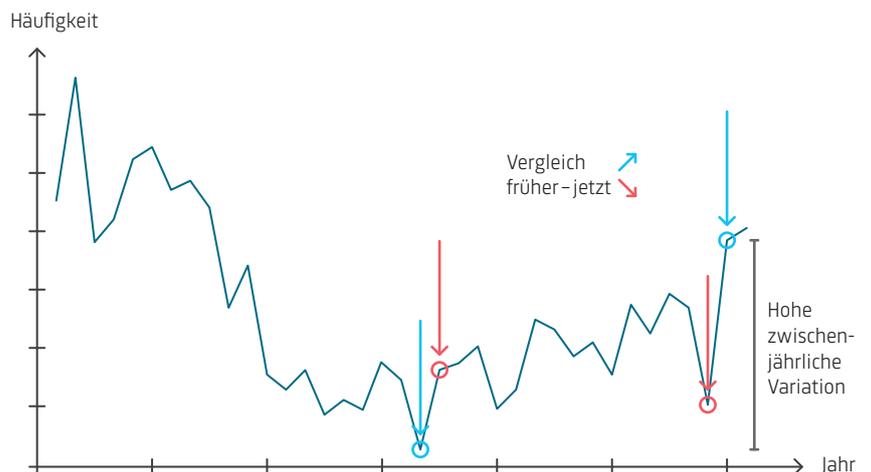
Länge der Zeitreihe

Wird die Insektenvielfalt über eine längere Periode regelmässig (z. B. jährlich) erfasst, so kann auch die Variation in den Häufigkeiten zwischen verschiedenen Jahren ermittelt werden. Längere Zeitreihen (blau) reduzieren Fehlinterpretationen von Trends aufgrund natürlicher Schwankungen in der Häufigkeit von Insekten, beispielsweise als Folge von schlechten Wetterbedingungen in einem Jahr (roter Kreis). Lange Zeitreihen erhöhen auch das Signal-Rausch-Verhältnis und damit die statistische Aussagekraft von Trends der Populationsentwicklung.



Momentaufnahme-Effekt

Bei einfachen paarweisen «früher-jetzt»-Vergleichen (eigentlich eine Zeitreihe aus zwei Punkten) können Verzerrungen bedingt durch über- oder unterdurchschnittliche Start- und/oder Endpunkte problematisch sein. Dieser Momentaufnahme-Effekt ist bei Insektenarten, welche natürlicherweise beträchtliche Variationen in den Häufigkeiten zwischen einzelnen Jahren zeigen, schwerwiegend. Paarweise Zeitvergleiche von Insekten-Häufigkeiten sind jedoch grundsätzlich mit grossen Unsicherheiten behaftet. Selbst wenn frühere Erhebungen exakt wiederholt werden (gleiche Standorte, dieselben Methoden), zeigen sie nur die Differenz zwischen zwei Zeitpunkten, was nicht dasselbe ist wie ein Trend über die Zeit (Zeitreihe).





Die Männchen des **Aurorafalters** (*Anthocharis cardamines*) sind bunt gefärbte Vertreter der sogenannten Weisslinge und bei uns noch weit verbreitet. Den Weibchen fehlt die auffällige orange Flügelfärbung. Die gut getarnten Raupen ernähren sich vorwiegend von Kreuzblütlern (z. B. Wiesen-Schaumkraut) und überwintern als Puppe in der Bodenstreu (abgestorbenes, überwiegend pflanzliches Material), um nach ca. zehn Monaten im nächsten Frühjahr als ausgewachsener Falter zu schlüpfen.

3 Vielfalt der Insekten

Insekten haben unter allen höheren Lebewesen den mit Abstand grössten Arten- und Formenreichtum hervorgebracht. Weltweit sind über eine Million Insektenarten beschrieben, geschätzte weitere fünf Millionen Arten warten auf ihre Entdeckung. Leandro et al. (2017) melden für Europa 105 000 Arten. Baur & Ungricht (2019a, b) vermuten, dass allein in der Schweiz 44 000 bis 60 000 Insektenarten vorkommen (siehe Tabelle 3.1). Zum Vergleich: In der Schweiz wurden bisher «nur» 437 Wirbeltier-, 4292 Pflanzen- und 7000 bis 15 000 Pilzarten nachgewiesen.

Insekten sind ein Erfolgsmodell der Evolution (Segerer & Rosenkranz 2018). Ihr Markenzeichen ist der dreigliedrige Körper (Kopf, Brust und Hinterleib), ein Aussenskelett aus Chitin, Facettenaugen, ein Paar Fühler und drei Beinpaare. Insekten sind eine evolutiv uralte Gruppe, die vor rund 500 Millionen Jahren erstmals aufgetaucht ist, wobei ihre grösste Diversifizierung parallel zur Diversifizierung der Blütenpflanzen stattfand. Sie haben alle Regionen der Welt besiedelt und weisen eine gewaltige Fülle von Spezialisierungen auf.

In der Schweiz besiedeln Insekten alle Landschaftsräume, von kleinen Gewässern im Mittelland über Wiesenstreifen entlang von Strassen bis hin zu Geröllflächen der alpinen Stufe. Sie weisen eine faszinierende Vielfalt von Lebensweisen, Formen und Farben auf (siehe auch Marrent 2020). Viele Arten sind auf spezifische Ressourcen (Wirtspflanzen, Lebensraumstrukturen usw.) angewiesen und kommen als Spezialisten nur in bestimmten Lebensräumen vor. Andere sind weniger spezialisiert und leben als Generalisten in unterschiedlichen Lebensräumen.

Der grosse Insektenreichtum in der Schweiz ist eine Folge der grossen Vielfalt an unterschiedlichen Lebensräumen und Höhenzonierungen auf kleinem Raum. Zudem steht das Land unter dem Einfluss verschiedener bioklimatischer Regionen. Für Insektenarten, die nur oder hauptsächlich in den Alpen vorkommen, trägt die Schweiz eine besondere internationale Verantwortung.

Im Folgenden werden einige wichtige Insektengruppen vorgestellt und Angaben zu deren Vielfalt in der Schweiz gemacht (siehe auch Abbildung 3.1).

3.1 Hautflügler

Die wohl artenreichste Insektengruppe in der Schweiz sind die Hautflügler (Hymenoptera). Am bekanntesten sind die Bienen, Wespen und Ameisen mit insgesamt et-

was mehr als 1400 nachgewiesenen Arten. Weniger gut bekannt (dafür umso artenreicher) sind die Schlupfwespen (ca. 1900 Arten), eine der vielen Familien der parasitoiden Hautflügler, deren Larven sich in den Körpern der Larven anderer Insekten und Spinnen entwickeln. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der natürlichen Regulierung von Insekten, die in der Wald- und Landwirtschaft Probleme bereiten können.

Als unersetzliche Bestäuber von Wild- und Kulturpflanzen spielen Wildbienen und Honigbienen (Apidae) in den meisten terrestrischen Ökosystemen eine Schlüsselrolle (Breeze et al. 2011; Garibaldi et al. 2011, 2013; Button & Elle 2014; Kleijn et al. 2015; Mallinger & Gratton 2015). Die Schweiz, die in den inneralpinen Trockentälern die artenreichsten Wildbienengemeinschaften von ganz Nord- und Mitteleuropa beherbergt (Oertli et al. 2005), trägt eine besondere Verantwortung für die Erhaltung zahlreicher mitteleuropäischer Arten. Wildbienen haben hohe Lebensraumansprüche (Zurbuchen & Müller 2012; Westrich 2019). Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass es für die langfristige Sicherung der Bestäubung der Wild- und Kulturpflanzen nicht nur der Honigbiene, sondern auch einer arten- und individuenreichen Wildbienenfauna bedarf (Klein et al. 2003; Holzschuh et al. 2012; Blitzer et al. 2016).

Die Wildbienen zeichnen sich wie alle Insektengruppen durch eine grosse Vielfalt an Lebensweisen aus. Bestimmte Arten nisten beispielsweise ausschliesslich in verlassenen Schneckenhäusern. Zudem gibt es bei Wildbienen ausgeklügelte Strategien, um an Nektar zu kommen, die Nachkommen zu schützen oder die Begattung zu sichern.

3.2 Zweiflügler

Ebenfalls sehr artenreich sind die Fliegen und Mücken (Zweiflügler oder Diptera) mit über 7000 in der Schweiz nachgewiesenen Arten. Die Dipteren übernehmen viele ökologische Funktionen (siehe auch Kapitel 4.1). Schwebfliegen sind zum Beispiel wichtige Bestäuber, und die Larven vieler weiterer Arten helfen, organisches Material (abgestorbenes pflanzliches Material, Exkremente, Kadaver) zu zersetzen. Unter den Dipteren gibt es auch parasitische Arten und solche, die sich von Blut ernähren (Stechmücken, Bremsen). Dabei können sie Krankheiten übertragen. Aufgrund ihrer teils grossen Populationsdichten sind einige Zweiflügler-Arten eine wichtige Basis für die Ernährung von Fischen (in Form von Mückenlarven) sowie Vögeln und Fledermäusen (als Fluginsekten).

3.3 Käfer

Die dritte grosse Insektengruppe mit fast 6500 Arten in der Schweiz sind die Käfer (info fauna 2021). Schätzungen gehen davon aus, dass sogar bis zu 7400 Arten in der Schweiz vorkommen (Baur & Ungricht 2019a, b). Weltweit gesehen sind Käfer (Coleoptera) die grösste Ordnung aus der Klasse der Insekten.

Käfer besiedeln sowohl terrestrische als auch aquatische Lebensräume und übernehmen wichtige Rollen in den Ökosystemen. Es gibt beispielsweise räuberische Käfer (Laufkäfer, Marienkäfer), totholzessenden Arten (Alpenbock, Eichenbock, Borkenkäfer) und solche, die anderes organisches Material abbauen (Mistkäfer, Totengräber). Eine ganze Reihe von Arten ernährt sich von Pflanzen und Pollen (Maikäfer, Rosenkäfer, Getreidehähnchen). Pflanzenfressende Arten können wirtschaftliche Schäden verursachen und werden bzw. wurden gezielt bekämpft (Flugjahre der Maikäfer). Viele Käferarten sind attraktiv und spektakulär, beispielsweise die Laufkäfer, die Schröter, die Pracht-, Bock- und Rosenkäfer.

3.4 Schmetterlinge

In der Praxis werden die Schmetterlinge (fast 3700 Arten in der Schweiz) in drei Gruppen von sehr unterschiedlicher Grösse unterteilt: die Tagfalter (212 Arten), die hauptsächlich nachtaktiven Makrolepidopteren (1500 Arten) und die Mikrolepidopteren (2000 Arten; Kleinschmetterlinge und Motten). Die überwiegende Mehrheit der Schweizer Tagfalter (80 %) lebt im offenen Kulturland. Darunter befinden sich viele attraktive und in der breiten Öffentlichkeit gut bekannte Arten. Schmetterlinge sind sehr anfällig für Lebensraumveränderungen (Erhardt & Thomas 1991), auch weil viele Arten einen hohen Spezialisierungsgrad bezüglich der Nutzung von Habitaten beziehungsweise der darin vorkommenden Wirtspflanzen (z. B. Pearse & Altermatt 2013) und Strukturen aufweisen. Dies trifft besonders auf die Jugendstadien der Schmetterlinge zu, die Raupen, da diese wenig mobil sind und so nur schlecht neue Futterplätze aufsuchen können. Die erwachsenen Tiere (Falter) hingegen sind mobiler. Vor allem bei den zu den Nachtfaltern zählenden Schwärmern gibt es Arten, die weit wandern können und jedes Jahr aus dem Mittelmeerraum einfliegen (bekanntes Beispiel ist das kolibrihaft-fliegende Taubenschwänzchen).

3.5 Schnabelkerfe

Eine weitere artenreiche Gruppe bilden die Schnabelkerfe (Hemiptera) mit etwas mehr als 1900 nachgewiesenen Arten. Hierzu gehören die Wanzen, Zikaden und Pflanzenläuse. Sie alle ernähren sich von flüssiger Nahrung, haupt-

sächlich von Pflanzensäften, die sie mit ihrem Stechrüssel anbohren. Unter den Wanzen gibt es aber auch räuberische Arten und Parasiten (bekannt ist die Bettwanze). Pflanzenläuse und Kleinzikaden geben den überschüssigen Zucker aus den aufgenommenen Pflanzensäften als sogenannten Honigtau ab. Dieser Zucker wird von vielen anderen Insekten aufgenommen (Blattlausmelkende Ameisen beispielsweise, aber auch von Honigbienen) und ist somit eine wichtige Energiequelle in deren Ernährung. Pflanzenläuse und Zikaden kommen zudem oft in sehr hohen Populationsdichten vor und tragen somit massgeblich zur Insektenbiomasse eines Lebensraumes bei. Auch weisen viele Arten einen hohen Spezialisierungsgrad auf, indem sie stark an bestimmte Wirtspflanzen und Lebensräume gebunden sind.

3.6 Heuschrecken

In der Schweiz kommen 112 Arten von Heuschrecken und Grillen (Orthoptera) vor. Die einheimischen Heuschrecken sind meist licht- und wärmeliebend und besiedeln praktisch alle terrestrischen Lebensräume bis auf 3100 Meter über Meer. Aufgrund der starken Bindung an ihre Lebensraumstrukturen können sie grob in Pionierarten (z. B. in Auen, Geröllhalden oder Karst), Sumpfararten (in Flach- und Hochmooren), Grünlandarten (in Trockenwiesen und -weiden) und Wald- und Waldrandarten sowie Gebüscharten unterteilt werden (Baur et al. 2006; Monnerat et al. 2007).

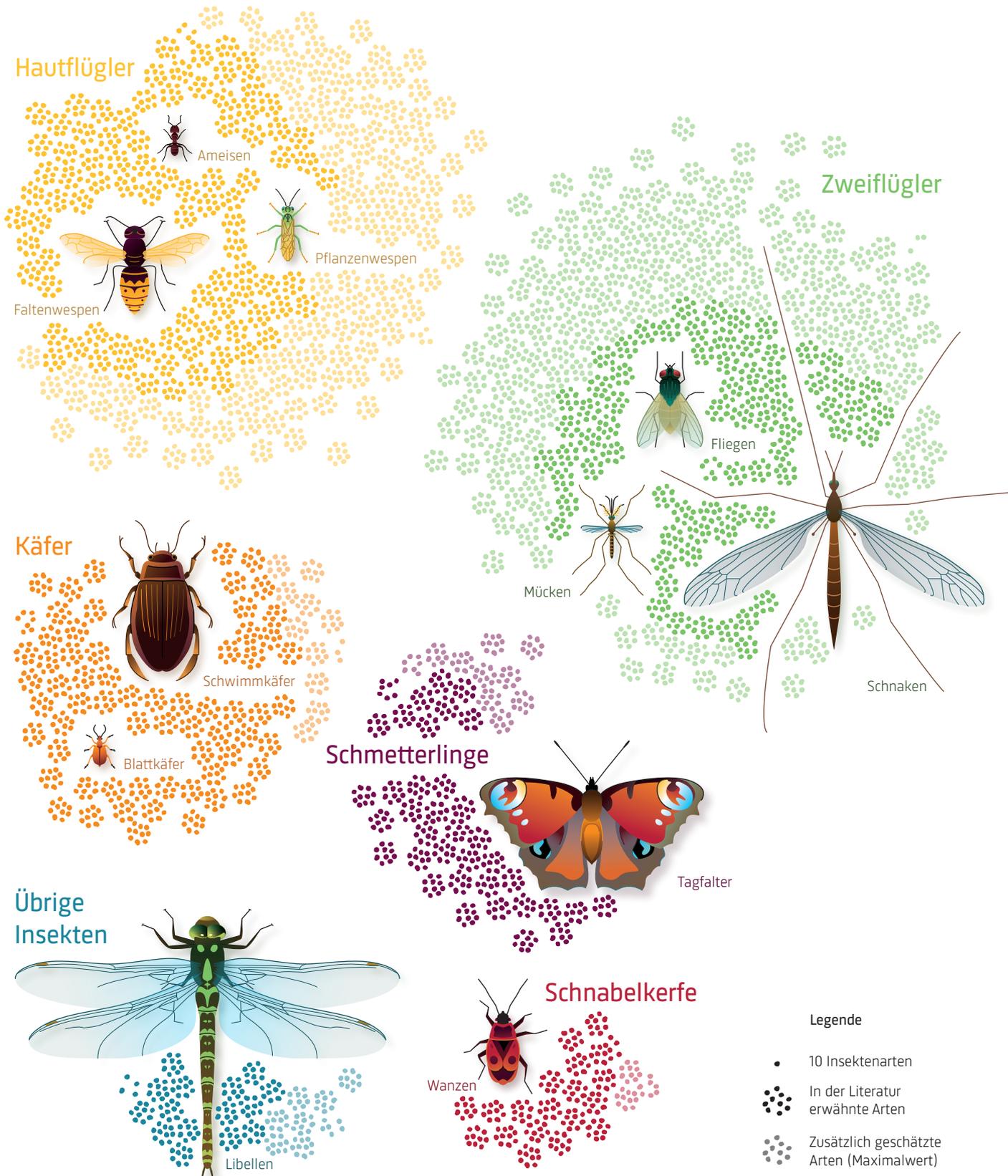
Sie haben sowohl in ihrer Rolle als Pflanzen- und/oder Fleischfresser als auch als Beutetiere in der Nahrungskette eine grosse funktionelle Bedeutung. Heuschrecken reagieren schnell auf wechselnde Umweltbedingungen und haben relativ kurze Generationszeiten und eine ausgeprägte Standorttreue. Sie sind somit gute Indikatoren für die Beurteilung der ökologischen Qualität von Flusslandschaften und des landwirtschaftlich genutzten Kulturlands (Schlegel & Schnetzler 2018). Zudem können die meisten Arten anhand ihres Gesangs auch akustisch unterschieden werden, weshalb sie für Monitoringprogramme oft berücksichtigt werden.

3.7 Libellen

In der Schweiz leben 76 Libellenarten (Odonata) (Gonseth et al. 2002). Libellen sind somit eine eher kleine aber dafür umso auffälligere Insektengruppe. Bevor sich die adulten Tiere in die Lüfte erheben und sich als elegante und effiziente Insektenjäger betätigen, haben alle Arten den grössten Teil ihres Lebens als Larve im Wasser verbracht. Dort ernähren sie sich räuberisch von Insekten und anderen Arthropoden, gelegentlich auch von kleinen Wirbeltieren. Entsprechend ihrer ökologischen Präferenzen bewohnen Libellen

Abbildung 3.1 Die Insektenvielfalt der Schweiz

In der Schweiz sind aus der Literatur fast 30 000 Insektenarten bekannt (dunkle Punkte). Schätzungen zeigen jedoch, dass sogar 44 000 bis 60 000 Insektenarten vorkommen können (hellere Punkte; Baur & Ungricht 2019a,b). Die Mehrheit der Schweizer Insektenarten gehört zu den sechs dargestellten Hauptgruppen (Hautflügler, Zweiflügler, Käfer, Schmetterlinge, Schnabelkerfe, übrige Insekten), typische Vertreter sind exemplarisch illustriert.



stehende Gewässer mit Ufervegetation und Wasserpflanzen (Tümpel, Teiche und Seen), stehende Pioniergewässer ohne Vegetation (z. B. Tümpel und Teiche in Kiesgruben), Flüsse, Bäche, Quellen und auch Moore. Sie sind daher gute Indikatoren für die Qualität dieser Lebensräume.

3.8 Eintags-, Stein- und Köcherfliegen

Neben den Libellen verbringen auch zahlreiche weitere Insektengruppen den grössten Teil ihres Lebens, oft als Larven, in oder am Wasser. Dazu gehören die Eintagsfliegen (Ephemeroptera), die Steinfliegen (Plecoptera) und die Köcherfliegen (Trichoptera). Insgesamt kommen in

der Schweiz aus diesen drei Gruppen fast 500 Arten vor. Die Larven der Stein- und Eintagsfliegen leben hauptsächlich in Flüssen und deren Quellen, einige wenige Eintagsfliegenarten sind an Seen und Teiche gebunden. Köcherfliegenlarven hingegen kommen in der Schweiz in allen Arten von aquatischen Lebensräumen vor: Quellen, Bäche und Flüsse, aber auch Rinnen, Teiche und Seen. Verschiedene Arten von Wasserinsekten reagieren spezifisch auf Veränderungen der physikalisch-chemischen Eigenschaften und der Belastung mit Pestiziden und anderen Schadstoffen in Fliessgewässern und dienen daher als Bioindikatoren für die Bewertung ihrer Wasserqualität (Saprobien-Index).

Tabelle 3.1 Anzahl Insektenarten in der Schweiz (nach Baur & Ungricht 2019a, b)

Insektengruppen			Artenzahl		Referenzen
Gruppierung	Insektenordnung (oder äquivalente Gruppe)	Taxon	Bekannt	Geschätzt (min. - max.)	(Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich die Artenzahlen auf Merz 2012)
Zweiflügler	Fliegen, Mücken	Diptera	7068	10 892-22 099	Bächli et al. 2014
Hautflügler	Wespen, Bienen, Ameisen	Hymenoptera	8852	19 330-19 356	
Käfer	Käfer	Coleoptera	6367	7194-7352	info fauna 2019
Schmetterlinge	Schmetterlinge	Lepidoptera	3668	3668-4609	SwissLepTeam 2010
Schnabelkerfe	Wanzen, Zikaden, Pflanzenläuse	Hemiptera	1926	1926-2209	
Übrige Insekten	Felsenspringer	Archaeognatha	38	38-76	
	Schaben	Blattodea	13	17-19	
	Springschwänze	Collembola	328	454-470	
	Ohrwürmer	Dermaptera	8	8	
	Doppelschwänze	Diplura	18	48-54	
	Eintagsfliegen	Ephemeroptera	86	86-103	Lubini et al. 2012
	Gottesanbeterinnen	Mantodea	1	1	
	Schnabelfliegen	Mecoptera	7	7-12	
	Schlammfliegen	Megaloptera	3	3-4	
	Netzflügler	Neuroptera	90	90-133	
	Libellen	Odonata	76	76-81	Wildermuth et al. 2005
	Heuschrecken	Orthoptera	112	112-119	
	Tierläuse	Phthiraptera	23	23-41	
	Steinfliegen	Plecoptera	111	111-125	Lubini et al. 2012
	Beintastler	Protura	7	7-15	
	Staubläuse	Psocoptera	101	101-164	
	Kamelhalsfliegen	Raphidioptera	12	12-18	
	Flöhe	Siphonaptera	80	80-92	
	Fächerflügler	Strepsiptera	6	6-10	
	Fransenflügler	Thysanoptera	115	115-314	
Köcherfliegen	Trichoptera	302	363-388	Lubini et al. 2012	
Fischchen	Zygentoma (Thysanura)	3	3-6	Burckhardt 2000	
Total	Insekten	Insecta (Hexapoda)	29 421	44 771-57 878	



Die zur Familie der Buckelzikaden (Membracidae) gehörende, knapp ein Zentimeter lange **Dornzikade** (*Centrotus cornutus*) ist durch ihre spektakulären Fortsätze des Halsschildes optisch sehr auffällig. Die Funktion dieser Fortsätze ist nach wie vor nicht geklärt. Die Dornzikade ist eine der wenigen einheimischen Zikadenarten mit einer zweijährigen Entwicklung vom Ei zum ausgewachsenen Insekt. Sie überwintern im Larvenstadium. In der Schweiz kommen noch zwei weitere Arten von Buckelzikaden vor, wovon eine aus Nordamerika eingeschleppt wurde.



Arten der Familie der **Wollschweber** (Bombyliidae) werden aufgrund ihres pelzigen Aussehens und Blütenbesuch oft mit Hummeln verwechselt. Im Gegensatz zu diesen besitzen die Wollschweber aber nur ein voll ausgebildetes Flügelpaar, was sie in die Ordnung der Zweiflügler (Diptera) stellt. Die Hinterflügel sind bei Zweiflüglern zu sogenannten Schwingkölbchen umgebildet. Diese tragen zur Stabilisierung des Fluges bei. Die hier abgebildete Art (*Bombylius canescens*) ist in Europa weit verbreitet, ihrer Larven ernähren sich parasitisch von (Wild-)Bienen, die adulten Tiere aber rein pflanzlich (Nektar und Pollen).

4 Bedeutung der Insekten

Aufgrund ihres Artenreichtums, ihrer Biomasse und ihrer vielfältigen Spezialisierungen haben Insekten einen entscheidenden Anteil am Funktionieren der Ökosysteme und schlussendlich auch am Wohlergehen der Menschen.

4.1 Ökologische Bedeutung

Insekten bestäuben rund 88 % aller Blütenpflanzen der gemässigten Breiten (Ollerton et al. 2011). Die enge Beziehung zwischen Insekten und Pflanzen ist das Ergebnis von Millionen von Jahren gemeinsamer Evolution. Manchmal ist die wechselseitige Abhängigkeit so stark, dass eine bestimmte Pflanzenart auf die Bestäubung einer ganz bestimmten Insektenart angewiesen ist. Hautflügler, Zweiflügler, Schmetterlinge und Käfer bestäuben Blüten und sind somit wichtig für die Vermehrung der Pflanzen.

Insekten sind in fast allen Nahrungsnetzen vertreten und bilden eine wichtige Nahrungsgrundlage vieler Wirbeltiere. Im Larven- oder Adultstadium sind Zweiflügler und Eintagsfliegen beispielsweise eine wichtige Nahrungsquelle für Fische. Auch für viele Fledermäuse und Vögel bilden Insekten die Nahrungsgrundlage. Während der Brutsaison sind zum Beispiel Jungvögel auf besonders proteinreiche Futterquellen angewiesen. Daher füttern auch sonst körnerfressende Arten wie Sperlinge und viele Finkenvögel ihre Brut überwiegend mit Insekten (siehe auch Abbildung 4.1). Es wird vermutet, dass der Rückgang der Insektenarten und vor allem ihrer Biomasse eine der Hauptursachen für Bestandsverluste bei bestimmten Vogelarten ist (Guyot et al. 2018; Knaus et al. 2018).

Auch im Boden spielen Insekten eine wichtige Rolle. Viele Arten tragen zum Abbau von abgestorbenem Pflanzenmaterial bei und führen so dem Boden Nährstoffe zurück (Schowalter et al. 2018; siehe auch Abbildung 4.1). Durch das mechanische Zerkauen des organischen Materials bereiten sie dieses zudem für Pilze und Mikroorganismen auf, welche dann den Abbauprozess weiterführen (Wermelinger 2017). Insekten fördern damit die Bodenfruchtbarkeit und Humusbildung (Maeder et al. 2002; Birkhofer et al. 2008; Filser et al. 2016) und somit letztlich auch die Produktionskapazität in der Landwirtschaft. Viele der 6500 in der Schweiz vorkommenden Käferarten sind an der Zersetzung von organischem Material beteiligt. Zum Beispiel sammeln Mistkäfer die Exkremente von Rindern und vergraben sie in einem Bau. Dadurch wird einerseits der Boden mit Nährstoffen und Mineralien angereichert (Bang et al. 2005; Slade et al. 2016). Andererseits verhindert dies eine Zersetzung im Freien, wodurch die damit

verbundenen erheblichen Treibhausgasemissionen vermieden werden. Insekten, wie zum Beispiel bodennistende Wildbienen, bohren sich in den Boden und belüften mit ihren Tunneln harte Böden, was helfen kann, Wasser zurückzuhalten (Olf & Ritchie 1998).

Insekten sind wichtige Ausbreiter von Pflanzen (Del Toro et al. 2012). Besonders die Ameisen tragen zur Samenverbreitung bei. Manche Pflanzen haben sogar besondere Strukturen entwickelt, welche die Ausbreitung durch Ameisen begünstigen. Diese Samen enthalten sogenannte Elaiosomen, also protein-, fett- und/oder kohlenhydratreiche Strukturen, die am Samen befestigt sind und als Nahrung für die Ameisen dienen (Elizalde et al. 2020).

Noch wenig erforscht ist der Einfluss von Insekten auf die Konkurrenzverhältnisse zwischen Pflanzen. Pflanzenfressende Insekten können durch ihren Frass dominante Arten schwächen und somit die direkte Konkurrenz zwischen den Pflanzen beeinflussen. Eine Folge davon könnte eine höhere Artenvielfalt sein. Interessant ist auch, dass manche Insektenarten je nach Lebensstadium verschiedene ökologische Funktionen erfüllen: Die Raupen vieler Schmetterlinge ernähren sich von den frischen Blättern oder Blütenorganen ihrer Wirtspflanzen, während die erwachsenen Tiere sich von Nektar ernähren und die Pflanzen bestäuben.

Insekten spielen auch eine zentrale Rolle in der Dynamik von Waldökosystemen (Schowalter 2012; Wermelinger 2017). Bestimmte Arten legen ihre Eier, aus welchen sich dann die Larven entwickeln, in geschwächte oder kranke Bäume. Sie können damit die Baumartenzusammensetzung in Wäldern verändern und die Baumartenvielfalt erhöhen. Eine höhere Artenvielfalt im Wald erhöht wiederum dessen Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel und führt auch zu einer höheren Biomasseproduktion (Schowalter 2012).

4.2 Bedeutung für Gesellschaft und Wirtschaft

Von vielen ökologischen Funktionen der Insekten in den Ökosystemen profitieren auch wir Menschen. In der Wissenschaft wird dabei von Ökosystemleistungen (Millennium Ecosystem Assessment 2005) bzw. Nature's Contributions to People (Díaz et al. 2018) gesprochen. Von Insekten erbrachte Ökosystemleistungen betreffen alle Kategorien des «Millennium Ecosystem Assessment»: Unterstützungsleistungen (z. B. Samenausbreitung oder Bodenbildung und -fruchtbarkeit), Regulationsleistungen (z. B. Bestäubung oder biologische Schädlingsregulierung), Bereitstellungs-

leistungen (z.B. Honigproduktion) wie auch kulturelle Leistungen (z.B. Naturbeobachtungen, Tourismus, Kunst). Der Rückgang der Insekten führt zu einem Rückgang an Ökosystemleistungen (s.a. Abbildung 4.1). Dies hat nicht nur ökologische Auswirkungen, sondern auch Konsequenzen für Gesellschaft und Wirtschaft (Noriega et al. 2018).

Der enorme wirtschaftliche Nutzen von Insekten als Bestäuber ist seit langem bekannt und wird auch in der Presse oft zitiert (Losey & Vaughan 2006; IPBES 2016; Noriega et al. 2018). Ein Grossteil der europäischen Nutzpflanzen ist auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen (Ollerton et al. 2011; Goulson 2019; siehe auch Abbildung 4.1). In der Schweiz profitieren 5 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche von der Bestäubung durch Insekten. Betrachtet man nur das Ackerland, sind es sogar 14 %. Sutter et al. (2017) schätzen zudem den jährlichen ökonomischen Wert der Insektenbestäubung in der Schweiz auf 205 bis 479 Mio. Franken. Eine aktuelle Studie (Lippert et al. 2021) macht deutlich, dass der deutschen Wirtschaft etwa 3,8 Milliarden Euro pro Jahr verloren gehen würden, wenn alle bestäubenden Insekten eliminiert würden; global gesehen beläuft sich der wirtschaftliche Beitrag von Bestäubern auf 1000 Milliarden US-Dollar pro Jahr. Unter den Gruppen der bestäubenden Insekten sind die Hautflügler (Hymenoptera) aufgrund der emblematischen Honigbiene am besten bekannt. Weniger bekannt ist, dass die Hautflügler die artenreichste Insektengruppe in der Schweiz darstellen. Unter ihnen ist eine grosse Anzahl von Wildbienen in signifikanter Weise an der Bestäubung von Kulturpflanzen beteiligt (Holzschuh et al. 2012; Kennedy et al. 2013). Bienen und andere Bestäuber sind für eine produktive Landwirtschaft und eine gesunde Ernährung in der Schweiz unerlässlich (Akademien der Wissenschaften Schweiz 2019).

Auch als Prädatoren oder Parasitoide tragen Insekten zu anderen wichtigen Leistungen im Zusammenhang mit der Landwirtschaft bei (Kremen et al. 2007). Durch ihre mehrheitlich fleischfressende Ernährungsweise spielen diese eine wichtige Rolle bei der natürlichen Regulierung von Schädlingspopulationen. Zulka & Götzl (2015) schätzten den finanziellen Nutzen von Insekten in der biologischen Schädlingsbekämpfung für Österreich auf 129 bis 329 Millionen Euro pro Jahr. Raubinsekten werden dann in Agrarlandschaften begünstigt, wenn sie dort nebst Beutetieren auch geeignete Brut-, Rast- und Nisthabitate vorfinden (Landis et al. 2000). Eine höhere Anzahl und Vielfalt dieser räuberischen und parasitoiden Insekten kann somit die Kosten für die Schädlingsbekämpfung reduzieren und die Erträge erhöhen, sofern die Insekten nicht durch den Einsatz von Insektiziden oder der Beseitigung von Kleinstrukturen, die für ihr Überleben wichtig sind, beeinträchtigt werden. Gut funktionierende Agrarökosysteme mit gesunden Populationen von Raubinsekten können also den Aufwand für die Schädlingsbekämpfung und den Bedarf von Insektiziden reduzieren.

Insekten liefern auch kommerziell verwertbare Produkte, wie zum Beispiel Honig oder Schellack (heute noch ein wichtiger Bestandteil der Farben- und Lackindustrie). Der sogenannte Waldhonig besteht vorwiegend aus zuckerhaltiger Flüssigkeit (Honigtau), welcher von gewissen Insekten (v.a. Schnabelkerfe, z. B. Blatt- und Schildläuse) ausgeschieden wird, die an Pflanzen saugen. Honigbienen und andere Insekten ernähren sich davon.

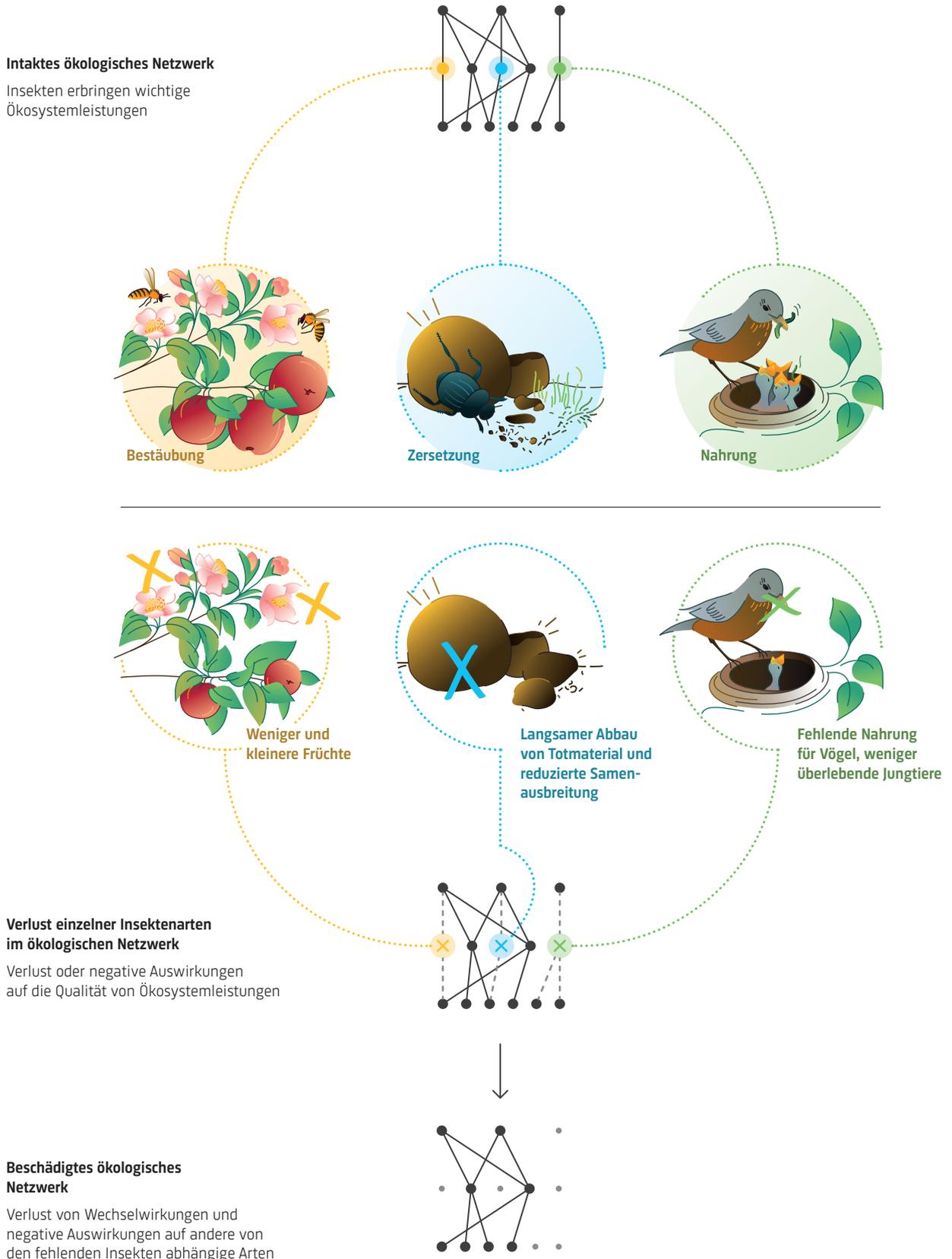
In vielen Teilen der Welt sind Insekten auch eine Quelle für Eiweiss, Mineralien und Vitamine; in gewissen Regionen Afrikas etwa gelten 250 Arten als essbar. In Mitteleuropa wurde der Maikäfer bis zum Zweiten Weltkrieg verzehrt. Seit dem 1. Mai 2017 sind in der Schweiz drei Insektenarten als Lebensmittel offiziell zugelassen. Ob Insekten gegessen werden oder nicht, hängt nicht nur von ihrem Geschmack und Nährwert ab, sondern auch von kulturellen Vorlieben und Abneigungen. Darüber hinaus sind viele Insekten in der Natur nur saisonal verfügbar.

Auf der anderen Seite darf nicht verschwiegen werden, dass bestimmte Insektenarten bei grosser Häufigkeit auch zu ökonomischen Einbussen führen können. Weltweit sind Insekten für 17 bis 30 % der Ernteverluste verantwortlich, was insbesondere in Ländern, die unter Hungersnot und Armut leiden, katastrophale Folgen haben kann. Insekten spielen auch eine grosse Rolle bei der Lagerung von Lebensmitteln; in Entwicklungsländern können die so verursachten Verluste rund 40 % betragen. Andererseits ist das massenhafte Auftreten von Schädlingen (z. B. Borkenkäfer) in bereits durch Trockenheit oder durch Windwurf geschwächten Wäldern ein gefürchtetes Phänomen in der Waldwirtschaft. Schliesslich sind einige Insektenarten potenzielle Überträger von Krankheiten mit schwerwiegenden (veterinär)medizinischen Folgen (z. B. Gelbfieber, Malaria, Dengue).

Das Ausmass dieser negativen Effekte wird häufig durch die direkten oder indirekten Auswirkungen menschlicher Aktivitäten verschlimmert. Die Globalisierung des Handels und die globale Erwärmung sind Hauptursachen für die Einführung und die Ausbreitung von Arten wie dem Buchsbaumzünsler oder der Tigermücke in Europa und deren Auswirkungen. Die Industrialisierung der Landwirtschaft, die Ausdehnung von Monokulturen und die daraus resultierende Trivialisierung der Landschaft haben die Ausbreitung vieler Schädlinge begünstigt. Da antagonistische Organismen fehlen oder selten geworden sind, können sich Schadinsekten ungehindert vermehren. Überall dort, wo Insekten im direkten Konflikt mit den wirtschaftlichen oder gesundheitlichen Interessen der Menschen stehen, werden sie nach Möglichkeit bekämpft. Dabei kommen neben chemischen Mitteln seit geraumer Zeit auch vermehrt natürliche Bekämpfungsmassnahmen (z. B. Parasitoide wie Schlupf- oder Erzwespen oder Sporen von insektenpathogenen Pilzen) zum Einsatz.

Abbildung 4.1 Bedeutung der Insekten in Ökosystemen

Insekten besetzen in vielen ökologischen Netzwerken Schlüsselpositionen und erbringen wichtige Ökosystemleistungen. So sind zum Beispiel viele Nutzpflanzen auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Insekten tragen zudem zur Umwandlung und Zersetzung von organischem Material bei und stellen eine wichtige Nahrungsgrundlage für andere Tiere (z.B. Vögel) dar. Der Schwund an Insekten beeinflusst ökologische Netzwerke. Die dadurch entstehenden negativen Auswirkungen (oft verringerte Ökosystemleistungen) haben potenziell gravierende Konsequenzen für Gesellschaft und Wirtschaft.





Manche Weibchen der **Grossen Goldschrecke** (*Chrysochraon dispar*) sind intensiv purpurrot gefärbt, die Männchen hingegen hellgrün bis goldenmetallisch. Die Art gehört zu den Feldheuschrecken und ist in der Schweiz abgesehen vom Tessin und Graubünden weit verbreitet. Man findet die Grosse Goldschrecke vor allem in Feuchtwiesen und Moorflächen, aber auch auf Brachflächen und in Uferbereichen.

5 Trends und Zustand der Insekten

Weltweit beobachten und dokumentieren Fachleute für Insekten (sog. Entomologinnen und Entomologen) seit Jahren und Jahrzehnten Insektenbestände. Dieses Wissen zum Vorkommen und zu Bestandsentwicklungen vieler Insektengruppen widerspiegelt sich in zahlreichen Fachpublikationen.

Dieses Kapitel fasst das vorliegende Wissen zum Zustand und zur Veränderung der Vielfalt und Häufigkeit verschiedener Insektengruppen in der Schweiz differenziert zusammen. Es stützt sich hauptsächlich auf Ergebnisse aus Roten Listen und Monitoringprogrammen in der Schweiz. Ergänzt werden diese Erkenntnisse durch lokale und zeitlich begrenzte Fallstudien sowie Einschätzungen von Entomologinnen und Entomologen. Die Ursachen der Veränderungen werden im Kapitel 6 besprochen.

Die Analyse verschiedener in der Schweiz durchgeführter Studien zur lokalen oder regionalen Entwicklung von Insektengemeinschaften zeigt gegensätzliche Ergebnisse und trägt zu einem differenzierten Bild bezüglich der Entwicklung der Insektenbestände bei (Tabelle A.1, Anhang). Von den 45 Studien zeigen 14 einen negativen, 10 einen positiven und 21 einen unklaren Trend. Positive Trends wurden eher in Studien festgestellt, die in jüngster Zeit und über einen relativ kurzen Zeitraum durchgeführt wurden; negative Tendenzen hingegen zeigten sich eher in Studien, welche über einen längeren Zeitraum durchgeführt wurden.

5.1 Wildbienen

Wildbienen haben hohe Lebensraumansprüche und sind auf vielfältig genutzte, blüten- und kleinstruktureiche Lebensräume und Landschaften angewiesen. Ihr hoher Artenreichtum, ihre oft ausgeprägte Spezialisierung und ihre sehr unterschiedlichen Anforderungen an Nahrungspflanzen und Nistplätze machen Wildbienen zu ausgezeichneten Indikatoren für den naturschützerischen Wert offener und halboffener Landschaften und deren Artenvielfalt insgesamt (Haeseler 1993; Schmid-Egger 1995; Duelli & Obrist 1998). Im Gegensatz zu vielen anderen Organismengruppen zeichnen sich Wildbienen auch durch ihr Potenzial als Bioindikator im Siedlungsraum aus. Sie können in grosser Zahl in solchen fragmentierten Lebensräumen vorkommen, vorausgesetzt, diese erfüllen ihre Anforderungen (Zurbuchen & Müller 2012).

Fallbeispiel Wildbienen

Hohe Wildbienen Vielfalt trotz intensiver Landwirtschaft

Im Rahmen der Feldarbeiten zur Aktualisierung der Roten Liste der Wildbienen der Schweiz (Publikation geplant) wurden auf einer 1 km² grossen und mehrheitlich landwirtschaftlich genutzten Fläche im Kanton Schaffhausen bei Buch 117 Wildbienenarten festgestellt, darunter zahlreiche seltene und gefährdete Arten. Diese hohe Artenzahl, die rund einem Fünftel der aktuellen Wildbienenfauna der Schweiz entspricht, überrascht, wird das Gebiet doch ackerbaulich intensiv genutzt. Der Grund für die hohe Artenvielfalt liegt jedoch im hohen Anteil an blüten- und kleinstruktureichen Biodiversitätsförderflächen (v. a. Buntbrachen), welche das kantonale Planungs- und Naturschutzamt zusammen mit den ansässigen Landwirtinnen und Landwirten etabliert hat: diese ökologisch wertvollen Flächen nehmen 9,8% des gesamten Kilometerquadrates ein und machen 11% der landwirtschaftlichen Nutzfläche aus. Dieses Beispiel zeigt, dass landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete eine hohe Vielfalt an Wildbienen mit seltenen und gefährdeten Arten aufweisen können, wenn der Anteil an blüten- und kleinstruktureichen Flächen hoch ist.

In den vergangenen Jahrzehnten haben die Wildbienen aufgrund der starken Verminderung des quantitativen und qualitativen Angebotes an Blüten und Kleinstrukturen in weiten Teilen Mitteleuropas teilweise beträchtliche Rückgänge sowohl bezüglich der Bestandesgrössen als auch bezüglich der Artenvielfalt erlitten (Biesmeijer et al. 2006; Nieto et al. 2014). So stehen in Mitteleuropa je nach Land und Region zwischen 38% und 68% aller Arten auf den aktuellen Roten Listen (Zurbuchen & Müller 2012). Wie die kurz vor dem Abschluss stehenden Arbeiten zur Aktualisierung der Roten Liste der Wildbienen der Schweiz zeigen, dürften voraussichtlich zwischen 40% und 45% aller einheimischen Arten gefährdet sein. Von den 625 bisher in der Schweiz nachgewiesenen Arten sind 60 sicher oder wahrscheinlich ganz aus unserem Land verschwunden, was einem Artenverlust von knapp 10% entspricht. Diesem massiven Verlust stehen 13 Arten gegenüber, welche seit 2000 wahrscheinlich aufgrund der Klimaerwärmung in die Schweiz eingewandert ist, deren Verbreitung aber immer noch hauptsächlich auf die Grenzregionen zu Italien und Frankreich beschränkt sind. Die Klimaerwärmung könnte auch dafür verantwortlich sein, dass rund 10 ehemals in der Schweiz vorgekommene Arten nach jahrzehntelanger Abwesenheit unser Land wieder besiedelt haben, und dass weitere Arten ihr Verbreitungsareal in den vergangenen Jahren stark ausdeh-

nen konnten bzw. wieder häufiger wurden, nachdem sie während längerer Zeit eine kontinuierliche Abnahme zeigten.

Während sich die Häufigkeit und die Vielfalt der Wildbienen in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen tiefer und mittlerer Lagen auf einem alarmierend tiefen Niveau befinden, sind in den topografisch vielfältigeren und extensiv bewirtschafteten Gebieten des Alpen- und Jurabogens arten- und individuenreiche Wildbienenbestände erhalten geblieben. Insbesondere die inneralpinen Trockentäler sind Hotspots der Wildbienen-diversität und beherbergen die artenreichsten Wildbienen-gemeinschaften von ganz Nord- und Mitteleuropa mit zahlreichen seltenen und bedrohten Arten. So wurden auf einer lediglich zwei Quadratkilometer grossen Untersuchungsfläche im Wallis oberhalb von Leuk nicht weniger als 280 Arten festgestellt (Oertli et al. 2005). Mit der zunehmenden Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung in den Berggebieten geraten nun auch diese Hotspots in Bedrängnis.

5.2 Käfer

In der Schweiz gibt es nur wenige Studien zur Vielfalt und zu Trends von Populationsgrössen von Käfern. Für vier Käferfamilien existiert eine Rote Liste: Prachtkäfer (Buprestidae), Bockkäfer (Cerambycidae), Rosenkäfer (Cetoniidae) und Schröter (Lucanidae) (Monnerat et al. 2016). Die meisten Arten dieser Gruppen sind an Zersetzungs- und Rezyklierungsprozessen von Holz beteiligt (sogenannte xylobionte Käfer) und finden in vielen Landschaftsräumen und -strukturen, welche reich an altem oder abgestorbenem Holz sind, gute Entwicklungsbedingungen vor: lichte Wälder, Waldweiden, Auenwälder, strauchreiche Saumgesellschaften (Waldränder, Hecken etc.), alte Hochstamm-Obstgärten, Baumalleen und bewaldete Parks. Die bewerteten 256 Arten sind nur ein kleiner Teil der ca. 1300 im Totholz lebenden Käferarten, die in der Schweiz vorkommen (Lachat et al. 2019).

Von den 256 bewerteten Arten sind 118 (46 %) bedroht und 47 (18 %) potenziell gefährdet (Abbildung 5.2). Die Mehrheit dieser Arten lebt in Auen- und Laubwäldern und Waldrändern tiefer Lagen. Viele sind auf alte Bäume mit abgestorbenen Teilen wie Mulmhöhlen oder Kronen-totholz angewiesen, sogenannte Habitatbäume (Bütler et al. 2020).

Fallbeispiele Käfer

Der Grauflüglige Erdbock (*Iberodorcadion fuliginator*, früher *Dorcadion fuliginator*) in der Region Basel

Der Erdbockkäfer ist stark an warme und trockene Wiesen und Weiden gebunden, welche reich an Insekten sind. In der Schweiz ist er vom Aussterben bedroht (Monnerat et al. 2016). Diese hochspezialisierte und nur sehr lokal (Raum Basel und Schaffhausen) vorkommende Bockkäferart ernährt sich hauptsächlich von nur einer Pflanzenart (Aufrechte Trespe; *Bromus erectus*); sein Lebensraum befindet sich vor allem an Böschungen mit dieser für Magerwiesen typischen Grasart. In einer Langzeitstudie wurden in jährlichen Abständen von 1999 bis 2018 die Populationsgrößen des Erdbockkäfers an 13 Standorten in der Region Basel erfasst. Die Analyse zeigt, dass der Gesamtbestand in 20 Jahren um 90 % abgenommen hat. An einem Standort ist die Art verschwunden, an fünf Standorten ist sie kritisch niedrig, an vier Standorten ist sie deutlich rückläufig und nur an drei Standorten ist sie stabil (Baur et al. 2020). Die intensivierete Landnutzung mit viel Düngereintrag in den angrenzenden Flächen sowie der regelmässige Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bei benachbarten Niederstamm-Obstkulturen dürften die Hauptursachen für die Abnahme der Käfer an einigen Standorten sein.

Chancen und Risiken für den Alpenbock (*Rosalia alpina*)

Der Alpenbock gilt in der Schweiz als gefährdet (Duelli & Wermelinger 2010; Monnerat et al. 2016). Er kommt in sonnenexponierten Laubwäldern vor. Seine Larven entwickeln sich in wenigen Baumarten, hauptsächlich in der Buche (*Fagus sylvatica*) oder Ahorn-Arten (*Acer* sp.) sowie Ulmen (*Ulmus* sp.). Die Alpenbockpopulation in der Schweiz ist in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts stark zurückgegangen (Lachat et al. 2013). Die Hauptgründe dafür dürften die Aufgabe traditioneller Bewirtschaftungsformen wie zum Beispiel der Waldweide mit alten Laubbäumen sowie die Verdunkelung des Walds infolge der Zunahme des Holzvorrates sein.

Berechnungen aus rezenten und historischen Daten aus den letzten 100 Jahren zeigen, dass die Populationsgrößen in der Schweiz im zweiten Teil des 20. Jahrhunderts wieder zugenommen haben und alle bekannten Reliktpopulationen erhalten blieben. Vor allem die Verlagerung von der Brennholz- zur Schnittholzproduktion hat die Lebensraumbedingungen so verändert, dass sie für den Alpenbock günstiger wurden. Die Dichte der alternden und abgestorbenen Buchen hat vor allem in den Steilhängen der kollinen und submontanen Stufe zugenommen. Allerdings ist es nicht klar, ob die Populationen damit längerfristig überleben können. Die im Zusammenhang mit Massnahmen gegen den Klimawandel propagierte verstärkte Nutzung von Waldenergieholz könnte den Druck auf den Alpenbock und viele weitere Tothholzbewohner wieder verstärken.

Buchdrucker (*Ips typographus*) auf dem Vormarsch

Der Buchdrucker (Borkenkäfer) ist der berühmteste und wohl auch berüchtigtste xylobionte Käfer im Wald (Jakob et al. 2015; Jakoby & Wermelinger 2015; Stroheker et al. 2020, 2021). Die Art befällt nicht nur geschwächte (z.B. in Folge von Trockenheit) oder kürzlich vom Wind gefällte Fichten, sondern bei Massenvermehrungen auch gesunde Fichten und führt zu deren Absterben. Da die Fichte die ökonomisch wichtigste Baumart der Schweiz ist, gilt der Borkenkäfer als Schädling. Ökologisch gesehen ist der Borkenkäfer ein sehr erfolgreicher xylobionter Käfer, der wie ein Ingenieur auf der Ebene ganzer Ökosysteme agiert: Er kann ein Habitat so verändern, dass weitere Arten davon profitieren können, beispielsweise weitere xylobionte Käferarten oder Spechte (Müller et al. 2008; Bussler 2011). Der Buchdrucker profitiert vom Klimawandel, der die Fichte stark unter Druck setzt. Aufgrund ihrer flachen Wurzeln leidet die Fichte unter Trockenheit und wird dadurch anfällig auf Stürme. Andererseits kann der Borkenkäfer dank steigenden Temperaturen mehr Generationen pro Jahr bilden (2 bis 3 anstatt 1 bis 2; Jakoby et al. 2015), was zu zusätzlichen Befällen führt. Solche Massenvermehrungen des Buchdruckers führen zu grossen Mengen an sogenanntem Käferholz, das seit 1998 in der ganzen Schweiz gemessen wird. Die Statistik zeigt eine Massenvermehrung des Buchdruckers in den letzten Jahren. Im Jahr 2019 war die Menge an Käferholz die zweithöchste seit Beginn dieser Statistik; nur im Hitzesommer 2003 war die Menge an Käferholz grösser (Stroheker et al. 2020). Dieses Beispiel zeigt, dass zwar viele holzfressende Insekten direkt oder indirekt durch menschliche Aktivitäten bedroht sind, dass aber einige Arten davon profitieren und ihre Zahl zunimmt.

5.3 Schmetterlinge

Schmetterlinge (Tag- und «Nachtflieger») gehören zu den am besten untersuchten Insektengruppen (Fox et al. 2015; Habel et al. 2019; Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019; van Strien et al. 2019). Für viele Regionen Europas gibt es historische Studien, in denen das Vorkommen bestimmter Arten erwähnt oder ihre Verbreitung beschrieben wird. Sie erlauben es, bei erneuten Felduntersuchungen in denselben Regionen, gewisse Schlussfolgerungen über die langfristige Bestandesentwicklung zu ziehen (Habel et al. 2019; van Strien et al. 2019), so auch in der Schweiz (Keller 1994; Keller et al. 2000; Hegetschweiler 2003; Altermatt et al. 2006).

Von den rund 3700 in der Schweiz vorkommenden Tagfalterarten (SwissLepTeam 2010) werden 226 im Rahmen der Aktualisierung der nationalen Roten Listen und des BDM regelmässig im Feld beprobt. Zu diesen 226 Arten gehören die echten Tagfalter (Rhopalocera), die Dickkopffalter (Hesperiidae) und die Widderchen (Zygaenidae) (Altermatt et al. 2006; Wermeille et al. 2014).

Die Rote Liste der Tagfalter und Widderchen zeigt, dass von den 226 Tagfalterarten 78 (35%) bedroht und 44 (19%) potenziell gefährdet sind (Wermeille et al. 2014, Abbildung 5.2). Viele dieser Arten leben auf Magerwiesen und -weiden der tiefen bis mittleren Lagen oder sind auf Gebüsche und Übergangsbiosphären angewiesen (Wermeille et al. 2014). Feuchtgebiete sind artenärmer, aber der Anteil der gefährdeten Arten ist viel höher. Dazu gehören die Arten, welche die grössten Bestandsverluste erlitten haben.

Gemäss Experten sind die anspruchsvollsten Arten, die vor allem an lichte Wälder und grossflächige Trocken- oder Feuchtwiesen gebunden sind, in den tiefen Lagen der Schweiz zwischen 1950 und 1990 fast vollständig verschwunden (siehe Beiträge von Jürg Schmid, «Was kümmern uns die Nachtflieger?» und Hans-Peter Wymann, «Sterben die Schmetterlinge?»). Ein ähnlicher Trend lässt sich heute in der montanen und subalpinen Stufe der Alpen feststellen, wo viele noch vor wenigen Jahren häufig vorkommende Arten in landwirtschaftlich genutzten Flächen verschwinden (Lütolf et al. 2009). Der Artenreichtum und die Zahl der beobachteten Individuen gehen an vielen Standorten dramatisch zurück.

Seit 2003 wird die Entwicklung der Anzahl und der Verbreitung der häufigen Schmetterlinge (Tagfalter-, Dickkopffalter- und Widderchenarten) in der Schweiz im Rahmen des BDM erhoben (BAFU 2020). Die Auswertungen dieser Aufnahmen zeigen, dass die mittlere Artenvielfalt der Tagfalter pro Quadratkilometer an der Alpennordflanke (44) am höchsten ist, während im Mittelland am wenigsten Tagfalterarten vorkommen (26). Vor hundert Jahren war dies noch anders: Die Tagfaltervielfalt war damals in tieferen Lagen am höchsten (Schweizerischer Bund für Naturschutz 1987).

Seit Beginn des zweiten Jahrtausends gibt es aber auch Trendwenden, gerade bei weniger anspruchsvollen Arten, und von einem tiefen Ausgangsniveau ausgehend: Die mittlere Tagfaltervielfalt hat in der Schweiz zwischen 2005 (34 Arten; Mittelwert von 5 Jahren) und 2016 (37 Arten im Jahresmittel) um rund 10% zugenommen (BDM-Basisdaten vom März 2019). Im Mittel stieg die Artenvielfalt pro Jahr seit Beginn der Aufnahmen um 0,29 Arten pro Jahr. Am stärksten und klar signifikant war der jährliche Anstieg im Mittelland (0,44 Arten über den Zeitraum von 11 Jahren); an der Alpensüdflanke hingegen wurde ein leichter, aber signifikanter Rückgang der Artenvielfalt festgestellt (-0,10 Arten).

Bei der Interpretation dieser Daten muss berücksichtigt werden, dass sich die Vielfalt und Häufigkeit der Tagfalter in den Jahrzehnten vor Beginn des BDM stark verändert haben: Die Bestände vieler Arten sind zwischen 1950 und 1990 massiv zurückgegangen (Gonseth 1987; Schweizerischer Bund für Naturschutz 1987; Altermatt et al. 2006). Die Areal- und Populationsverluste widerspiegeln sich in der grossen Zahl bedrohter Arten. Hinzu kommt, dass seit Beginn des BDM in erster Linie Arten mit geringen Habitatansprüchen zugenommen haben. Häufiger geworden sind auch Arten, die positiv auf die Anlage von Biodiversitätsförderflächen (BFF) in landwirtschaftlichen Gebieten reagieren sowie bestimmte wärmeliebende Arten. Der Rückgang hält jedoch an, vor allem bei den Feuchtgebietsarten.

Daten des BDM dokumentieren, dass sich der Klimawandel auf die Tagfalterfauna auswirkt. Der Tagfalter-Index zeigt, dass tendenziell diejenigen Arten ihre Verbreitung ausdehnen, die höhere Temperaturen bevorzugen, während Arten, die an tiefe Temperaturen angepasst sind, zurückgehen (Abbildung 5.1). Eine solche Entwicklung wird mittelfristig – wenn immer mehr alpine Arten durch häufigere Tieflandarten ersetzt werden – zu einer Vereinheitlichung und somit Verarmung der Artengemeinschaften führen (Roth et al. 2021b).

Fallbeispiele Schmetterlinge

Entwicklung der Gross-Schmetterlingsfauna in der Region Basel

In einer umfassenden Studie haben Forschende den Zustand und die Entwicklung der Gross-Schmetterlingsfauna der Region Basel seit 1950 untersucht (Altermatt et al. 2006). Grundlage der Studie ist ein Inventar aller Gross-Schmetterlinge (inkl. Psychidae), das aus über 150 000 Nachweisen von 1112 Arten (Tag- und Nachtfalter) besteht. Die Daten stammen aus Privat- und Museumssammlungen, Literaturangaben und eigenen Beobachtungen der Autoren und reichen von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis 2004. Die Studie zeigt einen kontinuierlichen Rückgang der Gross-Schmetterlingsarten seit 1950; 163 Arten konnten nach 1980 nicht mehr nachgewiesen werden und dürften regional ausgestorben sein. Auf der anderen Seite wurden aber auch 29 für die Region neue Arten erfasst. Insgesamt ist die Zahl der regional ausgestorbenen Arten aber deutlich grösser als diejenige der Neuankömmlinge.

Entwicklung der Tagfalterbestände im Kanton Zürich

In den Jahren 2011/2012 hat der Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich die Bestände der Tagfalter in 46 Zürcher Gemeinden neu erhoben und mit den Daten aus den Erhebungen zwischen 1990 und 1992 verglichen (Bossart et al. 2015). Die Analysen zeigen, dass die Grösse des Verbreitungsgebiets und die Individuenzahl vieler Arten in den letzten zwanzig Jahren zurückgegangen ist. Während die Gesamtzahl der vorkommenden Arten (Artenvielfalt) konstant bei rund 80 Arten geblieben ist, wurde besonders bei den Habitatspezialisten ein starker Rückgang der Populationsgrössen festgestellt. Weniger spezialisierte Arten dagegen blieben gleich häufig oder nahmen zu. Diese Generalisten, die oft zwei oder mehr Generationen pro Jahr hervorbringen, kommen mit den sich verschlechternden Umweltbedingungen im Mittelland zurecht und profitieren von der Klimaerwärmung. Dadurch konnten sie ihre Bestandesdichten erhöhen und sich in der Folge rasch ausbreiten. Die lokale Artenzusammensetzung hat sich damit massiv zuungunsten der Spezialisten verändert und ist zunehmend einheitlich geworden.

Was kümmern uns die Nachtfalter?

Wenn bunte Tagfalter verschwinden, schreckt das auf; der Naturfreund vermisst sie.

Nachtfalter und Kleinschmetterlinge fallen da weniger ins Gewicht, obwohl sie fast 95 % aller Schmetterlinge ausmachen und in ihren Ansprüchen an eine intakte Natur oft viel wählerischer sind.

Quantitative Vergleichsdaten zu den Artenvorkommen heute gegenüber früher fehlen weitgehend. Regelmässige Beobachtungen aber zeigen: Einige Arten, die vor hundert Jahren bei uns wie selbstverständlich vorkamen, sind verschwunden; andere Arten sind plötzlich neu dazugekommen. Niemand kann sagen, ob natürliche Arealerweiterungen, periodische Populationschwankungen oder der Klimawandel letztlich für dieses «Hintergrundrauschen» verantwortlich sind. Alle aber können sehen, wie sich unsere Landschaft in den letzten Jahrzehnten verändert hat. Die Intensivlandwirtschaft frisst sich immer weiter in die Täler hinein und erreicht nun auch die subalpine Stufe, der Siedlungsbrei wächst ungebremst weiter und die Strassen werden immer mehr und immer breiter. Die Nacht wird vielerorts durch Leuchtreklamen, Flutlichtanlagen und Strassenbeleuchtungen zum Tag, was die natürlichen

Fortpflanzungszyklen der Nachtfalter nachgewiesenermassen stört.

Das alles führt zu einer Banalisierung, einer Verarmung der natürlichen Biodiversität. Nachtfalter und Kleinschmetterlinge, die auf Sümpfe und Moore, auf Auenwälder und natürliche Flussufer angewiesen sind, gehören zu den am meisten bedrohten Arten; Magerwiesenbewohner und Trockenstandortspezialisten werden zurückgedrängt und können immer seltener nachgewiesen werden, den Waldsaumspezialisten ist der Saum abhandengekommen, weil der bewirtschaftete Wald heute unmittelbar in bewirtschaftetes Ackerland übergeht.

Nun will das nicht heissen, dass die Anzahl der Nachtfalter im Allgemeinen zwingend abnimmt, denn es gibt auch wenig anspruchsvolle Arten, die von diesem Trend durchaus profitieren. Aber der Reichtum an Arten, die Artendiversität leidet, und mit ihr leiden alle, die davon Kenntnis haben!

Beitrag von Jürg Schmid, Schmetterlingsforscher, Autor des Buches «Kleinschmetterlinge der Alpen» und Mitautor des Werkes «Schmetterlinge und ihre Lebensräume»

Abbildung 5.1 Der Klimawandel verändert die Schmetterlingsfauna in der Schweiz

Durch die Klimaerwärmung dehnen in den letzten 30 Jahren tendenziell diejenigen Arten ihre Verbreitung aus, welche höhere Temperaturen bevorzugen (Wärmezeiger), während bei Arten, die an tiefere Temperaturen angepasst sind (Kältezeiger), die Verbreitungsgebiete kleiner werden und die Häufigkeiten dieser Insekten geringer werden. Dies zeigen die Trends des Tagfalter-Index, für welchen Daten des Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) und von Info Fauna kombiniert ausgewertet werden (Abbildung nach Roth et al. 2021b).

Bestandesentwicklung der Tagfalter, differenziert nach Wärmezeigern (46 Tagfalter-Arten) und Kältezeigern (22 Tagfalter-Arten).

..... Mittelwert von 2003 bis 2007 = 100



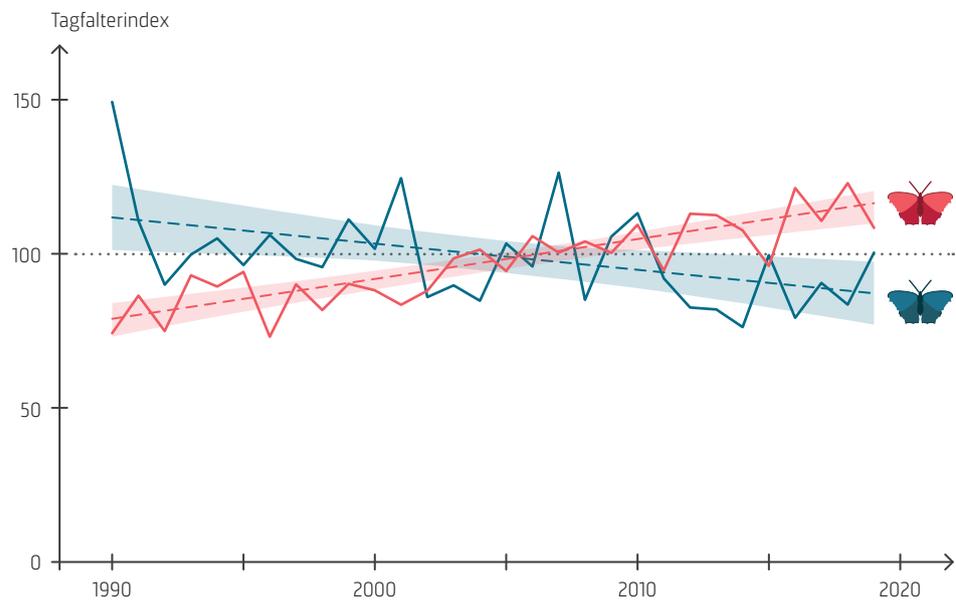
Wärmezeiger

— Bestandesentwicklung
- - - Mittelwert
■ Unsicherheitsbereich



Kältezeiger

— Bestandesentwicklung
- - - Mittelwert
■ Unsicherheitsbereich



Sterben die Schmetterlinge?

1911 schrieb Karl Vorbrodt: «Als typisches Beispiel sei auf die Umgebung von Olten hingewiesen, in der Wullschlegel zahlreiche Falterarten aufgefunden hat, welche heute in diese Gegend gar nicht mehr hinein gedacht werden können.»

Anton Schmidlin zieht 50 Jahre später eine ebenso ernüchternde Bilanz des Zustands der Tagfalterfauna rund um Bern: von den 101 aufgelisteten Tagfalterarten meldet er noch deren 46.¹ Seither sind weitere verschwunden. Treffen diese Einschätzungen zu?

Fuhr ich vor 40 Jahren Mitte April durchs Kandertal, waren viele Wiesen gelbbraun – nicht intensiv grün wie heute. Und im Mai wurde es südwärts Frutigen bunt: Salbei, Knautien, Esparsetten, Nelken, Natternkopf, Geranien – Farbtupfer überall. Entsprechend reichhaltig war das Insektenleben, und schon aus dem fahrenden Auto waren sie zu sehen: Bläulinge, Weisslinge, Gelblinge, Augen- und Perlmutterfalter, vielleicht auch ein Schwalbenschwanz oder noch vor Kandersteg gar ein Apollofalter. Dort, im Talgrund der Kander, gehören diese Zeiten längst der Vergangenheit an. Das, was Vorbrodt vor mehr als 100 Jahren für das Mittelland vermerkt hatte, lässt sich heute in der montanen und subalpinen Stufe der Alpen feststellen. Der Arten- und Individuenreichtum schwindet vielerorts dramatisch dahin.

Szenenwechsel: Region Bern, 2021: Hier leben heute mehr Tagfalterarten als 1960. Und schweizweit zeigen Auswertungen des BDM (siehe Kapitel 5.3, S. 30) eine Zunahme der Individuenzahlen vieler Arten in den letzten knapp 20 Jahren. Wie ist das zu erklären?

Die Erderwärmung, Stürme,² naturnahe Gärten und nicht (mehr) konsequent bewirtschaftete Bahndämme und Strassenböschungen haben dazu geführt, dass sich Generalisten aus isolierten Restvorkommen wieder verbreiten konnten. Hinzu kommen Wärmeprofiteure, die im Mittelland historisch noch nie nachgewiesen werden konnten, so der Karstweissling, der seit 2008 das Mittelland buchstäblich «geflutet» hat.

Anspruchsvollere Arten, die auf lichte Wälder (Ereben), grossflächige Trockenwiesen (Scheckenfalter) oder Feuchtstandorte (z. B. das Grosse Moorigwiesenvögelchen, verschiedene Bläulinge) angewiesen sind, sind tieferen Lagen fast vollständig verloren gegangen. Diesem Trend muss in mittleren und höheren Lagen der Alpen entschieden entgegengewirkt werden, beispielsweise durch ein konsequentes Düngeverbot noch nie gedüngter Flächen.

Beitrag von Hans-Peter Wymann, Wissenschaftlicher Illustrator und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Naturhistorischen Museum Bern

1 Schmidlin A. (ca. 1960) Unveröffentlichtes Manuskript, heute im Besitz des Naturhistorischen Museums Bern

2 Sturm Lothar vom 26.12.1999. Als Folge dieses Ereignisses entstanden vorübergehend riesige offene Flächen, die der Ausbreitung etlicher Arten dienlich gewesen sein dürften. Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf!

5.4 Heuschrecken

Von den 105 in der Roten Liste bewerteten Heuschreckenarten sind 40 (39 %) bedroht und 19 (19 %) potenziell gefährdet (Abbildung 5.2). Mit einem Anteil von je 60 % gefährdeten Arten sind die Pionierarten (auf Kiesbänken in Auen) und die Arten der Flach- und Hochmoore in den letzten 150 Jahren am stärksten zurückgegangen. Von den Grünlandheuschrecken der Trockenwiesen und -weiden, der artenreichsten Gruppe in der Schweiz, sind fast ein Drittel gefährdet. Die Wald- und Waldrandarten sind dagegen (abgesehen von einigen Ausnahmen) weniger gefährdet. Dies wohl auch, weil mehrere Arten, die dieser Gruppe zugeordnet werden, ebenso in Parkanlagen und Gärten vorkommen können (Monnerat et al. 2007). In Tal-lagen entstanden im letzten Jahrhundert grosse Lücken in den Verbreitungsgebieten vieler Arten, die nach wie vor bestehen, auch wenn sich dank der Anlage von Biodiversitätsförderflächen und der Renaturierung von Fließgewässern einige bedrohte Arten wieder etwas ausbreiten konnten.

Fallbeispiel Heuschrecken

Entwicklung der lokalen Heuschreckenfauna in einem Landwirtschaftsgebiet im Kanton Zürich

In der Gemeinde Schönenberg (ZH) wurde die Heuschreckenfauna in 100 Untersuchungsflächen im Landwirtschaftsland in den Jahren 1990, 2000 und 2016 erhoben (Schlegel & Schnetzler 2018). Dabei wurden 70 Biodiversitätsförderflächen (BFF) und 30 konventionell genutzte Fettwiesen untersucht. In Fettwiesen hat sich die Heuschreckenvielfalt (= Anzahl Arten) im Vergleich zu Erhebungen der Jahre 1990 und 2000 nicht wesentlich verändert. Es wurden jedoch deutliche Verschiebungen der relativen Häufigkeiten (Abundanzen) auf Artebene festgestellt. Während bestimmte Arten seit 1990 massive Einbussen erlitten haben, nahmen andere Arten in ihrer relativen Häufigkeit markant zu. Die Artenzusammensetzung in Fettwiesen hat sich also verändert. So kam die eher trockenheitsliebende Art *Chorthippus biguttulus* in den Fettwiesen 2016 bedeutend häufiger vor als 1990 und 2000, während die eher feuchtigkeitsliebende Art *Chorthippus dorsatus* einen gegenteiligen Trend aufwies. Auf gewissen BFF wurde 2016 eine signifikant höhere Anzahl von Heuschreckenarten als 1990 festgestellt. Dies ist primär auf das erstmalige Auftreten von wärmeliebenden Arten (z. B. *Pteronemobius heydenii*) zurückzuführen.

Das Zirpen verstummt

Heuschrecken gehören zu den auffälligsten Insekten. Sie sind relativ gross und durch ihren Gesang auf Distanz leicht feststellbar. Bis vor wenigen Jahrzehnten erschallte ihr Zirpen noch aus jeder Wiese. Denn eine Art, nämlich der Gemeine Grashüpfer, war überall vorhanden, selbst in den allerfettesten Fettwiesen im Schweizer Mittelland. Heute ist das nicht mehr der Fall. Es hat nun vielerorts Kunstwiesen, in denen keine einzige Heuschrecke mehr singt, nicht einmal mehr die gemeinste.

Dieser Umstand wird wohl den wenigsten aufgefallen sein. Er sollte uns jedoch zu denken geben. Denn wo die häufigen Arten unter Druck geraten, ist anzunehmen, dass es den anderen auch nicht viel besser ergeht. Davon gehören laut Roter Liste der Heuschrecken der Schweiz (Monnerat et al. 2007) bereits jetzt rund zwei Fünftel zu den gefährdeten Arten. Die Gründe für die Abnahme sind relativ klar und unbestritten. Der Lebensraum verschwindet, oft auch schleichend. Wer bemerkt schon, dass eine Wiese nicht mehr dieselbe ist wie vor 30 Jahren? Da muss man genau hinschauen – oder eben hinhören.

Um den Heuschrecken zu helfen, sollte der Schwund ihrer Lebensräume erst einmal gestoppt werden, und zwar nicht nur im Mittelland. Längst sind auch die höheren Lagen betroffen. Ferner sollten Flächen aufgewertet werden, so dass sich das Gesamtareal für die Arten allenfalls sogar erweitert. In einem weiteren Schritt wäre dann auch noch für eine effektive Vernetzung zu sorgen.

Sollten solche und ähnliche Massnahmen in den kommenden Jahren greifen und dazu auch die Belastung durch Umweltgifte in Luft, Wasser und Boden abnehmen, sehe ich keinen Grund, weshalb sich die Populationen nicht stabilisieren oder gar erholen sollten. Heuschrecken sind allgemein sehr anpassungsfähig und reagieren besonders auch auf positive Reize. Ferner wird ihr Ausbreitungspotenzial oft unterschätzt. An ihnen wird es also nicht liegen, sollten ihre Bestände weiter schrumpfen.

Beitrag von Hannes Baur, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Naturhistorischen Museum Bern und Mitautor des Buches «Die Heuschrecken der Schweiz»

5.5 Libellen

Die Rote Liste der Libellen der Schweiz zeigt, dass 27 (36 %) der 75 einheimischen Arten bedroht sind (Abbildung 5.2) (Neuaufgabe, Veröffentlichung geplant). Sechs weitere Arten (8 %) werden als potenziell gefährdet eingestuft. Arten der Flach- und Hochmoore sowie der Kiesbänke entlang von Flüssen sind am stärksten gefährdet.

Fallbeispiel Libellen

Entwicklung der Libellenfauna im Zürcher Weinland

An den Gewässern rund um den Husemersee (ZH) wurden zwischen 1885 und 2012 insgesamt 55 Libellenarten nachgewiesen. Seit 1931 wurden jedoch 13 dieser Arten nicht mehr gefunden; nach 1974 verschwand eine weitere Art. Von den ursprünglich vorhandenen Arten hat sich also nur etwa die Hälfte (56 %) gehalten. Allerdings wurden zwischen 2004 und 2012 zehn neue Arten beobachtet (Wildermuth 2013).

Bei den lokal ausgestorbenen Arten handelt es sich um typische Moorlibellen, die infolge massiver Torfausbeutung während der beiden Weltkriege ihre Lebensräume verloren haben. Von den neu eingewanderten Arten dürfte zumindest ein Teil von der Klimaerwärmung profitiert haben.

Den Spezialisten fehlt es an geeigneten Gewässern

Libellen sind auf Gedeih und Verderben auf verschiedene Typen offener Gewässer angewiesen. Mit der Zerstörung und Veränderung der Feuchtgebiete in den vergangenen zweihundert Jahren sind die Populationen praktisch aller Arten in den tieferen und mittleren Lagen stark zusammengebrochen. Nach neueren Einschätzungen und aufgrund der strengen IUCN-Kriterien sind heute 36 % der 75 beurteilten Arten gesamtschweizerisch einer von vier Gefährdungskategorien der Roten Liste zugeteilt. Damit hat sich seit deren letzten Ausgabe vor zwei Jahrzehnten rein zahlenmässig kaum etwas verändert, doch ist es zwischen den verschiedenen Gefährdungskategorien zu Verschiebungen gekommen. Während die Situation mehrerer damals vom Aussterben oder stark gefährdeten Arten dank Revitalisierungs- und spezifischen Unterhaltmassnahmen im Bereich von Hochmooren, Flüssen und Bächen besser geworden ist, hat sich die Lage der alpinen Arten in den Mooren höherer Lagen verschlechtert; der Klimawandel mit den steigenden Temperaturmittelwerten und den abnehmenden Sommerniederschlägen bewirkt, dass die tiefgelegenen Vorkommen verschwinden. Betroffen sind aber auch weitere Arten, die eher an kühleres Klima angepasst sind. Währenddessen rü-

cken Arten – meist Generalisten – mit mediterranem Verbreitungsschwerpunkt nach, und es kommt zu Veränderungen innerhalb der Artengemeinschaften.

Grund für die aktuell prekäre Situation der Libellen ist der grosse Mangel an geeigneten Gewässern insbesondere für die Spezialisten. Trocknen die Gewässer während der Larvenzeit aus oder übersteigt die Wassertemperatur in Hitzeperioden das tolerierte Mass, führt dies zum lokalen Aussterben der Libellenfauna. Um den Rückgang der Libellen aufzuhalten, drängen sich neben dem Schutz und der Pflege aller Libellengewässer neue Massnahmen auf: Renaturierung weiterer Fliessgewässer, Regeneration von Hoch- und Flachmooren, Neuanlage vieler verschiedener, genügend tiefer Stehgewässer ausserhalb von Mooren und Auen. Nicht zu vergessen sind dabei auch insektenreiche Landhabitate, die den Libellen als Reifungs-, Jagd- und Ruheräume dienen.

Beitrag von Hansruedi Wildermuth, Mitherausgeber des Buches «Odonata – Die Libellen der Schweiz», Autor von Büchern und Fachpublikationen über Libellen

5.6 Eintags-, Stein- und Köcherfliegen

Von den insgesamt 499 beurteilten heimischen Arten (86 Eintagsfliegen-, 111 Steinfliegen- und 302 Köcherfliegenarten) sind gemäss Roter Liste 43 %, 40 % bzw. 51 % bedroht (Abbildung 5.2) (Lubini et al. 2012). Weitere 15 % (9 Eintagsfliegen, 19 Steinfliegen und 43 Köcherfliegen)

gelten als potenziell gefährdet. Am stärksten bedroht sind die Arten der Flüsse in tieferen Lagen und teilweise auch der Kleinseen, Weiher sowie der Wiesenbäche. So beträgt beispielsweise der Verlust von Auen, ein wichtiger Lebensraum für aquatische Insekten, seit 1900 70 % und derjenige der Moore sogar 82 % (Lachat et al. 2010).

Fallbeispiel Steinfliegen

Entwicklung der Steinfliegenfauna im Schweizerischen Nationalpark

Im Schweizerischen Nationalpark (SNP) wurden in den Jahren 2011 und 2012 an 33 Standorten in verschiedenen Gewässertypen – von Quellen und Bächen bis zu grösseren Flüssen – die Steinfliegen inventarisiert (Knispel & Lubini 2015). Es konnten 34 Arten identifiziert werden. Historische Daten von Steinfliegen, die zwischen 1934 und 1964 im gleichen Gebiet gesammelt wurden, ermöglichten einen Langzeitvergleich. Die Steinfliegenfauna zeigt im SNP eine grosse Stabilität. Mit einer Ausnahme haben die Forschenden die gleichen Arten (auch endemische und seltene Arten) nach einem halben Jahrhundert wieder nachgewiesen. Im Park konnten drei neue Arten festgestellt werden, während sich eine Art offensichtlich auf höher gelegene

Standorte ausbreitet. Dies könnte mit der Klimaerwärmung zusammenhängen. Grösstenteils werden die Fließgewässermorphologie und das Fließregime im Totalreservat kaum vom Menschen beeinflusst. Zusammen mit der Vielfalt an Fließgewässertypen und Substraten scheinen sie zur Vielfalt und Stabilität der Steinfliegenfauna beizutragen.

In anderen, vom Menschen stärker beeinflussten Regionen, zeigt sich ein deutlich anderes Bild. Dort, wo Daten vorliegen, zeichnen sich starke Rückgänge bei den Steinfliegenbeständen ab. So sind sie zum Beispiel aus dem Hochrhein weitgehend verschwunden, und auch in vielen anderen Gewässern des Mittelandes ist ihre Diversität wie auch jene der Eintags- und Köcherfliegen inzwischen gering (Kaelin & Altermatt 2016).

Die Steinfliegenfauna (Plecoptera) der Schweiz verändert sich

Am Anfang der Schweizer Steinfliegenforschung stand 1842 die Beschreibung von 37 Arten des Genfers François-Jules Pictet. Rund 180 Jahre später sind 122 Arten nachgewiesen. Von 111 beurteilten Arten stehen 44 % auf der Roten Liste.

Die systematische Überwachung der Fließgewässer begann in den 1990er-Jahren mit kantonalen, 2010 mit nationalen Projekten. In Einzelfällen reichen die Untersuchungen weiter zurück: In den Gewässern des Nationalparks ist die Artenvielfalt seit rund 80 Jahren stabil geblieben. Im Mittelland dagegen zeigt sich in den letzten Jahrzehnten kein einheitlicher Trend: Je nach Einzugsgebiet waren Zunahmen, Abnahmen, in zahlreichen Fällen mehr oder weniger stabile Artenzahlen zu verzeichnen. Nutzungsintensität und Artenvielfalt sind negativ korreliert. Prekär ist die Lage der schmutzwasserintoleranten Steinfliegen deshalb im Mittelland, wo zahlreiche Fließgewässer nur wenige Arten in geringer Dichte enthalten. Mehr als die Hälfte der Proben aus kleinen Bächen des Projekts NAWA waren 2019 sogar «steinfliegenleer». Neben der ungenügenden Was-

serqualität haben im Verlauf von gut 150 Jahren Flusskorrekturen, Eindolungen, die Trockenlegung von Mooren und die Nutzung von Quellen zur Trinkwassergewinnung die Artenvielfalt reduziert. Dazu beigetragen hat auch die hydroelektrische Nutzung, vor allem im Alpenraum. Der weitere Ausbau wird diesen Trend fortsetzen. Dennoch überdauern in manchen Flüssen Restbestände standorttypischer Arten. In letzter Zeit sind auch Rückwanderungen seltener Arten beobachtet worden. Die aktuell besten Verhältnisse finden sich in kleineren Bächen mit intaktem Einzugsgebiet und guter Vernetzung. Aufgrund des Klimawandels lösen eurytherme Arten die kaltstenothenen ab und dringen dabei in höhere Lagen vor. Das häufigere Trockenfallen von Bächen im Sommerhalbjahr dürfte zu einem Rückgang der Artenvielfalt und zu einer Verinselung der Bestände führen. In Zukunft werden vermehrt ökologische Generalisten die Spezialisten verdrängen.

Beitrag von Verena Lubini, Expertin für Gewässerökologie und Makrozoobenthos

Eintagsfliegen: massiver Schwund der Biomasse

Die Situation der Eintagsfliegen im Rhein und Teilen des Schweizer Mittellands lässt sich sehr gut an einem Beispiel illustrieren – den Daten von Ferdinand Neeracher in Basel von 1905 und 1910. Neeracher beobachtete acht «grosse» Eintagsfliegen-Arten. Nur zwei Arten leben heute noch im Flösschen Wiese und sind in der Roten Liste als verletzlich (VU) bzw. vom Aussterben bedroht (CR) kategorisiert. Keine der restlichen sechs Arten wurde im Rhein wiedergefunden; zwei davon gelten schweizweit als ausgestorben (RE), zwei als vom Aussterben bedroht (CR) und zwei als stark gefährdet (EN). Eine der RE-Arten, *Oligoneuriella rhenana*, war damals sogar mit Typuslokalität «Rhein in Basel» beschrieben worden. Derzeit ist sie aus dem Schweizer Mittelland vollständig verschwunden und kommt nur noch in drei, evtl. vier voralpinen Flösschen vor. Was die Mengen der Eintagsfliegen betrifft, mag das folgende Zitat von Paul Steinmann von 1919 zur gleichen Art einen Eindruck geben: «*Oligoneuria rhenana*, die sogenannte Augstmücke oder Rheinmücke, im Volk auch Eintagsmücke oder Eintägler genannt, tritt bei uns regelmässig im Monat August in grossen Schwärmen auf und kann bisweilen geradezu ein Schneetreiben vortäuschen. Sie ist sozusagen jedem Kinde bekannt.» (Steinmann 1919)

Den Rückgang der Biomasse an Eintagsfliegen fasst auch eine Bemerkung eines älteren Fischers gut zusammen, mit dem ich 2005 zufällig bei Probenentnahmen im Rhein gesprochen habe: «Was, es gibt noch Eintagsfliegen im Rhein? Als ich noch angelte und Fische fing, waren meine Hosen derart verschmutzt durch die Schicht der Eintagsfliegen auf dem Wasser, dass ich nach Hause ging. Auf jeden Fall waren die Fische vollgestopft mit Eintagsfliegen und bissen nicht mehr an.»

Im 20. Jahrhundert haben praktisch alle grossen Eintagsfliegenarten im Mittelland einen starken Rückgang erlebt. Inzwischen konnte aber die Wasserqualität dank der Kläranlagen deutlich verbessert werden, und die Situation für die grossen Arten verschlechtert

sich heute nicht mehr weiter. Um eine Wiederbesiedlung zu ermöglichen, ist es aber nötig, die Renaturierungsanstrengungen fortzusetzen, künstliche Abflussschwankungen (Schwall-Sunk) zu begrenzen und Mikroverunreinigungen zu bekämpfen. Eintagsfliegen brauchen, wie die meisten benthischen Arten, eine gute Wasserqualität, doch ist die Lebensraumstruktur genauso wichtig.

In den letzten zwanzig Jahren haben sich viele Arten wegen der steigenden Wassertemperatur flussaufwärts bewegt. Das konkreteste Beispiel ist die Sense, die in den 1980er-Jahren vom Schwarzsee aus sowohl flussabwärts wie flussaufwärts intensiv untersucht wurde (Hefti et al. 1991). 31 Arten wurden flussabwärts vom Schwarzsee gefunden. Im Jahr 2017 wurde bei der Beprobung festgestellt, dass 9 von diesen 31 Arten flussaufwärts gewandert waren und heute die Sense oberhalb des Schwarzsees besiedeln. Zwei Arten findet man flussabwärts nicht mehr, und mehrere sind von den untersten Orten verschwunden. Im Allgemeinen sind die alpinen Gebiete im Moment noch ausreichend durch die Gletscher gespiesen, die immer noch kaltes Wasser in Hülle und Fülle bringen. In tieferen Regionen hingegen zeigt uns das Beispiel der Sense, dass Arten im Tiefland in naher Zukunft verschwinden könnten.

Auch mehrere kleinere Eintagsfliegenarten, die vor allem die kleinen und mittelgrossen Flüsse des Schweizer Mittellandes und des Juras besiedeln, breiten sich aus und dringen auch in die Fliessgewässer tieferer Lagen in den Alpen vor. Dabei handelt es sich um Arten, die in den Nachbarländern bereits weit verbreitet sind und nun tendenziell auch in der Schweiz häufiger werden.

Beitrag von André Wagner, Spezialist für Eintagsfliegen und Verfasser wissenschaftlicher Arbeiten über diese Gruppe

5.7 Einordnung der festgestellten Veränderungen

Im Vergleich zur grossen Artenvielfalt der Insekten in der Schweiz sind nur wenige Insektengruppen ausreichend untersucht, um Rückschlüsse zur langfristigen Entwicklung ihrer Bestände und Vielfalt ziehen zu können. Am besten eignen sich dafür die Angaben in den nationalen Roten Listen. Doch die bisher beurteilten Organismengruppen decken nur einen Bruchteil aller in der Schweiz vorkommenden Insektenarten ab. Eine artenreiche Ordnung, die Schnabelkerfe (Hemiptera), fehlt völlig, und für zwei andere liegen nur wenige Daten vor: für die Zweiflügler (Diptera) und die Hautflügler (Hymenoptera). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die beobachteten Veränderungen der in den Roten Listen erfassten Gruppen auf andere Insektengruppen extrapoliert werden können.

Die verfügbaren Daten erlauben in erster Linie eine Schätzung der Entwicklung der Grösse des Verbreitungsgebiets und in einigen Fällen der Bestände für die untersuchten Gruppen. Vergleichende Studien zur längerfristigen Veränderung der Biomasse der Insekten fehlen fast gänzlich – und dies nicht nur in der Schweiz (Guyot et al. 2018). Aussagen von Entomologen, die die Insektenfauna seit Jahrzehnten beobachten, weisen jedoch auf einen deutlichen Rückgang der Insektenmenge hin (Ineichen 2001). Aussagekräftige Hinweise auf die Entwicklung der Insektenbestände geben die Roten Listen (Gonseth 2017). Von den insgesamt 2259 Insektenarten, die in diesen Listen bewertet werden, gelten 125 Arten als in der Schweiz ausgestorben und weitere 165 Arten sind vom Aussterben bedroht (Stand August 2021). Die verschwundenen Arten waren vor allem an grosse Fliessgewässer und ihre Ufer gebunden. Jene am Rand des Aussterbens hingegen besiedeln ganz unterschiedliche Habitate wie Quellen und kleine Fliessgewässer, Seeufer, periodisch überschwemmte Flachmoore, Hochmoore, Magerwiesen oder alt- und totholzreiche sowie lichte Wälder. Generell zeigen die Ergebnisse einen massiven Rückgang der Insektenvielfalt im Vergleich zur Situation zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Der Grund liegt insbesondere im markanten Rückgang geeigneter Lebensräume (siehe Kapitel 6).

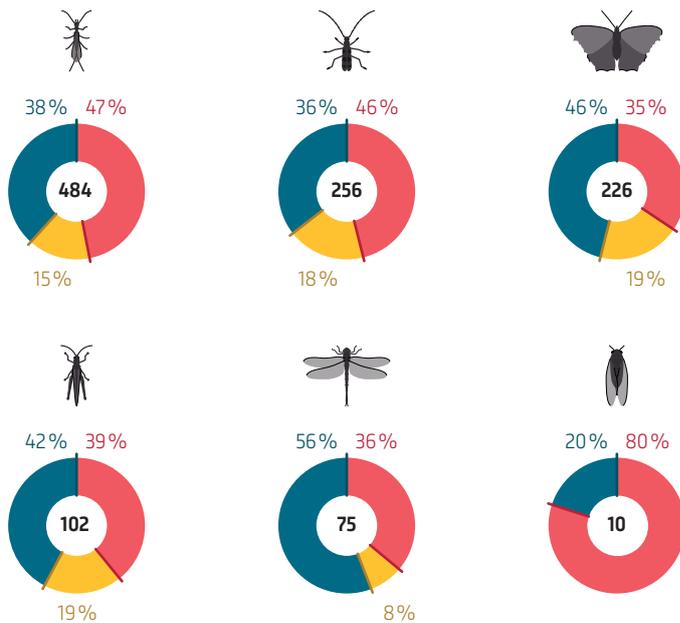
Daten zum Zustand und zur Entwicklung von Vielfalt und Beständen von Insekten in der Schweiz zeigen unterschiedliche, teilweise widersprüchliche Tendenzen bei den verschiedenen Artengruppen auf (Tabelle A.1, Anhang). Ein Grund dafür sind die betrachteten Zeitschnitte. Die Zeitreihen der Monitoringprogramme sind relativ kurz: BDM (Biodiversitätsmonitoring Schweiz) und NAWA (Nationale Beobachtung Oberflächengewässerqualität) geben lediglich einen Einblick über die Populationsentwicklungen der untersuchten Insektengruppen in den letzten 10 bis 18 Jahren. Einige der durch den Menschen herbeigeführten massiven Umweltveränderungen mit grossen negativen Auswirkungen auf die Biodiversität begannen aber bereits Mitte des 19. Jahrhunderts, wie etwa die grossen Flusskorrekturen und die grossflächige Drainage von Feuchtgebieten (Lachat et al. 2010). Untersuchungen, die erst nach diesen tiefgreifenden Veränderungen angefangen haben, basierten daher auf einer bereits stark reduzierten Vielfalt (siehe auch Abbildungen 2.1 und 2.2). Für eine fundierte Einschätzung der Entwicklung und des Zustandes der Insektenbestände ist es deshalb unabdingbar, die Informationen zu lang- und mittelfristigen Bestandstrends zu kombinieren.

Selbst wenn die Artenzahlen in einem bestimmten Untersuchungsgebiet mehr oder weniger konstant bleiben, kann sich die Zusammensetzung der Artengemeinschaften gleichzeitig stark verändern. Meist zeigt sich, dass die Häufigkeit von Generalisten unter den Insektenarten eher zunimmt, während jene der Spezialisten sinkt. Diese Tendenz wird auch bei Pflanzen (Bornand et al. 2016) und bei Vögeln (Keller et al. 2010; Knaus et al. 2018) beobachtet. Damit werden die Artengemeinschaften über grosse Landstriche hinweg immer ähnlicher (Homogenisierung), was die Anfälligkeit der verschiedenen Gemeinschaften für grössere Umweltveränderungen erhöht (Turrini & Knop 2015; Knop 2016). Diese Tendenz hat sich zuerst im Mittelland manifestiert und zeigt sich inzwischen zunehmend auch im Jura, in den Voralpen und den Alpen.

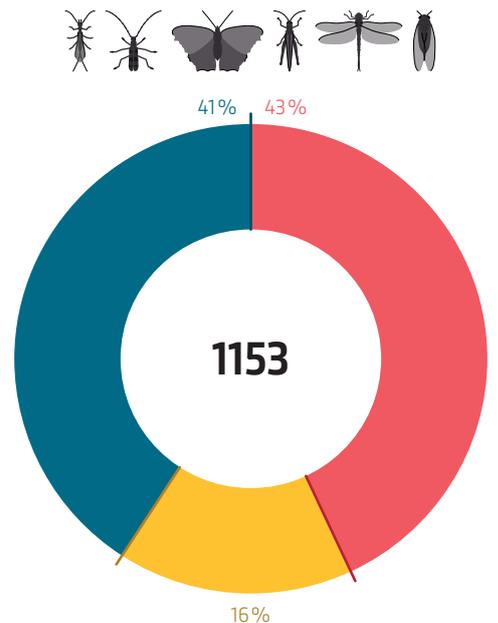
Abbildung 5.2 Viele Insekten in der Schweiz sind bedroht und stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Arten

In der Schweiz liegen aktuell zu sechs Insektengruppen Rote Listen vor. Von den insgesamt 1153 bewerteten Insektenarten sind 43% gefährdet und 16% sind potenziell gefährdet. Insgesamt gelten 38 Arten als in der Schweiz ausgestorben (RE) und weitere 107 Arten sind vom Aussterben bedroht (CR).

Anteil gefährdeter, potenziell gefährdeter und nicht gefährdeter Arten pro Insektengruppe



Anteil gefährdeter, potenziell gefährdeter und nicht gefährdeter Arten über alle untersuchten Insektengruppen



Legende



Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen (2012)

Tagfalter, Widderchen (2014)

Libellen (Neuaufgabe, Veröffentlichung geplant)

Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer, Schröter (2016)

Heuschrecken (2007)

Singzikaden (Veröffentlichung geplant)



Die Zweiflügler (Diptera) stellen eine der artenreichsten Insektengruppe dar und sind dementsprechend vielfältig in Gestalt und Lebensweise. Die hier abgebildete ca. ein Zentimeter grosse Wanzenfliege (*Phasia hemiptera*) zeigt die klassische Form einer Fliege. Die erwachsenen Tiere ernähren sich ausschliesslich von Blütenpollen, die Eier werden jedoch an lebende Baumwanzen abgelegt und die daraus schlüpfenden Fliegenmade bohrt sich dann in die Wanze hinein. Als sogenannter Parasitoid frisst die Made ihren Wirt von innen auf und führt somit schlussendlich zu dessen Tod.

6 Ursachen der Veränderungen

Insekten sind auf eine vielfältige Landschaft mit unterschiedlichsten Strukturen und naturnahen Lebensräumen angewiesen. Veränderungen in der Landnutzung (z.B. durch Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion oder Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung) führen zu massivem Verlust sowie zur Verkleinerung und Zerschneidung von natürlichen Lebensräumen. Gleichzeitig werden auch die für Insekten wichtigen Lebensraumstrukturen reduziert. Lebensraumübergreifende Ursachen (z.B. ausgebrachte Pestizide, erhöhte Stickstoff- und Phosphoreinträge, insektenfeindliche Bewirtschaftungsformen oder der Klimawandel) führen zu einer Verschlechterung der Qualität der verbleibenden Lebensräume. Hinter den sich direkt auf Insekten auswirkenden Einflussfaktoren (siehe auch Tabelle 6.1) stehen oft übergeordnete Ursachen (z.B. der hohe Konsum der Gesellschaft und die damit verbundene nicht-nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen). Zu diesen übergeordneten Ursachen bzw. indirekten Treibern zählen auch kulturelle, gesetzliche und institutionelle Rahmenbedingungen, die mitbestimmen, welche Wertvorstellungen gelten, wie Entscheidungen gefällt werden und wie sich einzelne Personen oder die Gesellschaft als Ganzes verhalten (siehe Abbildung 6.1).

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht der wichtigsten Einflussfaktoren und dahinter stehende Treiber, welche Ökosysteme und damit Insektenbestände verändern (IPBES 2019). Aktuelle Instrumente und Massnahmen, die zur Erhaltung und Förderung ergriffen wurden, werden in Kapitel 8 vorgestellt.

6.1 Nutzungsveränderungen in verschiedenen Lebensräumen

In Westeuropa wurde im Lauf der Jahrhunderte durch die grossen Waldrodungen ein wesentlicher Teil der Fläche für die landwirtschaftliche Nutzung gewonnen (Poschlod 2015). Das vielerorts entstandene Mosaik aus Wald, Grünland und Ackerbauflächen erhöhte bis Anfang des 20. Jahrhunderts fast überall die Artenvielfalt (Sauberer et al. 2008). Die traditionelle Landnutzung erweiterte das Angebot an halbnatürlichen und naturnahen Lebensräumen für viele spezialisierte Pflanzen- und Tierarten offener Landschaften. Mit dem Aufkommen der intensiven Landwirtschaft und dem starken Bevölkerungswachstum, das die unmittelbare Nachkriegszeit kennzeichnete, kam es zu einer Wende: Die Landnutzung veränderte sich tiefgreifend. Dies führte zu massiven Lebensraumverlusten und -beeinträchtigungen für den Grossteil der Insektenarten (Foley et al. 2005).

Box 6.1 Bedeutung von Kleinstrukturen für Insekten

Kleinstrukturen sind essenziell für das Vorkommen vieler Insektenarten (Guntern et al. 2020). Stehendes und liegendes Totholz wie Ast- und Holzhaufen, Holzbeigen, Wurzelstöcke, Baumstämme sowie Zäune aus unbehandeltem Holz sind wichtige Lebensräume für Totholzinsekten, wie zum Beispiel bestimmte Wildbienenarten, die in den von Käferlarven gebohlenen Gängen Brutzellen anlegen (Zurbuchen & Müller 2012). Einige Insektenarten finden in Grünstreifen, die nur alle zwei oder drei Jahre gemäht werden, Unterschlupf und können dort ihren gesamten Lebenszyklus vollenden. Brenneselfluren sind bedeutend für viele Insektenarten. Die Raupen von rund 50 Schmetterlingsarten ernähren sich von dieser Pflanze. Weiher und Tümpel beherbergen nicht nur zahlreiche Wasserinsektenarten sondern sind auch eine Wasserquelle für Landinsekten. Offene Bodenstellen sind Nistorte für viele Insektenarten (Zurbuchen & Müller 2012). Sie sind für einen grossen Teil der einheimischen Stechimmenarten, Wildbienen sowie solitären und sozialen Wespen, unerlässlich. Die Qualität der offenen Bodenstellen spielt für Insekten eine bedeutende Rolle. Besonders geeignet sind Flächen mit guter Sonneneinstrahlung oder Halbschatten, niedrigem Nährstoffgehalt und lückiger einheimischer Vegetation.

6.1.1 Landwirtschaftsgebiet

Lebensraumverluste

Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion hat in Mitteleuropa das Landschaftsbild insbesondere ab etwa 1950 radikal verändert (Baur et al. 2004; Poschlod 2015). Mit so genannten Güterzusammenlegungen wurden die durch jahrhundertelange Erbteilung zersplitterten, kleinen Parzellen zu ausgedehnten Einheiten vereint und maschinengerecht umgestaltet. Waldränder wurden begradigt, Bäche eingedolt und Kleinstrukturen beseitigt (Ewald & Klaus 2010; Poschlod 2015; Guntern et al. 2020) (siehe Box 6.1 zur Bedeutung von Strukturen für Insekten). Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in Gunstlagen, aber auch die Aufgabe der Bewirtschaftung wenig produktiver Flächen in den Berggebieten führten dazu, dass die Vielfalt an Lebensräumen und der von ihnen anhängigen Arten, einschliesslich der Insekten, stark zurückgegangen ist (Walter et al. 2010). Naturnahe Landschaftselemente, welche die maschinelle Bewirtschaftung erschwerten, wurden und werden auch heute noch entfernt, so zum Beispiel Einzelbäume, Sträu-

Abbildung 6.1 Ursachen für die Gefährdung der Insektenvielfalt in der Schweiz

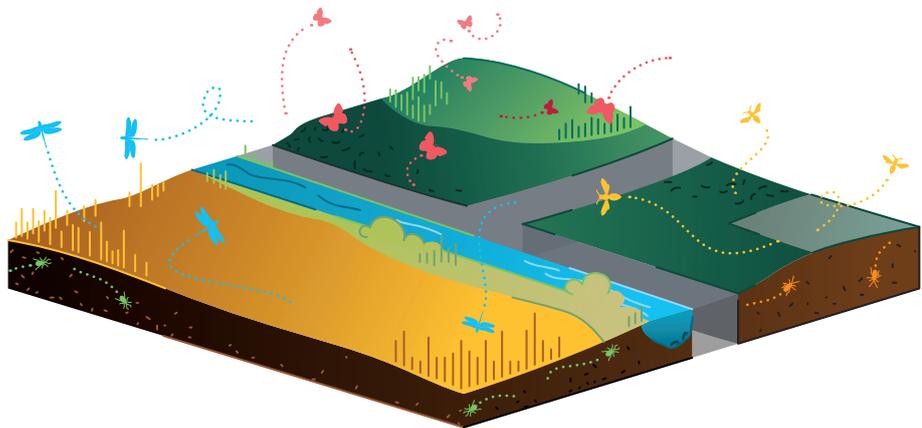
Vielfältige und strukturreiche Ausgangslandschaft

Grosse Insektenvielfalt und -häufigkeit



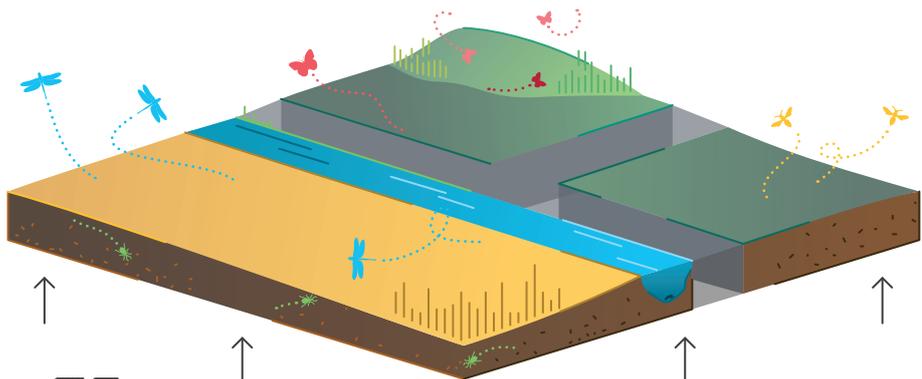
Landnutzungsänderung führt zu Verlust, Verkleinerung und Zerschneidung von Lebensräumen

Abnahme der Insektenvielfalt und -häufigkeit



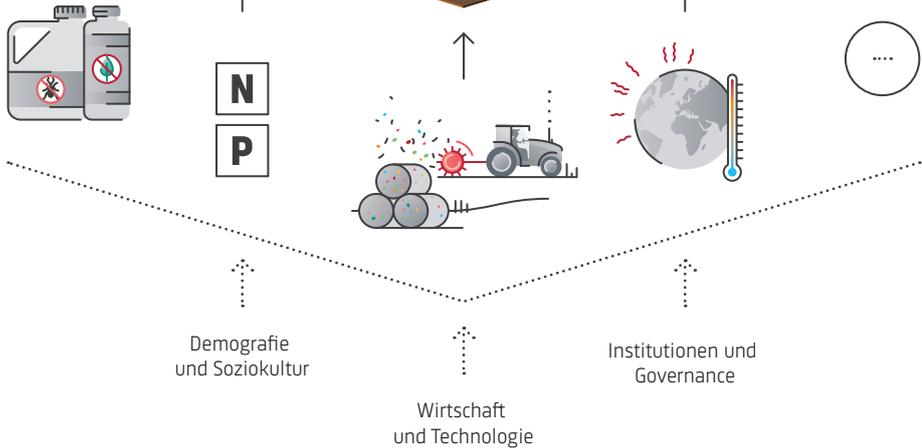
Lebensraumübergreifende Einflussfaktoren führen zu einer Abnahme der Qualität verbleibender Lebensräume

Druck auf die Insektenvielfalt und -häufigkeit wird zusätzlich verstärkt



Übergeordnete Ursachen

Werte und Verhalten



cher, Steinhaufen, Gräben, Feuchtstellen und Tümpel (Poschlod 2015; Guntern et al. 2020).

Düngemittel

Viele Lebensräume des Kulturlands verändern sich durch Düngereintrag aus Sicht der Biodiversität negativ (Guntern et al. 2020). Eine europaweite Untersuchung von 130 Grasländern und 141 Äckern ergab zum Beispiel, dass die Pflanzenvielfalt exponentiell mit zunehmendem Stickstoffeintrag abnimmt (Kleijn et al. 2009). Die Insektenvielfalt korreliert stark mit der Diversität der Pflanzen (Schuldt et al. 2019) und reagiert somit auf den Verlust der Pflanzenvielfalt. Durch den weit verbreiteten Einsatz von Kunstdünger, die hohen Güllemengen sowie die dadurch ermöglichte intensivere Grünlandnutzung gingen unter anderem auch die einst grossflächig verbreiteten, traditionell bewirtschafteten und artenreichen Fromentalwiesen dramatisch zurück (Bosshard 2015). Diese wurden meist zweimal jährlich gemäht und oft vor- oder nachbeweidet. Ab den 1950er-Jahren wurden sie fast vollständig in Intensivwiesland und in kleinerem Umfang in Ackerland umgewandelt oder überbaut. Heute gibt es im Mittelland nur noch Reliktbestände, die höchstens noch 2 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen (Bosshard 2015). Damit ist vielen Insekten auf grosser Fläche die Futterbasis weggebrochen.

Pestizide

Pestizide werden in der Landwirtschaft grossflächig als Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Sie zielen darauf ab Ernte- und Qualitätsverluste zu vermindern, indem unter anderem pflanzenschädigende Insekten (Insektizide), konkurrierende Pflanzen (Herbizide) und Pilzinfektionen (Fungizide) bekämpft werden (Dudley & Alexander 2017). Die Wirkstoffe sind aber oft unspezifisch und töten oder beeinträchtigen auch Nicht-Zielorganismen. Während Insektizide die Insekten meistens unmittelbar schädigen, reduzieren Herbizide vor allem das Angebot an Wirtspflanzen, auf welche Insekten angewiesen sind (Marshall et al. 2003). Der Lebensraum der Insekten wird damit derart verändert, dass es zu einer Gefährdung der Insektenpopulationen kommen kann (Theiling & Croft 1988; Brittain et al. 2010; Geiger et al. 2010; Henry et al. 2012).

Es sind auch Fälle von direkten Beeinträchtigungen von Insekten durch Herbizidprodukte bekannt (vgl. u. a. Straw et al. 2021). Auch niedrige, nicht akut toxische Konzentrationen oder die kombinierte Wirkung von unterschiedlichen Wirkstoffen können negative Auswirkungen auf Gesundheit, Physiologie, Verhalten, Fortpflanzung, Entwicklung von Insekten haben (Hayes & Hansen 2017). Pestizide führen nicht nur in behandelten Kulturen, sondern in Folge ihrer Verfrachtung (Abdrift, Transport mit Wasser, etc.) auch in der Nähe oder sogar in einiger Entfernung davon zu einer Beeinträchtigung von Nicht-Zielorganismen (Egan et al. 2014; Doppler et al. 2017; Spycher

et al. 2018), insbesondere in Gewässern oder an Waldrändern. Der Einsatz von Pestiziden gilt deshalb derzeit als eine der Hauptursachen für den Rückgang von Insekten (Geiger et al. 2010; Brühl & Zaller 2019; Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019). Pestizideinsatz kann zudem die Wirkung anderer Faktoren verstärken (z.B. Zerstörung oder Abnahme der Qualität ihrer Lebensräume, Emission anderer Schadstoffe) (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019).

In den letzten Jahren standen vor allem Insektizide aus der Stoffklasse der Neonikotinoide (Mitchell et al. 2017) und Fipronil im Fokus (Pisa et al. 2015, 2017; Simon-Delso et al. 2015; Wood & Goulson 2017). Der Rückgang von Schmetterlingen in Grossbritannien und von Insekten und insektenfressenden Vögel in den Niederlanden wurde direkt mit dem Einsatz von Neonikotinoiden in Verbindung gebracht (Hallmann et al. 2014; Gilburn et al. 2015). Die Rückgänge von Insekten begannen jedoch vielerorts schon vor der Einführung von Neonikotinoiden (z.B. bei Tag- und Nachtfaltern in Grossbritannien; Pollard & Yates 1993; Conrad et al. 2004) und traten auch in Gebieten mit geringem Pestizideinsatz auf.

Insekten können auch durch Biozide und andere Tierarzneimittel, welche gegen Parasiten bei Nutztieren eingesetzt werden und durch direkte Emissionen oder die Ausbringung von Dung oder Hofdünger in die Umwelt gelangen, beeinträchtigt werden (Lumaret et al. 1993; Verdù et al. 2018; Schoof & Luick 2019; Tonelli et al. 2020). Gewisse Wirkstoffe bleiben noch Wochen nach der Verabreichung im Kot aktiv und wirken sich zum Beispiel negativ auf Insektenarten aus, welche am Abbau von organischem Material wie Kot beteiligt sind (etwas Mistkäfer und -fliegen).

Mechanisierung

Im Grünland führt der Einsatz von modernen Mähgeräten und anderen Maschinen für die Futterernte dazu, dass eine grosse Anzahl von Insekten getötet wird (Humbert et al. 2009). Insbesondere der Einsatz von Aufbereitern führt zu hohen Sterberaten. Zudem ermöglichen die effizienten Maschinen die grossflächige Mahd in kurzer Zeit, sodass keine Rückzugsflächen für Insekten verbleiben.

Problematisch ist auch der Einsatz von Steinfräsen und weiteren Geräten wie Bodenfräsen, Kreiseleggen, Scheibeneggen, Weidenmulcher, die zunehmend auch in den Alpen und im Jura Kleinstrukturen zerstören (Apolloni et al. 2017), welche wichtige Lebensräume für zahlreiche Insektenarten bilden. Auf den ausgeebneten Flächen wird anschliessend vielfach eine Kunstwiese eingesät, die Insekten keine Nahrung bieten. Teilweise ist der Einsatz solcher Geräte zwar verboten, doch werden Ausnahmegenehmigungen zahlreich vergeben.

Bewässerung

Grossflächige und gleichmässige Bewässerungen von Trockenwiesen und -weiden – insbesondere durch Sprinkleranlagen – führen in Kombination mit der damit einhergehenden anderweitig veränderten Bewirtschaftung dazu, dass sich die Vegetationsstruktur und -zusammensetzung massiv verändert, Wiesen häufiger genutzt werden und teilweise neue Erntetechniken wie Silagen eingeführt werden können (Jeangros & Bertola 2001; Riedener et al. 2013; Graf et al. 2014). Bei unsorgfältiger Anlage oder Bewässerungspraxis werden auch umliegende Strukturen (Steinriegel, Mauern, Hecken) und Naturschutzflächen (Trockenwiesen und Felsensteppen) dadurch beeinträchtigt. Beregnungen von Trockenwiesen und -weiden können Lebensräume von Insekten deshalb massiv abwerten; die traditionelle Rieselbewässerung hingegen kann die Artenvielfalt von Trockenwiesen und -weiden eher erhöhen (Volkart 2008).

Schafbeweidung über der natürlichen Waldgrenze

Die Beweidung durch Schafe über der natürlichen Waldgrenze wirkt sich im gegenwärtigen Ausmass ökologisch stark negativ auf die Biodiversität aus. Die intensiv beweideten Flächen sind botanisch teilweise massiv degradiert, mit entsprechenden Konsequenzen für die alpine Insektenfauna (Hans-Peter Wymann, persönliche Mitteilung).

6.1.2 Wald

Der Wald hat in den vergangenen 150 bis 200 Jahren grosse qualitative und quantitative Veränderungen erfahren (Scheidegger et al. 2010). Einige Insekten haben davon profitiert (z.B. bestimmte Totholz bewohnende Arten), andere nicht (z.B. Arten von lichten Wäldern). Neben der Produktion von Bau- und Brennholz wurden die Wälder früher als Weide, für die Futterproduktion, Streusammlung und Wirkstoffgewinnung wie Gerberrinde und Harz genutzt (Stuber & Bürgi 2011). Die Vielfalt der Waldnutzungen führten zu heterogenen und lichten Wäldern. Durch die intensive Nutzung waren unsere Wälder allerdings bis Mitte des 20. Jahrhunderts fast frei von Alt- und Totholz. Selbst dürre Bäume und Äste wurden verwendet. Als die Holznachfrage geringer wurde, räumte man herumliegendes Holz oft aus purem Ordnungssinn weg (Lachat et al. 2019). Die Aufgabe der traditionellen Nutzungen und der Übergang zu Hochwäldern führten zu einer Homogenisierung und Verdunkelung der Wälder.

Die Veränderung der Insektenvielfalt in Wäldern ist bislang weniger gut untersucht als in offenen Lebensräumen (Scherber et al. 2019; Seibold et al. 2019; Knoblauch et al. 2020). Untersuchungen aus Deutschland deuten darauf hin, dass der Insektenschwund in Wäldern zwar langsamer stattfindet als im offenen Grasland (Seibold et al. 2019), aber trotzdem deutlich messbar ist. Knoblauch et al. (2020) gehen davon aus, dass die Situation in Schwei-

zer Wäldern besser ist. Als Grund für diese Annahme nennen sie die lange Tradition des naturnahen Waldbaus, welcher insgesamt zum Erhalt einer höheren Diversität führt. Ein weiterer Unterschied zu Deutschland ist in einem allgemeinen Verbot für Dünger und Pestizide (mit Ausnahme zur Behandlung von geschlagenem Holz auf Lagerplätzen, wozu eine kantonale Bewilligung nötig ist) im Schweizer Wald zu finden.

Alt- und Totholz

Die Holzvorräte und Totholz mengen haben in den letzten Jahrzehnten wieder zugenommen, unter anderem dank dem naturnahen Waldbau. Dennoch fehlen alte, urwaldähnliche Bestände, welche wertvolle Lebensräume für viele Waldinsekten bieten. Gerade Totholz – in genügend grosser Menge und Vielfalt – spielt eine wichtige Rolle für das Überleben vieler untersuchten xylobionter Insektenarten (Lachat et al. 2019). Trotz einer seit den 1980er-Jahren dokumentierten Zunahme des Totholzes in der Schweiz (Brändli et al. 2020) gelten 46 % der untersuchten xylobionten Käferarten aus vier Familien als bedroht (Monnerat et al. 2016). Vor allem anspruchsvolle Arten, welche grössere Totholz mengen mit grossem Durchmesser brauchen, sind stark gefährdet.

Es gibt Hinweise darauf, dass die Biomasse von xylobionten Insekten in der Schweiz zunimmt. Die Zunahme von Alt- und Totholz spielt auch für Spechte eine wichtige Rolle, da viele Spechtarten ihre Nahrung (Insektenlarven) bevorzugt im Totholz finden. So zeigen sechs von acht Spechtarten, welche in der Schweiz regelmässig brüten, in den letzten Jahren einen positiven Populationstrend. Weitere Faktoren wie der Klimawandel dürften diesen Trend ebenfalls begünstigen (Mollet et al. 2009; Lachat et al. 2019).

Verdunkelung

Die aktuell dominierenden Hochwälder mit hohen Holzvorräten sind im Vergleich zu den traditionellen Bewirtschaftungsformen der Vergangenheit als Lebensraum zu dunkel für licht- und wärmeliebende Insekten. Zudem wirkt sich auf diese Arten das Wegfallen der lichten Pionierphasen und der lichten, offenen Zerfallsphasen in Zusammenhang mit der intensiven Bewirtschaftung des Offenlandes seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts negativ aus (Imesch et al. 2015). Beispielsweise führte die Aufgabe der Niederwaldbewirtschaftung und der damit verbundenen Verdunkelung in den Thurauen zu einer deutlichen Abnahme der Vielfalt der Tagfalterarten (um mehr als 35 %) sowie eine Abnahme von deren Häufigkeit um ca. 90 % (Schiess & Schiess-Bühler 1997).

6.1.3 Gewässer

Fliess- und Stillgewässer mit ihren Uferbereichen gehören zu den artenreichsten Lebensräumen der Schweiz.

Sie bedecken zwar nur etwa 2 bis 3 % der Landesfläche, beherbergen aber zusammen mit den angrenzenden Übergangszonen zum Land (z. B. Auen) über 80 % aller Arten in der Schweiz, darunter auch einen Grossteil der Insekten (Altermatt 2020).

Lebensraumverluste

Ab 1850 begann der Mensch, das dichte, fein verästelte Netz aus Bächen und Flüssen zur Landgewinnung und für den Hochwasserschutz systematisch auszudünnen. Die meisten Flussabschnitte wurden zu Abflussrinnen umgewandelt, die durch Verbauungen vom Land abgekoppelt sind; viele Bäche wurden eingedolt (Altermatt 2020). Zudem wurden die Flüsse durch die Nutzung der Wasserkraft in eine Abfolge von Stauseen umgewandelt und viele Gebirgsbäche zum Austrocknen gebracht. Der Schwall- und Sunkbetrieb der Kraftwerke verursacht künstliche Hochwasser, welche sich negativ auf die Gewässerökologie auswirken.

Wasserqualität

Im Rahmen der Nationalen Beobachtung Oberflächenwasserqualität (NAWA) werden seit 2018 auch kleine Fließgewässer untersucht. Die Auswertung aller bisher erhobenen Daten zum Makrozoobenthos – wirbellose Wassertiere, die am Grund der Gewässer leben und von Auge sichtbar sind – zeigt, dass mehr als die Hälfte der Fließgewässer biologisch in einem ungenügenden Zustand sind und somit die Anforderungen der Gewässerschutzverordnung nicht erfüllen (BAFU 2020). Dies hat auch einen negativen Einfluss auf die darin lebenden Insekten (Burdon et al. 2019).

Durch den Ausbau der Abwasserreinigungsanlagen konnte die Gewässerqualität in der Schweiz seit den 1990er-Jahren allerdings deutlich verbessert werden und sich bezüglich Phosphorgehalt wieder einem natürlichen Niveau angleichen, was auch den aquatischen Insekten zugute kam (van Klink et al. 2020a). Die Auswirkungen der Eutrophierung der Seen – zum Beispiel Sauerstoffmangel im Tiefenwasser vieler Seen – sind aber nach wie vor nicht behoben und teilweise irreversibel (Vonlanthen et al. 2012; Kiefer et al. 2020). Auch der Nitratgehalt von Oberflächengewässer überschreitet an 15 bis 20 % aller Messstellen die Grenzwerte, dies vor allem in kleinen Bächen mit einem hohen Abwasseranteil oder mit einem hohen Anteil an Landwirtschaft im Einzugsgebiet (Guntern et al. 2020).

Weiterhin stark belastet sind die Gewässer jedoch durch Mikroverunreinigungen. Diese stammen vor allem aus der Landwirtschaft (Pflanzenschutzmittel, Antibiotika; Doppler 2017; Spycher 2019) und dem Siedlungsraum (Pflanzenschutzmittel, Biozide, Antibiotika, Spurenstoffen aus Alltagsprodukten wie Medikamenten, Reinigungsmitteln und Körperpflegeprodukten). Mikroverunreinigungen

können eine grosse Belastung für Fließgewässer darstellen (Doppler et al. 2020; Guntern et al. 2021), insbesondere in Gewässern mit landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten (v. a. Ackerbau, Dauerkulturen) oder mit einem hohen Anteil an Wasser aus den Abwasserreinigungsanlagen. Verschiedene Wirkstoffe können bereits in geringen Konzentrationen Wasserlebewesen schädigen (Rösch et al. 2019; Doppler et al. 2020).

6.1.4 Siedlungsraum

Seit den 1930er-Jahren haben die Siedlungsflächen und die Zersiedelung der Landschaft deutlich zugenommen (Jaeger & Schwick 2014). Zwischen 1985 und 2009 hat sich die Siedlungsfläche in der Schweiz um 0,8 m² pro Sekunde bzw. um 585 km² oder 24 % ausgedehnt (Arealstatistik Schweiz, Erhebungen 1979/1985, 1992/1997, 2004/2009). Wichtige Gründe für den starken Siedlungszuwachs sind die wachsende Bevölkerung, die erhöhte individuelle Mobilität, für welche immer mehr Strassen gebaut werden, und das durch den steigenden Wohlstand erhöhte Bedürfnis nach mehr Wohnraum bzw. Siedlungsfläche. Es muss aber betont werden, dass die Urbanisierung im Vergleich zum Bevölkerungswachstum überproportional stark zugenommen hat (1935–2002: Bevölkerungszuwachs 17 %, Zuwachs des urbanen Raumes 155 %; vgl. Jaeger & Schwick 2014).

Die Versiegelung von Flächen führt – sowohl in Folge der Siedlungsflächenzunahme als auch durch die Verdichtung der Bebauung auf bestehenden Siedlungsflächen – zu einem anhaltenden Habitatverlust. So finden viele Bienen und Grabwespen keine geeigneten natürlichen Böden für ihre Nester mehr. In Gärten und Grünflächen fehlt es oft an einheimische Pflanzen, die als Nahrungsquelle für Insekten dienen können. Ausserdem werden sie zunehmend mit Geräten gepflegt, welche für Insekten schädlich sind (z. B. Laubbläser oder Motorsense). Der Trend zu Schottergärten in den letzten Jahren verschärft diese Situation noch. Zudem werden auch in Privat- und Schrebergärten Pestizide und insektenfeindliche Geräte wie Laubbläser oder Fadenmäher eingesetzt.

Dennoch können städtische Umgebungen eine Vielzahl von Insektenarten beherbergen. Aufgrund der besonderen Umweltbedingungen weisen diese Arten jedoch sehr ähnliche ökologische Eigenschaften und Ansprüche auf: Es handelt sich meistens um Generalisten, welche sehr mobil und ziemlich tolerant gegenüber hohen Temperaturen sind. Aber auch besonders strukturreiche Grünflächen, Ruderalflächen und Parkanlagen mit alten Höhlenbäumen können wertvolle Lebensräume für bestimmte seltene und gefährdete Arten darstellen (Ives et al. 2015; Hall et al. 2017).



Im Gegensatz zu den Kleinlibellen können die Grosslibellen ihre Flügel in der Ruhestellung nicht über dem Körper zusammenlegen. Die hier ruhende **Gebänderte Heidelibelle** (*Sympetrum pedemontanum*) kommt in der Schweiz heute vor allem noch an Alpenrandseen und entlang von Flussläufen vor. In vielen Regionen ist die Art aber bereits aufgrund von Lebensraumverlust und Beeinträchtigung der Qualität ihrer verbliebenen Lebensräume verschwunden.

Für bestimmte Insektenarten ist der Siedlungsraum ein Ersatzstandort für verlorene Lebensräume, die in der ausgeräumten und intensiv gepflegten Landschaft mittlerweile nicht mehr vorhanden sind. So verbessern begrünte Flachdächer, Ruderalstandorte entlang von Verkehrswegen oder naturnahe Gärten nicht nur die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung, sondern bieten auch interessante Lebensräume und Trittsteinhabitats für Insekten (Braaker et al. 2014).

6.1.5 Naturnahe Lebensräume

Viele natürliche oder naturnahe Lebensräume, die für die Schweiz typisch und charakteristisch sind, haben in den vergangenen Jahrhunderten grosse Verluste erlitten (Lachat et al. 2010). Damit schrumpften auch die Bestände der Arten, die auf diese Lebensräume angewiesen sind; viele sind heute gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Um die Lebensräume bedrohter Tiere und Pflanzen zu schützen, wurden für fünf Lebensraumtypen nationale Biotopinventare erstellt: Hoch- und Übergangsmoore, Flachmoore, Auengebiete, Amphibienlaichgebiete sowie Trockenwiesen und -weiden. Damit sind die bedeutendsten Restflächen dieser Lebensräume als Biotope von nationaler Bedeutung geschützt, welche rund 2,2 % der Landesfläche ausmachen. Sie bilden die Kerngebiete der geplanten Ökologischen Infrastruktur – einem landesweiten Netzwerk aus ökologisch wertvollen Lebensräumen. Die ökologische Qualität der nationalen Biotope nimmt vielerorts ab, wie die Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz festgestellt hat (Bergamini et al. 2019).

Viele der wertvollen und heute geschützten Gebiete können ihren lebensraumtypischen Charakter nur durch geeignete Pflegemassnahmen (Management von Schutzgebieten) behalten. Oft sind diese Massnahmen auf bestimmte Zielorganismen zugeschnitten, zum Beispiel zur Förderung von Orchideen, Reptilien oder bestimmter Brutvögel, selten aber zur Unterstützung bzw. Förderung von Insekten. Zudem wurde die extensive Beweidung zur Offenhaltung von Habitats in den letzten Jahrzehnten vermehrt durch Mahd abgelöst. Oft entspricht diese nicht mehr dem ursprünglichen Nutzungsregime und wird grossflächig zum gleichen Zeitpunkt durchgeführt. Damit fehlen vielen Insekten für ihr Überleben notwendige Rückzugsgebiete (Balmer 1999; Balmer & Erhardt 2000).

Gerade die – oft auch in Schutzgebieten – unsachgemäss durchgeführte Mahd hat einen massiven Einfluss auf viele Insektenarten. Neben der direkten Tötung durch Mähmaschinen (Frick & Fluri 2001; Humbert et al. 2010) wird durch die Mahd vielen Insekten, die sich von Pflanzen oder Nektar ernähren (z. B. Heuschrecken, Schmetterlinge, Zikaden) mit einem Schlag die Nahrungsgrundlage genommen. Vielen dieser Arten fehlen sodann die Wirtspflanzen zur Eiablage oder die darauf lebenden Jungtiere

werden dezimiert und so ihre Populationen über die Jahre hinweg kontinuierlich geschwächt (Di Giulio et al. 2001; Nickel et al. 2016).

Langfristig kann sich auch die Unterlassung von Nutzung und Pflege negativ auf die Insektenfauna auswirken, indem es zu einer natürlich fortschreitenden Sukzession kommt, welche zu einer allmählichen Veränderung der Lebensgemeinschaften und einem Rückgang ihrer Artenvielfalt führt. Viele Flächen verlieren so ihren ökologischen Wert für Insektenarten, die lückige Vegetation und offene Bodenstellen zum Überleben brauchen. Besonders gut sind diese negativen Auswirkungen für Schmetterlinge untersucht (Baur et al. 2006; Nilsson et al. 2008; Stefanescu et al. 2009).

6.2 Lebensraumübergreifende Einflussfaktoren

Zu den Einflussfaktoren, die Insekten in bestimmten Lebensräumen betreffen, kommen weitere, lebensraumübergreifende Faktoren hinzu. Sie können in Kombination mit den bereits erwähnten Faktoren den Druck auf die Insektenbestände teilweise noch verstärken.

6.2.1 Fragmentierung der Lebensräume

Die Fragmentierung naturnaher Lebensräume hat zur Folge, dass die Verbindung von Lebensräumen und damit die Bewegungsmöglichkeiten von Insekten eingeschränkt werden. Dies hat zur Folge, dass der Austausch von Individuen geschwächt wird (Baur et al. 2005; Fischer & Lindenmayer 2007; Fletcher et al. 2018) und somit auch der genetische Austausch innerhalb oder zwischen den betroffenen Populationen (Metapopulationsdynamik; Hanski 1999; Eichel & Fartmann 2008; Stuhldreher & Fartmann 2014). Zudem wird die Neubesiedlung von Flächen erschwert (Knop et al. 2011).

Die Fragmentierung der Landschaft kann langfristig zu einer genetischen Verarmung von Populationen führen (Schoville et al. 2013; Rochat et al. 2017). Dadurch nimmt das Potenzial der Insektenarten ab, sich an Umweltveränderungen anzupassen (Poniatowski & Fartmann 2010; Poniatowski et al. 2018). So haben beispielsweise die genetische Verarmung zusammen mit der zufälligen und unangepassten Verschiebung von Allel-Häufigkeiten oder der Fixierung von schädlichen Genen an bestimmten Stellen im Erbgut zum Rückgang der Schmetterlingsart Berghexe (*Chazara briseis*) in Nordböhmen beigetragen (Kadlec et al. 2010). Auch spezialisierte sesshafte Arten hängen von der genetischen Durchmischung ab. Wenn der Austausch von Individuen zwischen den Populationen zu gering ist, können auch diese Arten zurückgehen oder sogar lokal verschwinden (Thomas 2016). Selbst mässig spezialisierte Arten, die in der Vergangenheit weit



Die **Europäische Gottesanbeterin** (*Mantis religiosa*) gehört zu den wärmeliebenden Insekten und kommt in der Schweiz v. a. im Süden vor (Region Genf, Wallis, Tessin). Auf der Alpennordseite findet man nur lokale Populationen an klimatisch günstigen Stellen, besonders in der Nordwestschweiz und im Bieler Seeland. Die Gottesanbeterin ist in Mitteleuropa die einzige Vertreterin aus der Familie der Fangschrecken und ernährt sich in Trockenrasen als gut getarnte Jägerin von anderen Insekten und Spinnentieren.

verbreitet waren, können unter der zunehmenden Isolierung ihrer Lebensräume leiden und lokal aussterben. Diese Arten sind nicht an das Überleben in kleinen isolierten Populationen angepasst. So kann auch der scheinbar zufällige Verlust von Arten in Schutzgebieten erklärt werden, insbesondere bei Arten, die früher als grosse Metapopulationen auftraten (Augenstein et al. 2012; Filz et al. 2013; Habel et al. 2016).

Die Fragmentierung beeinträchtigt aber auch für Insekten überlebenswichtige Bewegungen im Tagesverlauf, zum Beispiel zwischen Ruhe- und Futterplätzen (Ganser et al. 2020) und während des Jahres (z. B. im Verlauf der Entwicklung). Angesichts der globalen Erwärmung (siehe Kapitel 6.2.3) wird zudem die Lebensraumvernetzung für das Überleben vieler Insektenarten immer wichtiger. Denn die Verschiebung der Verbreitungsgebiete der Insekten als Folge des Klimawandels wird häufig durch unzureichende Vernetzung der Habitate in fragmentierten Landschaften eingeschränkt (Platts et al. 2019). Dies kann zur Folge haben, dass selbst mobile Arten nicht rasch genug auf den Temperaturanstieg reagieren und somit auch nicht in Gebiete mit besseren Umweltbedingungen abwandern können (Devictor et al. 2012; Termaat et al. 2019).

6.2.2 Stickstoffeintrag über die Luft

In der Schweiz wird der Stickstoffkreislauf vor allem durch Futter- und Düngemittelimporte, Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung sowie Stickoxid-Emissionen aus Verbrennungsprozessen angetrieben. So stammen ca. 70 % der stickstoffhaltigen Luftschadstoffe aus der Landwirtschaft, 18 % vom Verkehr, 9 % aus Industrie und Gewerbe und 3 % aus Haushalten (Guntern et al. 2020). In grossen Teilen des Mittellandes und des Juras werden die kritischen Belastungsgrenzen (critical loads) bzw. Eintragungsmengen (5 bis über 30 Kilogramm Stickstoff pro Hektare und Jahr), ab denen nach dem heutigen Stand des Wissens Ökosysteme geschädigt werden, überschritten. Fast alle Hochmoore, drei Viertel der Flachmoore, fast neun Zehntel der Schweizer Waldfläche und ein Drittel der Trockenwiesen und -weiden erhalten zu viel Stickstoff aus der Luft (Rhim & Künzle 2019).

Übermässige Stickstoffeinträge in den Lebensräumen (wie auch die gezielte Düngung durch die Landwirtschaft, siehe Kapitel 6.1.1, Düngemittel) wirkt sich vor allem indirekt negativ auf Insekten aus, unter anderem durch die Veränderung der Pflanzengemeinschaften und der Vegetationsstruktur infolge des verstärkten Pflanzenwachstums und des veränderten Mikroklimas sowie der veränderten Nutzung (z. B. intensiveres Mahdregime) (Guntern et al. 2020). Insbesondere blühende Kräuter werden durch Gräser ersetzt (Stevens et al. 2004). Durch die Abnahme der Pflanzenvielfalt verringern sich sowohl die generelle Nektar- und Pollenverfügbarkeit für blütenbesuchende

Insekten als auch die Häufigkeit von (oft seltenen) Futterpflanzen für viele pflanzenfressende Insektenlarven (Sánchez-Bayo & Wyckhuys 2019). Bestäubende Insektenarten sind somit insgesamt stärker von übermässigen Stickstoffeinträgen betroffen als nicht-bestäubende Insektenarten. Ebenso sind Arten, die von einer oder wenigen spezifischen Larven-Nahrungspflanzen abhängig sind (= mono- oder oligophag) stärker beeinträchtigt als Arten, bei denen die Larven sich von vielen Pflanzenarten ernähren können (= polyphag) (Biesmeijer et al. 2006, Öckinger et al. 2006). Diese ökologischen Abhängigkeiten haben mit grosser Wahrscheinlichkeit dazu geführt, dass in Teilen Europas in Folge des Rückgangs insektenbestäubter Pflanzenarten auch bestäubende Insektenarten abgenommen haben (Goulson et al. 2005; Biesmeijer et al. 2006).

Eine aktuelle Analyse von Daten zur Artenvielfalt von Gefässpflanzen und Schmetterlingen des BDM deutet darauf hin, dass erhöhte Stickstoffdepositionen zu einem Netto-Verlust der Schmetterlingsvielfalt führen können (Roth et al. 2021a). Die stärksten negativen Effekte wurden bei gefährdeten Schmetterlingsarten festgestellt.

Die meisten europäischen Schmetterlingsarten reagieren empfindlich auf hohe Stickstoffeinträge, sei es durch Düngung oder Deposition aus der Luft. So zeigen typische Schmetterlinge der Magerwiesen und -weiden, eine Abnahme der relativen Häufigkeit (Habel & Schmitt 2018) und in einigen Regionen sogar ein lokales Aussterben aufgrund erhöhter Stickstoffeinträge (Van Swaay et al. 2010). Die direkten oder indirekten Folgen der hohen Stickstoffverfügbarkeit werden bei hochmobilen Arten, die dank ihrer schnellen Entwicklung mehrere Generationen pro Jahr hervorbringen, ein breites Spektrum an Wirtspflanzen nutzen und eine hohe Reproduktionsrate haben, deutlich gemildert (WallisDeVries & van Swaay 2017).

Spezialisierte Arten profitieren selten von hohen Stickstoffeinträgen, mit Ausnahme derjenigen, deren Nahrungspflanzen auf nährstoffreichen Böden wachsen. Dies gilt für das Tagpfauenauge (*Aglais io*) und den Kleinen Fuchs (*Aglais urticae*), deren Raupen sich ausschliesslich von Brennnesseln (*Urtica*) ernähren, sowie für das Grosse Ochsenauge (*Maniola jurtina*), deren Raupen zahlreiche Gräserarten fressen.

6.2.3 Klimawandel

Der Klimawandel führt in der Schweiz zu einem deutlichen Temperaturanstieg. Seit Messbeginn (1864) hat die durchschnittliche jährliche Lufttemperatur in der Schweiz um 1,8 °C zugenommen. Bei den Fliessgewässern wird infolgedessen ein deutlicher Anstieg der durchschnittlichen Wassertemperatur verzeichnet. So ist zum Beispiel die Temperatur im Rhein bei Basel seit den 1950er-Jahren um fast 3 °C angestiegen (Baur 2021). Zu-

dem häufen sich Extremereignisse wie Trockenperioden, Stürme, Starkniederschläge usw. (IPCC 2013).

Die globale Erwärmung verändert die Ökosysteme (Woodward et al. 2010; Burrows et al. 2011) und beeinflusst die darin lebenden Organismen (Forister et al. 2010). Die ökologischen Folgen sind sehr vielfältig (Walther et al. 2002; Ripple et al. 2019). So kommt es zu Verschiebungen der Verbreitungsgebiete von Arten (Chen et al. 2011), phänologischen Verschiebungen, so dass zum Beispiel Blühzeitpunkt einer Pflanze und Flugsaison eines bestäubenden Insektes nicht mehr optimal übereinstimmen (Forrest 2016), neuen Interaktionen zwischen zuvor isolierten Arten (Krosby et al. 2015), lokalen Aussterbeereignissen (Dirzo et al. 2014) und unvorhersehbaren Kaskadeneffekten auf verschiedenen Ebenen der Ökosysteme (Peñuelas et al. 2013; Scheffers et al. 2016).

Ökologische Veränderungen als Folge des weltweiten Klimawandels wurden nicht nur für einzelne Arten, sondern auch für Insektengruppen und Interaktionen von Insekten mit anderen Organismengruppen beschrieben (McLaughlin et al. 2002; Kerr et al. 2015; Soroye et al. 2020). Als wechselwarme (ektotherme) Tiere profitieren viele Insekten prinzipiell von höheren Temperaturen. Deshalb können sich beispielsweise einige wärmeliebende Arten besser in nördlichen Breiten oder grösseren Höhen etablieren. Es besteht auch die Möglichkeit, dass gewisse Arten mehr Generationen pro Jahr ausbilden können und somit auch grössere Populationen entstehen. Verschiedene Insektenarten, darunter Libellen und Schmetterlinge, die bisher eine Generation pro Jahr hatten, bilden bereits zunehmend eine zweite Generation aus. Nicht alle Frassfeinde können von dieser neuen Populationsdynamik profitieren. So sind viele insektenfressende Singvögel im Herbst bereits unterwegs in ihre Winterquartiere, wenn Raupen erneut in grosser Häufigkeit auftreten.

In den Alpen führt der Klimawandel zu erheblichen Veränderungen der Höhenverbreitung bestimmter Insektenarten: Flachlandarten können höhergelegene Gebiete besiedeln, kälteliebende Arten hingegen werden noch weiter nach oben gedrängt, wo weniger und qualitativ schlechterer Lebensraum zur Verfügung steht. Für letztere Arten hat die Schweiz mit ihren alpinen Lebensräumen eine besondere Verantwortung (u. a. auch endemische Arten). Allerdings können nicht alle Arten genügend schnell in kühlere Regionen im Norden oder in höhere Lagen in den Gebirgen ausweichen.

Neben den steigenden Temperaturen können andere Aspekte des Klimawandels auf die Insektenpopulationen einwirken, zum Beispiel die Zunahme extremer Wetterereignisse (Helmuth et al. 2014; Ma et al. 2014; Ewald et al. 2015), variabelere Wettermuster (Janzen & Hallwachs 2019) oder eine geringere Schneebedeckung im Winter (Harris

et al. 2019). Als weitere Folge von erhöhten Temperaturen und/oder Dürre kann die Nektar- und Pollenverfügbarkeit abnehmen, was die Populationen von Bestäubern und ihr Verhalten beeinflussen kann (Phillips et al. 2018). Veränderte Niederschlagsregimes können zudem die Häufigkeit und Verbreitung von Pflanzenarten verändern. Dies führt zu Veränderungen der Pflanzengesellschaften und den mit den Pflanzen verbundenen Insektenarten. Betroffen sind besonders pflanzenfressende (herbivore) und bestäubende Arten, die auf wenige Wirtspflanzen angewiesen sind (Forister et al. 2015).

Insekten in Gewässerlebensräumen sowie Feuchthabitaten sind von der globalen Erwärmung besonders stark betroffen (Streitberger et al. 2016). Vor allem ihre Larven sind an bestimmte Temperaturbereiche angepasst und tolerieren kaum Veränderungen. Eine Erwärmung der Gewässer verringert das Angebot an potenziellen Lebensräumen für Kaltwasserarten. Erhöhte Wassertemperaturen bedeuten aber auch einen geringeren Sauerstoffgehalt des Wassers infolge abnehmender Löslichkeit bei steigender Temperatur und damit zusätzlichen Stress durch Sauerstoffmangel. Dies führt bei zahlreichen Insekten zu einer stark verminderten Nahrungsaufnahme bei gleichzeitigem Anstieg des Stoffwechsels. Falls diese Bedingungen länger andauern, kann dies zum Tod der Tiere führen (Reid et al. 2019). Zudem haben zahlreiche aquatische Insekten eine begrenzte Ausbreitungskapazität oder sind mit Querbauten oder natürlichen Hindernissen konfrontiert, insbesondere in höheren Lagen (Bush et al. 2013). Die Klimaerwärmung kann zusammen mit anderen Faktoren (z. B. der stofflichen Belastung) zu synergistischen Effekten führen bzw. die verschiedenen Gefährdungsfaktoren können sich gegenseitig verstärken (Vaughan & Gotelli 2019). Deshalb können Massnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte auch die Wirkung klimabedingter Stressoren abfedern (Cardoso et al. 2020).

6.2.4 Invasive gebietsfremde Arten

Bewusst eingeführte, aber auch eingeschleppte Organismen, sogenannte Neobiota, können massive Auswirkung auf einheimische Insektenbestände haben. So dokumentieren beispielsweise Burghardt et al. (2010) einen stark negativen Einfluss von gebietsfremden Pflanzenarten auf die einheimischen Schmetterlingsarten. Selbst verwandte gebietsfremde Pflanzenarten bieten den Raupen eine wesentlich schlechtere Nahrungsqualität als ihre einheimischen Wirtspflanzen. Schirmel et al. (2016) konnten in ihrer Meta-Daten-Analyse keinen einzigen Fall nennen, bei welchem invasive Pflanzenarten einen positiven Effekt auf die einheimischen Tierbestände hatten. In 56 % der Fälle wurde der Einfluss der invasiven Pflanzenarten negativ, in 44 % neutral bewertet.

Die Auswirkung gebietsfremder Insektenarten auf einheimische Insekten wurde in Mitteleuropa bisher erst fallweise untersucht. So frisst der eingeführte Asiatische Marienkäfer (*Harmonia axyridis*) nicht nur Blattlauslarven, sondern auch andere weichhäutige Insekten und einheimische Marienkäfer (Snyder et al. 2004), was potenziell zu einer Reduktion der Vielfalt der einheimischen Marienkäfergemeinschaften führen könnte. Aufgrund des Klimawandels und des globalen Handels können viele Arten in Regionen vordringen, die sie zuvor nicht hätten besiedeln können. Fehlen dort die natürlichen Gegenspieler, kann es zu einer massiven Zunahme der Populationen der neu eingewanderten Arten und somit zur Konkurrenz und schlussendlich zu einer Verdrängung der einheimischen Insektenarten kommen. Auch können gebietsfremde Arten Krankheiten mitbringen, an welche die einheimischen Insektenarten nicht angepasst sind und somit dezimiert werden können (Wittenberg et al. 2007).

Zur Bekämpfung der invasiven Arten werden oft unspezifische wirkende Pestizide benutzt (siehe Kapitel 6.1.1, Pestizide). So beeinträchtigt der Einsatz von Pestiziden gegen den Buchsbaumzünsler (*Cydalima perspectalis*) auch zahlreiche Nicht-Zielorganismen, die sich auf oder in der Nähe der behandelten Buchsbäume aufhalten.

6.2.5 Lichtverschmutzung

Als Lichtverschmutzung bezeichnet man die künstliche Aufhellung des Nachthimmels und die damit verbundenen störenden Auswirkung von Kunstlicht auf Mensch und Natur. Die Lichtverschmutzung hat in den vergangenen Jahrzehnten weltweit stark zugenommen (Owens & Lewis 2018; Gaston 2019). In der Schweiz nahm die Lichtemission zwischen 1994 und 1997 innerhalb von nur drei Jahren um fast 40 % zu, blieb dann mit leichten Schwankungen bis 2007 recht stabil, nahm aber ab 2007 wieder markant zu. Die Fläche mit Nachtdunkelheit in der Schweiz hat ebenfalls stark abgenommen (von knapp 30 % im Jahre 1994 auf 20 % im Jahre 2012). Ausgedehnte und natürlich dunkle Gebiete sind v.a. im Mittelland und Jura selten geworden.

Viele Fluginsekten werden von künstlichen Lichtquellen angezogen und damit aus ihren angestammten Lebensräumen weggelockt (Eisenbeis & Hänel 2009; Longcore et al. 2015). Dies kann schon in relativ kurzer Zeit zu einer lokalen Reduktion der Insektenbestände führen (van Grunsven et al. 2020). Die von künstlichen Lichtquellen angezogenen Insekten werden so zum Beispiel leichte Beute für Fledermäuse oder räuberische Insekten und Spinnen (Spoelstra et al. 2017). Zusätzlich wirkt das Licht als Barriere, indem es die Insekten anzieht und somit ihre Ausbreitung verlangsamt oder verhindert, was sich auf die genetische Vielfalt der fragmentierten Populationen auswirken kann. Durch das künstliche Licht können sich In-

sekten schlechter orientieren, sodass nachts an erhellen im Vergleich zu nachtdunklen Standorten bis zu 64 % weniger Blütenbesuche durch Bestäuber stattfinden (Knop et al. 2017). Auch kann das Fortpflanzungsverhalten (van Geffen et al. 2015) und das zeitliche Timing der Diapause (van Geffen et al. 2014) verändert sein, was sich negativ auf die Populationen der betroffenen Arten auswirkt.

Es ist nicht eindeutig, wie stark die Lichtverschmutzung insgesamt zum Rückgang von Insekten beiträgt (Conrad et al. 2006; Fox 2013; Grubisic et al. 2018; Owens & Lewis 2018; White 2018; Wilson et al. 2018). Es gibt Studien, die überzeugend nachweisen, dass die Lichtverschmutzung die Häufigkeit von nachtaktiven Schmetterlingen reduziert (van Geffen et al. 2015; van Langevelde et al. 2018; Wilson et al. 2018). Doch in Gebieten mit hoher Lichtverschmutzung kommen oft zahlreiche weitere Stress-Faktoren hinzu (z. B. Zerstörung oder Abnahme der Qualität von Lebensräumen, Dominanz invasiver gebietsfremder Pflanzenarten, Einsatz von Pestiziden, Emission von verschiedenen Schadstoffen etc.), welche sich ebenfalls direkt oder indirekt negativ auf die Insektenpopulationen auswirken. Den relativen Einfluss der einzelnen Faktoren zu bestimmen, ist äusserst schwierig

Tabelle 6.1 Auf die Lebensräume einwirkende Gefährdungsfaktoren und die hauptsächlich betroffenen Insektengruppen.

Lebensraumbereich	Gefährdungsfaktoren	Hauptsächlich betroffene Insektengruppen
Lebensraumübergreifend	<ul style="list-style-type: none"> - Verlust und Fragmentierung der Lebensräume - Stickstoffdeposition - Klimawandel - invasive gebietsfremde Arten 	Alle Gruppen
Gewässer	<ul style="list-style-type: none"> - Gewässerverbauung - Veränderungen des Abfluss- und Geschieberegimes - Pestizide und Mikroverunreinigungen - Phosphoreinträge - Insektenschädlicher Unterhalt 	<ul style="list-style-type: none"> - Eintagsfliegen - Köcherfliegen - Libellen - Steinfliegen - Zweiflügler
Ufer und Auen	<ul style="list-style-type: none"> - Uferverbauungen und Gewässerregulierungen - Veränderungen des Abfluss- und Geschieberegimes - Insektenschädlicher Unterhalt - Einträge von Stickstoff, Phosphor und Pestiziden 	<ul style="list-style-type: none"> - Heuschrecken - Libellen - Schmetterlinge
Moore und Feuchtwiesen	<ul style="list-style-type: none"> - Entwässerungen (Drainagen) - Einträge von Stickstoff, Phosphor und Pestiziden - Nutzungsaufgabe und Verbuschung - Nutzungsintensivierung 	<ul style="list-style-type: none"> - Heuschrecken - Libellen - Schmetterlinge
Fels, Schutt und Geröll	<ul style="list-style-type: none"> - Verbuschung und Waldaufwuchs - Punktuell intensive Freizeitaktivitäten 	<ul style="list-style-type: none"> - Käfer - Schmetterlinge
Kies- und Schotterflächen unterhalb der Waldgrenze (Ruderalflächen)	<ul style="list-style-type: none"> - Gewässerregulierungen - Veränderungen des Abfluss- und Geschieberegimes - Nutzungsaufgabe oder intensive Nutzung - Insektenschädlicher Unterhalt - Punktuell intensive Freizeitaktivitäten 	<ul style="list-style-type: none"> - Hautflügler - Heuschrecken - Käfer
Grünland	<ul style="list-style-type: none"> - Nutzungsregimes von Mahd und Beweidung - Erntetechniken (Mähgeräte, Schnitthöhe) - Übermässige Düngung - Weiträumig einheitliche Bewirtschaftung - Beseitigung von Strukturen - Nutzungsaufgabe und Verbuschung - Bewässerung von Trockenwiesen - Pestizide 	<ul style="list-style-type: none"> - Hautflügler - Heuschrecken - Käfer - Schmetterlinge - Schnabelkerfe - Zweiflügler
Krautsäume, Hochstauden, Gebüsche	<ul style="list-style-type: none"> - Insektenschädlicher Unterhalt - Beseitigung - Pestizide 	<ul style="list-style-type: none"> - Hautflügler - Käfer - Schmetterlinge - Schnabelkerfe
Wälder	<ul style="list-style-type: none"> - Lichte Wälder: Verdunkelung - Alte Waldbestände: Nutzung - Wirtschaftswälder: Vollbaumernte 	<ul style="list-style-type: none"> - Käfer - Schmetterlinge - Schnabelkerfe
Pflanzungen, Äcker, Kulturen	<ul style="list-style-type: none"> - Pestizide - Insektenschädliche Bewirtschaftungs- und Erntetechniken - Beseitigung von Strukturen - Übermässige Düngung 	<ul style="list-style-type: none"> - Hautflügler - Käfer - Schmetterlinge - Schnabelkerfe
Siedlungsraum	<ul style="list-style-type: none"> - Verdichtung, Versiegelung - Insektenschädlicher Unterhalt (Pestizide, Düngung, Maschineneinsatz) - Fehlende Strukturen - Verkehr - Schadstoffe - Lichtverschmutzung 	<ul style="list-style-type: none"> - Hautflügler - Heuschrecken - Käfer - Schmetterlinge - Schnabelkerfe - Zweiflügler

6.3 Einordnung der verschiedenen Einflussfaktoren

Eine Vielzahl von Einflussfaktoren verändert die Ökosysteme und damit auch die in ihnen lebenden Insektenpopulationen. Die Wirkung der verschiedenen Faktoren kann je nach Lebensraum, betroffener Insektenart und Dauer sehr unterschiedlich sein. Die wichtigsten Ursachen für die Rückgänge von Insektenvielfalt und -beständen sind bekannt und wissenschaftlich belegt. Besonders negativ wirken sich die folgenden Faktoren aus: der Verlust von Lebensräumen, die Beeinträchtigung der Qualität der verbliebenen Lebensräume, die Verknappung der Nahrungsressourcen, Stickstoffeinträge, das Ausbringen von Pestiziden, die intensive Landnutzung, die Beseitigung von Strukturen, Lichtverschmutzung, die mangelnde Vernetzung der Lebensräume, die Klimaerwärmung und invasive gebietsfremde Arten (siehe Abbildung 6.1).

Je nach Kombination haben diese Faktoren unterschiedliche Effekte auf die verschiedenen Insektengruppen in den verschiedenen Lebensräumen und können sich gegenseitig noch verstärken. Besonders stark von unterschiedlichen Gefährdungsfaktoren betroffen sind die Insekten der Gewässer und Feuchtgebiete und des Landwirtschaftsgebiets. Im Wald sieht die Situation deutlich besser aus, doch sind anspruchsvolle Arten, welche auf Totholzmassen in grösseren Dimensionen angewiesen sind, stark gefährdet, und die dominierenden Hochwälder sind zu dunkel für licht- und wärmeliebende Insekten.

Hinter den genannten Einflussfaktoren, die sich direkt auf Insekten auswirken, stehen oft übergeordnete Ursachen bzw. indirekte Treiber, welche den direkten Einflussfaktoren zugrunde liegen (IPBES 2019). Zu diesen indirekten Treibern zählt der hohe Konsum und die damit verbundene nicht nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. Auch kulturelle, gesetzliche und institutionelle Rahmenbedingungen zählen zu den indirekten Treibern: Sie bestimmen mit, welche Wertvorstellungen gelten, wie Entscheidungen gefällt werden und wie sich einzelne Personen oder die Gesellschaft als Ganzes verhalten.



Köcherfliegen (Trichoptera) zählen zu den aquatischen Insekten, da sich ihre Larven im Wasser entwickeln. Dabei leben die Larven in ihren selbstgebauten Wohnröhren (Köchern) und ernähren sich vorwiegend von totem Pflanzenmaterial, besonders von Falllaub. Das hier abgebildete erwachsene Tier der Art *Oligostomis reticulata* hat keinen deutschen Namen und gehört zur Gruppe von Köcherfliegen, die sich speziell in Moorgewässern entwickeln und daher besonders stark gefährdet sind.

7 Wissenslücken

Zahlreiche menschliche Aktivitäten gefährden die Insektenbestände. Die Hauptfaktoren, die dazu beitragen, sind ausreichend bekannt, um entsprechend handeln zu können. Trotzdem gibt es in einigen Bereichen noch Wissenslücken.

7.1 Artenvielfalt

Weil Insekten extrem artenreich sind (Kapitel 3), ist die Erfassung ihrer Diversität eine grosse Herausforderung. Dies gilt umso mehr, als es für gewisse Ordnungen oder sehr artenreiche Familien in der Schweiz keine Spezialistinnen und Spezialisten gibt, die die Arten bestimmen können. Dieser Mangel an Fachleuten ist einer der Gründe dafür, wieso die Anzahl der in nationalen Programmen zur Aktualisierung der Roten Liste erfassten Insektenarten und -gruppen im Vergleich zu anderen Organismengruppen (Pilze und Flechten, Moose, Gefäßpflanzen, Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere) so gering ist. Die aktuellen Wissenslücken über die Schweizer Insektenfauna bestehen auf mehreren Ebenen:

- Die Artenvielfalt ist für bestimmte Insektenordnungen oder -familien ungenügend bekannt (z.B. Springschwänze und andere Bodeninsekten, parasitoide Hautflügler).
- Bei einzelnen sehr artenreichen Insektengruppen ist die geografische Verteilung der Arten ungenügend bekannt (z.B. Wanzen, Zweiflügler, Kleinschmetterlinge).
- Das Wissen über den Gefährdungsstatus von Arten in wichtigen ökologischen Gruppen fehlt vollständig (z.B. Zersetzer, Parasitoide).
- Die Vielfalt der Lebensgemeinschaften ist in bestimmten Lebensraumtypen ungenügend bekannt (z.B. Boden, Höhlen und Gesteinsspalten, Baumkronen).
- Es ist unbekannt, inwiefern Hybridisierung zwischen gebietsfremden und verwandten einheimischen Arten möglich ist.
- Die Methoden der Insektenbeprobung müssen verbessert und für verschiedene Lebensraumtypen geeicht werden; ausserdem ist es wichtig, Probenahmemethoden zu entwickeln, die weniger invasiv sind (weniger getötete oder verletzte Individuen) und nicht-invasive Methoden für alle Gruppen zu bevorzugen, für welche dies möglich ist.

7.2 Zeitliche Veränderungen

Jährliche Schwankungen der Wetterbedingungen und zeitliche Schwankungen der Qualität der Lebensräume und des Nahrungsangebots können einen grossen Einfluss auf die Zusammensetzung der Gemeinschaft und die Grösse der Populationen von Insekten haben. So kann eine Art in einem Jahr viel häufiger vorkommen als im nächsten (z.B. ein «Wespenjahr» oder ein «Maikäferflugjahr»); eine andere, sehr seltene Art kann in einem Jahr beobachtet werden während im nächsten Jahr keine Individuen mehr gefunden werden. Diese natürlichen Schwankungen in der Anzahl der beobachteten Individuen und Arten werden Jahr für Jahr von den Auswirkungen menschlicher Aktivitäten überlagert und beeinflusst. Die Unterscheidung zwischen natürlichen und durch den Menschen verursachten Schwankungen der Artenvielfalt und -häufigkeit ist eine grosse Herausforderung für die Forschung. Dies kann nur erreicht werden, wenn man den Fokus auf mehrjährige möglichst langfristige Studien richtet (siehe auch Abbildung 2.2).

Langzeitstudien über Veränderungen der Vielfalt von Insektengemeinschaften und der Grösse ihrer Populationen sind sehr wertvoll. Für einige Insektengruppen werden die Entwicklungen der Bestände im Rahmen langfristiger und grossräumig angelegter nationaler und kantonaler Monitoringprogramme (BDM, NAWA, LANAG u.a.) erfasst und dokumentiert. Diese Programme wurden relativ spät gestartet; die Hauptphase des Insektenrückgangs ist deshalb nicht dokumentiert. Trotzdem sind die Überwachungsprogramme aus Sicht der Erhaltung und Förderung der Insekten von grosser Bedeutung. Sie müssen unbedingt weitergeführt und im Zusammenhang mit aktuellen Fragestellungen laufend neu ausgewertet werden.

Im Rahmen der Felderhebungen für die Roten Listen werden Standorte, die früher für die Arten der betreffenden Gruppen untersucht wurden (meist nach 1950), erneut beprobt, um Veränderungen der Verbreitungsgebiete und Populationsgrössen festzustellen. Diese Methode wurde auch in anderen Studien auf regionaler oder lokaler Ebene angewendet (Tabelle A.1, Anhang). Viele ältere Studien enthalten jedoch nur Artenlisten ohne genaue Angaben zu den Fundorten, zur Häufigkeit und zu den angewandten Methoden. Sie können heute nicht mehr wiederholt werden und erlauben daher nur eine grobe Einschätzung der Entwicklung der Insektenpopulationen.

Es gibt folgende Wissenslücken in Bezug auf die zeitlichen Veränderungen der Insektenvielfalt und -populationen:

- Sammlungsmaterial in Museen ist eine wichtige Informationsquelle für die Rekonstruktion der früheren Vielfalt der Insekten in verschiedenen Regionen der Schweiz. Die Erfassung dieser Informationen, die bereits für viele Insektengruppen durchgeführt wurde oder im Gange ist (fast 1,2 Millionen Daten sind bereits verfügbar), sollte fortgesetzt und verstärkt werden.
- Daten zur Veränderung der Biomasse von Insekten in verschiedenen Biotopen existieren praktisch keine, ebensowenig zur Entwicklung der Insektenvielfalt in verschiedenen Regionen und Höhenstufen sowie zu langfristigen Veränderungen der genetischen Diversität bei Insektenbeständen.
- Der Klimawandel beeinflusst zunehmend Pflanzen- und Tierarten und verändert Lebensgemeinschaften und Ökosystemfunktionen. Die fortschreitende Erwärmung verändert auch die Lebensräume der Insektenarten, ihre Ausbreitungsgebiete, Phänologie, Entwicklungsgeschwindigkeit und Interaktionen (z.B. durch phänologische oder räumliche Entkopplung von Interaktionspartnern). Dennoch haben bisher nur wenige Studie die Auswirkungen des Klimawandels auf die Vielfalt und Häufigkeit der Insekten in der Schweiz untersucht.
- Für viele rückläufige Insektenarten sind die Ursachen und die erforderlichen Massnahmen bekannt. Es bestehen jedoch noch Wissenslücken, zum Beispiel über den Status von seltenen und möglicherweise gefährdeten Arten oder Artengruppen, für welche noch keine Roten Listen existieren, oder über den Status von Arten, für die die Schweiz eine besondere Verantwortung trägt.

7.3 Ursachen für Veränderungen und Handlungsbedarf

Veränderte Landnutzung und Umweltgifte gelten als Hauptfaktoren für den allgemein beobachteten Insektenrückgang (Kapitel 6). Auch wenn diese Hauptfaktoren gut bekannt sind, gibt es noch einzelne Aspekte, welche besser untersucht werden können. Dies könnte helfen, die Massnahmen zu präzisieren. Folgende Wissenslücken sollten geschlossen werden:

- Die Distanz, in der sich der lokale Einsatz von Insektiziden auf benachbarte oder weiter entfernte Insektenpopulationen auswirkt (beispielsweise in geschützten Gebieten), ist nur unzureichend bekannt.
- Wenig bekannt sind die Wechselwirkungen oder Multiplikationseffekte der verschiedenen chemischen Wirkstoffe und Komponenten von Fungiziden, Herbiziden und Insektiziden. Mehr Wissen wird auch über die Auswirkungen der Abbauprodukte auf Biozönosen im Allgemeinen und auf Insekten im Speziellen benötigt. Das gleiche gilt für die subletalen Wirkungen (z. B. Orientierungsverlust), welche (sehr) niedrige Dosen dieser Produkte auf Insekten haben können.
- Die Auswirkungen von aktuellen technologischen Entwicklungen und Stoffen, die in die Umwelt gelangen und sich potenziell auch auf Insekten auswirken können, sind noch zu wenig gut untersucht. Dazu gehören etwa neue Bewirtschaftungs- und Erntechniken, Umweltgifte oder die Strahlung von Mobilfunk.

7.4 Rolle der Insekten für Ökosystemleistungen

Die vielfältigen Leistungen der Insekten wurden bisher vorwiegend in Agrar-Ökosystemen (z. B. Bestäubung von Nutzpflanzen) untersucht. Es gilt, diese Forschung zu intensivieren und auf andere Lebensräume auszudehnen.

8 Bestehende Instrumente und zusätzlicher Handlungsbedarf

Angesichts der grossen Verluste von naturnahen Flächen wurden ab Ende des 20. Jahrhunderts in der Schweiz verschiedene Instrumente zur Erhaltung und Förderung gefährdeter Lebensräume und Arten geschaffen. Einige sind bei Bund, Kantonen oder Gemeinden angesiedelt, andere bei Naturschutzorganisationen, Firmen oder Privatpersonen. Die Massnahmen wirken in unterschiedlichen Lebensräumen lokal, regional, national oder über die Landesgrenzen hinaus.

Im Folgenden werden ausgewählte Instrumente vorgestellt, die auch für Insekten wichtig sind oder sein könnten. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Viele der Instrumente bestehen erst auf dem Papier; deren Wirkung auf die Biodiversität wird sich frühestens in den nächsten Jahren und Jahrzehnten zeigen.

8.1 Instrumente in verschiedenen Sektoren

Naturschutz

Auf Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene besteht heute eine Vielzahl an Schutzgebieten und anderen Flächen, in denen die Biodiversität in der Regel Vorrang vor anderen Nutzungen hat (Lachat et al. 2010). Allerdings sind Grösse, ökologische Qualität und Vernetzung vieler Schutzgebiete ungenügend (Bergamini et al. 2019). Die Biodiversität ist deshalb zumindest in einem Teil der Schutzgebiete rückläufig. Bund und Kantone haben bereits auf diese Entwicklung reagiert und im Rahmen des Aktionsplans Biodiversität Schweiz (Aktionsplan des Bundesrates 2017) Sofortmassnahmen ergriffen, um die Objekte mit den grössten Defiziten zu sanieren (BAFU 2019).

Doch für die langfristige Erhaltung der Biodiversität in der Schweiz braucht es nicht nur Schutzgebiete. Gemäss Einschätzung von Fachleuten wäre in der Schweiz rund ein Drittel der Landesfläche nötig, auf der die Erhaltung der Biodiversität Vorrang hat (Guntern et al. 2013). Ein zentrales Anliegen des Aktionsplans Biodiversität ist denn auch der Auf-, Ausbau und Unterhalt einer landesweiten, sektorenübergreifenden Ökologischen Infrastruktur aus Schutz- bzw. Kerngebieten und Vernetzungsgebieten.

Ein weiteres wichtiges Instrument des Naturschutzes ist die Artenförderung. Damit werden gefährdete Arten, für deren Erhaltung die Schweiz eine internationale Verantwortung trägt (National Prioritäre Arten), spezifisch unterstützt. Hierfür gibt es ein nationales Konzept (BAFU 2012) und einen Entwurf für nationale Aktions-

pläne (BAFU 2013). Der Aktionsplan Biodiversität sieht im Rahmen der Artenförderung konkrete Massnahmen vor. Für Arten aus einigen Organismengruppen haben Naturschutzorganisationen, Daten- und Informations- und Koordinationszentren für den Artenschutz und/oder wissenschaftliche Institutionen Artenförderungsprojekte entwickelt, die bereits umgesetzt werden. So existieren für 14 Tagfalterarten nationale Aktionspläne, die bei den entsprechenden kantonalen Naturschutzfachstellen einsehbar sind. Die Schweiz hat zudem eine Strategie zur Eindämmung gebietsfremder invasiver Arten entwickelt (Schweizerischer Bundesrat 2016).

Spezifisch für Bienen hat der Schweizerische Bundesrat einen Nationalen Massnahmenplan für die Gesundheit der Bienen verabschiedet (Bundesrat 2014). Der Massnahmenplan nimmt einige der Empfehlungen der Experten-Gruppe auf, die hierzu einen detaillierten Bericht erarbeitet hat (Gallmann & Charrière 2014).

Landwirtschaft

Der multifunktionale Auftrag für die Landwirtschaft ist seit 1996 in der Bundesverfassung verankert. Zu den Aufgaben der Landwirtschaftspolitik gehört seither unter anderem die Erhaltung der Biodiversität. Die Ausrichtung von Direktzahlungen setzt voraus, dass die Anforderungen des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) auf dem gesamten Betrieb erfüllt werden. Dazu gehören unter anderem eine ausgeglichene Düngerbilanz und die gezielte Auswahl und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und ein angemessener Anteil von Biodiversitätsförderflächen.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) haben im Jahre 2008 auf der Grundlage des geltenden Rechts Umweltziele Landwirtschaft (UZL) veröffentlicht, unter anderem für die Biodiversität. Für Arten und Lebensräume wurde diese konkretisiert (Walter et al. 2013). Beide dienen als Grundlage für die Entwicklung von Massnahmen (BAFU und BLW 2016).

Eines der wichtigsten Instrumente für die Erhaltung der Biodiversität auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche ist die Ausweisung von Biodiversitätsförderflächen. Das Monitoringprogramm ALL-EMA, das auch Daten zu Tagfaltern aus dem Schweizerischen Biodiversitätsmonitoring integriert, hat gezeigt, dass dies eine wichtige Massnahme ist: Biodiversitätsförderflächen beinhalten generell eine höhere Arten- und Lebensraumvielfalt als normal genutzte Flächen, vor allem in tieferen Lagen (Meier et al. 2021).

Diese Ergebnisse werden von weiteren Studien bestätigt. Für Insekten sind insbesondere mehrjährige blüten- und strukturreiche Biodiversitätsförderflächen sowie Rückzugstreifen in Wiesen und Weiden wichtig.

Mit der Agrarpolitik 2014–2017 hat der Bund die Anreize zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität gestärkt. So wurden die Beiträge für die biologische Qualität der Biodiversitätsförderflächen deutlich angehoben. Die Tierbeiträge wurden als Fehlanreiz erkannt und gestrichen. Viele andere Fehlanreize sind aber noch in Kraft.

Um die Risiken von Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren, hat der Bundesrat 2017 einen Aktionsplan verabschiedet (Bundesrat 2017). Er schlägt 51 Massnahmen vor, von denen bis 2020 21 eingeführt werden konnten. Allerdings ist der Aktionsplan nicht verbindlich. Die Kommission für Wirtschaft und Abgaben des Ständerates (WAK-S) schlägt deshalb in ihrer parlamentarischen Initiative «Das Risiko beim Einsatz von Pestiziden reduzieren» vor, die Ziele des Aktionsplans im Gesetz zu verankern und den Gewässerschutz zu verstärken.

Die beiden Volksinitiativen «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide» und «Für sauberes Trinkwasser», die am 13. Juni 2021 zur Abstimmung kamen, wurden zwar abgelehnt, haben aber seit ihrer Einreichung den Druck auf die Politik verstärkt. Im März 2021 hat das Parlament beschlossen, das Chemikaliengesetz, das Gewässerschutzgesetz und das Landwirtschaftsgesetz zu ändern, um die Risiken von Pestiziden zu vermindern. Unter anderem sollen damit das Ziel des Aktionsplans Pflanzenschutzmittel, die Risiken von Pflanzenschutzmitteln bis 2027 um 50 % zu reduzieren, im Landwirtschaftsgesetz verankert werden. Im April 2021 eröffnete der Bundesrat die Vernehmlassung zum «Massnahmenplan Sauberes Wasser». Er enthält ein Paket von Landwirtschaftsverordnungen im Zusammenhang mit der parlamentarischen Initiative «Reduktion des Risikos beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln». Ob dieses Paket auf Akzeptanz stösst, wie es allenfalls umgesetzt wird und ob es ausreicht, den Druck durch Pestizide auf die Insekten im nötigen Umfang zu reduzieren, wird sich zeigen.

Waldwirtschaft

Der gesetzlich verankerte naturnahe Waldbau ist die Basis für die ökologische Qualität im Schweizer Wald. Die in den Bundesgesetzen über den Wald, den Naturschutz und die Jagd verankerten Grundsätze, Gebote und Verbote schaffen die rechtliche Basis für die Erhaltung der Biodiversität im Wald. Eine Vollzugshilfe mit Handlungszielen und Massnahmenbereichen bildet die Basis für die Aushandlung von Programmvereinbarungen zwischen Bund und Kantonen und die Entwicklung von konkreten Pro-

jekten zur Förderung der Waldbiodiversität (Imesch et al. 2015).

Eines der grössten ökologischen Defizite im bewirtschafteten Wald ist das Fehlen oder der Mangel an Zerfallstadien und somit (insbesondere im Mittelland und Jura) an Alt- und Totholz. Das BAFU hat Sollgrössen für das Totholzvolumen in den Grossregionen festgelegt. Bund und Kantone fördern Alt- und Totholz vor allem über die Einrichtung von Waldreservaten bzw. Altholzinseln und das Bezeichnen von Biotopbäumen.

Auch lichte Wälder, die ebenfalls wichtig sind für Insekten, sollen zunehmend gefördert werden. Dazu wurde ein Aktionsplan erarbeitet, der sich an kantonale Verantwortliche für die Waldbiodiversität und für den Naturschutz, Kreisförster und weitere Akteure richtet, welche die Erhaltung und Aufwertung von lichten Wäldern fördern können (Imesch et al. 2020). Die Artenförderung im lichten Wald umfasst 234 Zielarten; davon gehören 49 zu den Insekten (Schmetterlinge, Heuschrecken, Käfer und Singzikaden).

Wasserwirtschaft

Die Gewässerschutzpolitik des Bundes zielt unter anderem darauf ab, Flüsse, Bäche und Seeufer ökologisch wieder aufzuwerten. Dabei stehen folgende Massnahmen im Zentrum: ausreichender Gewässerraum, Revitalisierungen und die Reduktion der negativen Auswirkungen der Wasserkraftnutzung.

Eine modular aufgebaute Vollzugshilfe umfasst alle Aspekte der Renaturierung der Gewässer in den Bereichen Revitalisierung von Fliessgewässern und stehenden Gewässern, Auen, Wiederherstellung der freien Fischwanderung, Geschiebehauhalt, Sanierung von Schwall und Sunk sowie der Koordination wasserwirtschaftlicher Vorhaben. Die Vollzugshilfe unterstützt die Kantone bei der aktuell laufenden Umsetzung der rechtlichen Bestimmungen im Gewässerschutz und ermöglicht einen schweizweit koordinierten und einheitlichen Vollzug des Bundesrechts. Von den umgesetzten Massnahmen dürften auch zahlreiche Insektenarten profitieren, die ihr Leben ganz oder teilweise in Gewässern verbringen.

Siedlung und Verkehr

Die Strategie Biodiversität Schweiz (Schweizerischer Bundesrat 2012) hat der Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum grosses Gewicht gegeben und ihr ein eigenes Kapitel gewidmet; der Aktionsplan sieht einige Pilotprojekte vor. Tatsächlich werden Initiativen zur Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet häufiger (Di Giulio 2016). Immer mehr Städte, Gemeinden und Unternehmen setzen auf eine biodiversitätsfreundliche Pflege ihrer Grünflächen, und die Zahl der naturnah gestalteten

Privatgärten, Wohnsiedlungen, Schul- und Firmenareale nimmt stetig zu.

Im Rahmen von Pilotprojekten des Aktionsplans Strategie Biodiversität Schweiz wird auf 20 % der Nationalstrassen- und Bahnböschungen (SBB) eine extensive, standortangepasste Pflege angewandt. Die aus den Pilotprojekten gewonnenen Erkenntnisse sollen die Grundlage bilden für eine spätere gesamtschweizerische Aufwertung der Bahn- und Strassenböschungen.

Städte und Gemeinden treffen vermehrt Massnahmen gegen die Lichtverschmutzung. So hat die Stadt Zürich ein Beleuchtungskonzept erarbeitet, mit dem unter anderem auch die Lichtverschmutzung reduziert werden soll («Plan Lumière»). Andere Gemeinden beteiligen sich zusammen mit dem Detailhandel an der Kampagne «Licht aus!» (lichtaus.ch). Im Grossraum Genf läuft seit mehreren Jahren die erfolgreiche Aktion «La nuit est belle» (lanuitestbelle.org) in Zusammenarbeit mit grenznahen Gebieten in Frankreich. Im Mai 2021 beteiligten sich an der Aktion 178 Gemeinden.

Energie

Damit Energieproduktion und Biodiversitätserhaltung sich nicht gegenseitig konkurrenzieren, müssen sie mit den Instrumenten der Raumplanung koordiniert und aufeinander abgestimmt werden. Im Rahmen der Energiestrategie 2050 sollen vor allem Anlagen realisiert werden, die mit möglichst wenigen Eingriffen in die Natur einen möglichst grossen Nutzen für die Stromproduktion bringen. Empfehlungen und Konzepte des Bundes zur Nutzung erneuerbarer Energien tragen dazu bei, die Zielkonflikte zwischen der Energieproduktion und der Erhaltung der Biodiversität zu reduzieren (z.B. bei Kleinwasserkraftwerken: BAFU, BFE und ARE 2011).

Information und Bildung

Der Bevölkerung fehlt es nicht nur an Wissen über die Vielfalt der Arten und ihrer Lebensräume, sondern oft auch an Handlungsoptionen, um Biodiversität im eigenen Umfeld und bei der Arbeit zu fördern. Einen guten Einblick in diese Handlungsoptionen gibt das Werk «Natur schaffen. Ein praktischer Ratgeber zur Förderung der Biodiversität in der Schweiz» (Klaus & Gattlen 2016). Verschiedene Organisationen setzen sich verstärkt dafür ein, dass das Thema Biodiversität in den Lehrplänen, in Lehrmitteln und Unterrichtsangeboten sowie in der Aus- und Weiterbildung vor allem in den grünen Berufen als fächerübergreifendes Thema verankert wird.

Die Aktion «Mission B» der Schweizerischen Radio- und Fernsehgesellschaft SRG von 2019/2020 hatte zum Ziel, die Bevölkerung für die Biodiversität zu sensibilisieren und dazu anzuregen, zusätzliche naturnahe Flächen mit

einheimischen Pflanzen anzulegen und damit auch die Insekten zu fördern.

Der Bedarf an Arten-SpezialistInnen und Arten-ExpertInnen ist gross, kann aber bereits heute nicht mehr gedeckt werden. Die Situation verschlechtert sich aufgrund des fortgeschrittenen Alters vieler Fachleute und der Tatsache, dass der Erwerb von Fachwissen zehn bis fünfzehn Jahre intensiver Beschäftigung mit dem Thema erfordert. Auf verschiedenen Ebenen wurde mit einer Ausweitung des Angebots sowie verstärkter Koordination versucht, dem sich abzeichnenden Verlust von Kompetenzen entgegenzuwirken. Viele dieser Bemühungen erfolgten jedoch unkoordiniert und konnten so nicht die ganze Wirkung entfalten. Aktuell erarbeiten InfoSpecies, die Swiss Systematics Society, die Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève HEPIA, die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW und die sanu ag mit Unterstützung des BAFU eine «Strategie Bildung Artenkenntnisse». Sie setzt Ziele für das Erhalten und das Erwerben von Wissen und Kompetenzen im Bereich Artenkenntnisse mit einem besonderen Fokus auf die hohen Kompetenzstufen.

Sektorenübergreifende Instrumente

Eine immer stärkere Rolle bei der Erhaltung und Förderung der Biodiversität spielt die Berücksichtigung der Biodiversität sowie die Integration von entsprechenden Massnahmen in den Sektoralpolitiken (Mainstreaming). Die Strategie Biodiversität Schweiz ist entsprechend ausgerichtet (Schweizerischer Bundesrat 2012). Sie schlägt eine Brücke zwischen der Biodiversitätspolitik des Bundes und anderen Politikbereichen, insbesondere Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft, Raumplanung, Siedlungsentwicklung und Bildung. Die Strategie soll dazu beitragen, dass Synergien besser genutzt, Massnahmen verstärkt oder neue Massnahmen entwickelt werden. Der zugehörige Aktionsplan (Aktionsplan des Bundesrates 2017) nimmt einen Teil der Ziele auf und nennt Massnahmen, die teilweise auch in andere Sektoren hineinreichen. Umgekehrt berücksichtigen auch Instrumente anderer Politiken die Biodiversität. So wird etwa im Zusammenhang mit Anpassungen an den Klimawandel auch die Biodiversität angesprochen (Schweizerische Eidgenossenschaft 2020).

8.2 Programme von Organisationen und Privaten

Zusätzlich zu den Behörden auf nationaler, kantonaler oder kommunaler Ebene entwickeln auch Naturschutzorganisationen, Arbeitsgruppen, wissenschaftliche Institutionen und Expertinnen und Experten für verschiedene Insektengruppen Aktionspläne und Programme und set-

zen mit Partnern konkrete Massnahmen um, um Insekten zu erhalten und zu fördern. Die «Plattform Naturförderung» des Vereins Biodivers stellt solche erfolgreichen Massnahmen zu Tagfaltern, Heuschrecken, Wildbienen und Libellen inkl. Literatur auf seiner Internetseite zusammen (biodivers.ch). Zusätzliche Informationen zur Ökologie und den Ansprüchen der prioritären Libellen- und Schmetterlingsarten sowie aller Wildbienen in der Schweiz sind auch über das von info fauna CSCF entwickelte Arteninformationssystem (species.infofauna.ch) verfügbar.

Exemplarisch seien hier einige dieser Initiativen genannt:

- Der Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich (schmetterlingsförderung.ch) inventarisiert die Tagfalter und unterhält verschiedene Projekte zur Förderung von Schmetterlingen (z. B. im Tösstal).
- Die Arbeitsgruppe Tagfalterschutz Baselland erforscht und fördert die Tagfaltervielfalt im Kanton Baselland (pronatura-bl.ch/de/arbeitsgruppe-tagfalterschutz).
- Im Neuenburger Jura ist es Fachleuten in Zusammenarbeit mit der Kantonalen Fachstelle für Naturschutz gelungen, typische Libellenarten für Hochmoore mit Hochmoorregenerationen zu fördern (Vallat et al. 2020).

8.3 Zusätzlicher Handlungsbedarf

Viele der im Rahmen der genannten Instrumente umgesetzten Massnahmen dürften dazu beigetragen haben, dass der beobachtete Rückgang der Biodiversität und damit auch der Insekten nicht gravierender ist oder sich die Situation lokal sogar verbessert hat. Allerdings sind nur wenige der Instrumente explizit auf Insekten ausgerichtet. Auch ist ihre Wirkung auf die Biodiversität und die Insekten im Speziellen nur in Einzelfällen ausreichend untersucht. Dies erschwert es, die Instrumente zu beurteilen oder gezielt weiterzuentwickeln. Viele bestehen zudem erst auf Papier und/oder sind noch nicht ausreichend gut umgesetzt.

Insgesamt werden die vielen Bemühungen, die Biodiversität und damit auch die Insekten zu erhalten und zu fördern, wieder zunichte gemacht durch starke Faktoren, die den Druck auf die Lebensräume und Arten zusätzlich erhöhen. Zu diesen gehören etwa der übermässige Stickstoffeintrag, neue insektenschädliche Bewirtschaftungsmethoden, der Einsatz von Pestiziden und anderen Chemikalien oder der Klimawandel (Kapitel 6). Viele dieser Negativtreiber werden durch öffentliche Mittel massiv subventioniert. Gubler et al. (2020) identifizierten für die Schweiz über 160 Subventionen im Verkehr, der Land-

wirtschaft, der Energieproduktion und anderen Sektoren, welche die Biodiversität und damit auch die Insekten unbeabsichtigt schädigen.

Dies führt dazu, dass die Populationsgrössen zahlreicher Insektenarten trotz eingeleiteter Massnahmen weiterhin zurückgehen. Von diesen Rückgängen sind vor allem spezialisierte Arten betroffen, die an einen bestimmten Lebensraum und die darin vorkommenden Ressourcen (etwa Futterpflanzen, Nist- und Überwinterungsgelegenheiten) angepasst sind. Um diese Arten langfristig in der Schweiz zu erhalten, müssen die bisherigen Anstrengungen deutlich verstärkt werden.

Der grosse Handlungsbedarf wird inzwischen auch von der Politik wahr- und aufgenommen. Die Geschäftsdatenbank des Eidgenössischen Parlaments Curia Vista führt über 100 laufende Geschäfte, die mit Insekten direkt oder indirekt zu tun haben (Abfrage 1. Juni 2021). Zwei Motionen sollen hier besonders hervorgehoben werden:

- Am 21. März 2019 wurde die Motion «Das dramatische Bienen- und Insektensterben rasch und konsequent stoppen» eingereicht. Im August 2019 legte das UVEK einen ausführlichen Bericht zum Insektensterben mit Massnahmenvorschlägen vor (UVEK 2019). National- und Ständerat nahmen die Motion an und überwiesen sie am 3. Juni 2020 an den Bundesrat.
- Am 1. Februar 2020 reichte die Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrats (UREK-N) eine Motion ein, welche die Bekämpfung des Insektensterbens verlangt. Sie fordert, dem Parlament ein Paket von Massnahmen vorzuschlagen, um das Insektensterben kurz-, mittel- und langfristig in den Griff zu bekommen. Auch diese Motion wurde von beiden Ratskammern angenommen.

Programme, Instrumente und Massnahmen zur Förderung der Insekten müssen zum Ziel haben, 1) noch bestehende wertvolle Lebensräume zu erhalten, 2) die Ursachen für die Verschlechterung der Lebensraumqualität, für die Lebensraumverluste und die Gefährdung der Arten zu beheben, 3) zusätzliche Lebensräume zu schaffen, 4) den Klimawandel abzuschwächen, 5) den Austausch von Individuen zwischen ihren Populationen beziehungsweise den Verbund von Lebensräumen zu verbessern (Vernetzung) sowie 6) die Verwendung von insektenschädlichen Chemikalien und ihre Konzentrationen in der Umwelt (v. a. Pestizide) stark zu reduzieren.

Dazu dienen bereits beschlossene und in die Wege geleitete Aktionspläne und Massnahmen, die nun konsequent und zügig umgesetzt werden müssen (siehe oben). Zusätzlich schlagen wir ein 12-Punkte-Programm vor (Ka-

pitel 9), das helfen soll, bei der Erarbeitung des von der Politik geforderten Massnahmenpakets gegen das Insektensterben die Prioritäten richtig zu setzen. Die 12 Punkte ergänzen sich gegenseitig und sind parallel und integral anzugehen. Zu allen Punkten werden in der Tabelle A.2 im Anhang Massnahmen genannt. Die meisten davon erfordern eine Ergänzung bestehender Instrumente oder einen konsequenteren Vollzug; in einigen Fällen sind allenfalls neue Instrumente notwendig. Sollten sie ergriffen werden, laufen einige Massnahmen auf eine Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen und Weisungen hinaus, andere auf den Ausbau von personellen und finanziellen Ressourcen für Umsetzung und Vollzug oder für die Durchführung innovativer Projekte. In gewissen Fällen braucht es eine Anpassung von Reglementen oder Standards, manchmal auch Anreize oder Verbote.

Wo möglich sollten die Wahl und die Art der Umsetzung von Massnahmen auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen (vgl. conservationevidence.com). Für bestimmte Insektengruppen bestehen hilfreiche Zusammenstellungen von Handlungsanleitungen (Zurbuchen & Müller 2012; Haddaway et al. 2020). Zusätzlich sind aber auch das Wissen, die Erfahrungen und Lokalkenntnisse von Expertinnen und Experten für verschiedene Insektengruppen einzubeziehen. Diese Fachleute haben immer wieder erfolgreiche Massnahmen entwickelt (vgl. z.B. Wildermuth & Kury 2009) und verfügen über wertvolle Kenntnisse, weil sie «ihre» Insektengruppe sehr gut kennen, das Verhalten und die Ökologie der Arten in ihren Lebensräumen beobachten, sich an der Erhebung von Daten im Zusammenhang mit Roten Listen und anderen Projekten beteiligen, sich in naturforschenden oder entomologischen Gesellschaften oder in Naturschutzorganisationen engagieren – und dies weitgehend in Freiwilligenarbeit.

Wir empfehlen deshalb die Umsetzung des 12-Punkte-Programms mit den zugehörigen Massnahmen, wie im Anhang vorgeschlagen. Mit Hilfe von Expertinnen und Experten für verschiedene Insektengruppen und Lebensräume und Fachleuten aus Verwaltung und Praxis sollen die Massnahmen weiterentwickelt und konkretisiert werden.



Die **Streifenwanze** (*Graphosoma lineatum*) ist eine besonders auffällige Art von Baumwanzen, die bei uns besonders an warmen Standorten weit verbreitet und oft auf Doldenblütlern (Apiaceae) anzutreffen ist. Dort saugen sie an heranreifenden Samen und ernähren sich von Pflanzensäften. Auf dem Bild sieht man die typische Paarungsstellung der Tiere. Wie zahlreiche andere Wanzenarten besitzen sie spezielle Duftdrüsen, mit welchen zum Schutz gegen Fressfeinde ein stark riechendes Wehrsekret abgegeben werden kann.

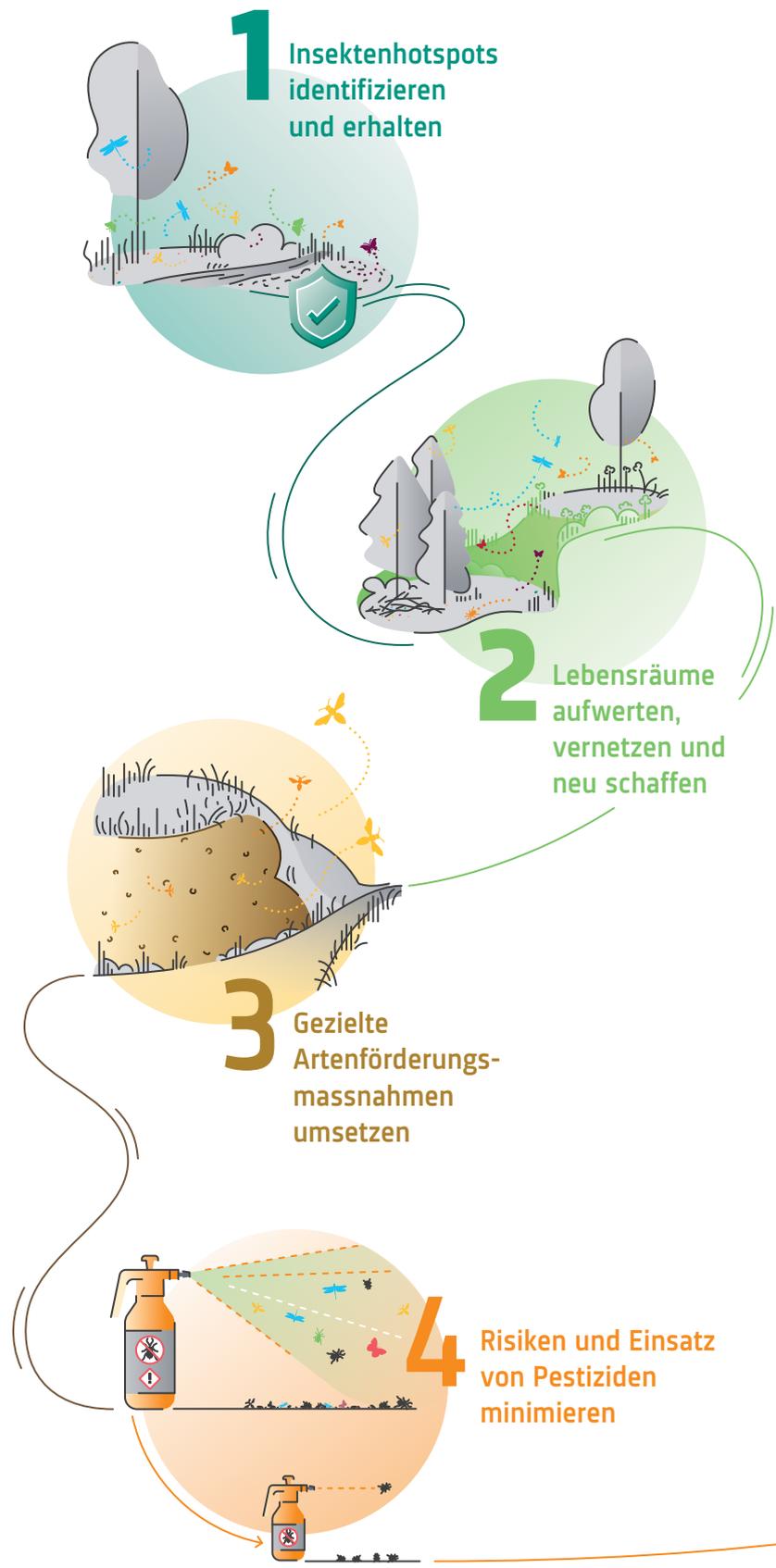


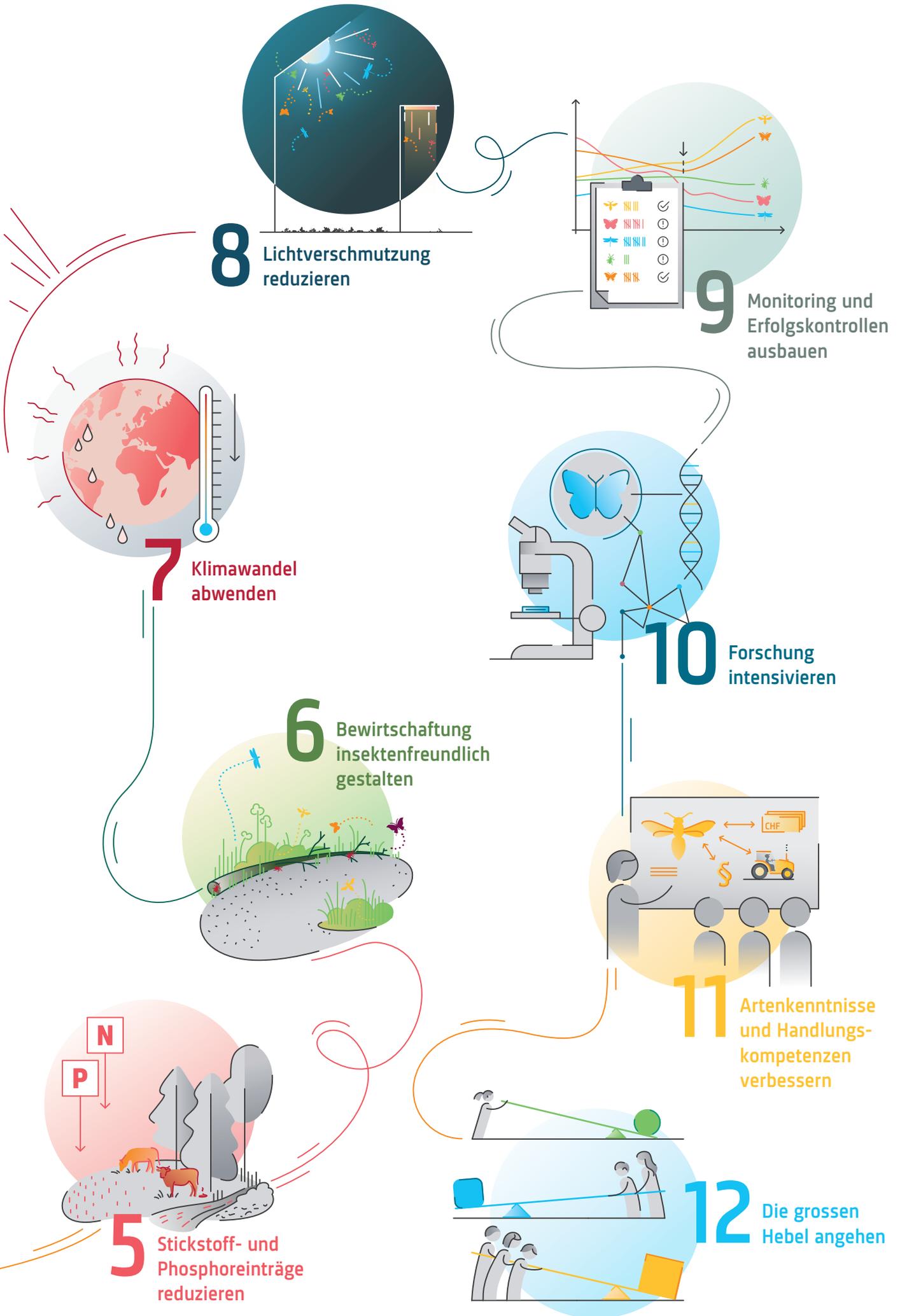
9 Zwölf-Punkte-Programm für die Erhaltung und Förderung der Insekten in der Schweiz

Die bisher ergriffenen Massnahmen zur Erhaltung und Förderung gefährdeter Lebensräume und Arten reichen allein nicht aus, um die Vielfalt der Insekten in der Schweiz langfristig zu erhalten. Das in diesem Kapitel vorgeschlagene 12-Punkte-Programm geht gezielt die bestehenden Herausforderungen an. Es ergänzt die bereits bestehenden Instrumente und ist auf die erkannten und wissenschaftlich gut belegten Ursachen für den Insektenrückgang ausgerichtet.

Das Programm geht aber nicht nur die aktuellen Ursachen für die Insektenrückgänge an (Punkte 1-8), sondern thematisiert auch Monitoring und Forschung (Punkte 9 und 10), Artenkenntnis und Handlungskompetenz (Punkt 11) sowie wichtige Hebel, die helfen, die direkten und indirekten Ursachen für den Rückgang der Biodiversität zu mindern (Punkt 12).

Die 12 Punkte ergänzen und unterstützen sich gegenseitig. Damit sie ihre Wirkung optimal entfalten können, sind sie parallel und integral anzugehen. Die einzelnen Punkte sind auf den folgenden Seiten beschrieben; konkrete Massnahmen zu jedem der 12 Punkte sind in Tabelle A.2 im Anhang aufgeführt.







9.1 Insektenhotspots identifizieren und erhalten

Wertvolle Lebensräume für Insekten gehen noch heute fortlaufend verloren – eine Entwicklung, die sich aktuell besonders im Berggebiet beschleunigt. Die Erhaltung noch bestehender, ökologisch wertvoller Flächen hat deshalb oberste Priorität. Das gilt insbesondere für Insektenhotspots ausserhalb von bestehenden Schutzgebieten wie zum Beispiel ungenutzte Quellen und andere naturnahe Gewässerabschnitte, artenreiche Wiesen, lichte Waldbestände oder gewisse Abbaugelände. Für viele Arten sind auch kleinere Strukturen wie offene Bodenstellen, Säume und mehrjährige Stängelstrukturen, nicht gedüngte Wiesenborde, Trockenmauern, temporäre Kleingewässer und Feuchtstellen, Totholz und Asthaufen überlebenswichtig; auch diese sollen erhalten bleiben. Diese Insektenhotspots müssen (falls noch nicht bekannt) identifiziert und vor der Zerstörung und möglichen Beeinträchtigung geschützt werden. Die insektenfreundliche Bewirtschaftung ist weiterzuführen oder noch zu optimieren.

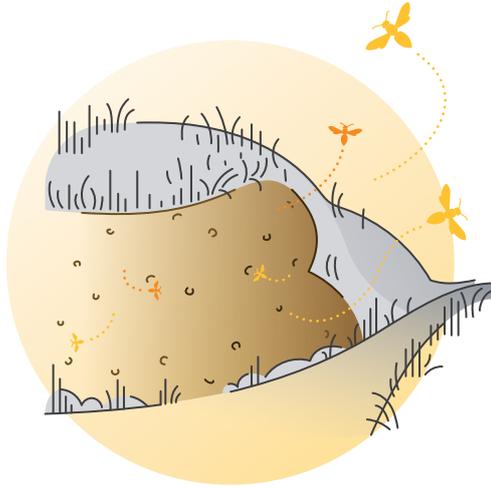
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 95–96



9.2 Lebensräume aufwerten, vernetzen und neu schaffen

Die zurzeit vorhandenen naturnahen Lebensräume mit hoher Qualität und deren Vernetzung reichen nicht aus, um die Biodiversität und damit auch die Vielfalt der Insekten in der Schweiz langfristig zu erhalten. Fachleute in der Schweiz schätzen, dass dafür je nach Lebensraum ein Vielfaches der vorhandenen Fläche nötig ist. Insgesamt sollte die Erhaltung der Biodiversität auf mindestens einem Drittel der Landesfläche Priorität haben. Dies bedeutet, dass durch Aufwertungen und allenfalls auch durch Wiederherstellungen zusätzliche Lebensräume geschaffen werden müssen. Die Lebensräume sollen ausreichend gross und von guter Qualität sein und im Sinne der geplanten Ökologischen Infrastruktur eine geeignete Verteilung und Vernetzung im Raum aufweisen. Wo in Schutzgebieten wie Mooren, Auen und Trockenwiesen und -weiden von nationaler oder regionaler Bedeutung Defizite bestehen, gilt es, Sanierungsmassnahmen zu ergreifen, die vermehrt auch die Förderung von Insekten im Fokus haben. Die Pflege von Schutzgebieten ist verstärkt auch auf die Ansprüche von Insekten auszurichten.

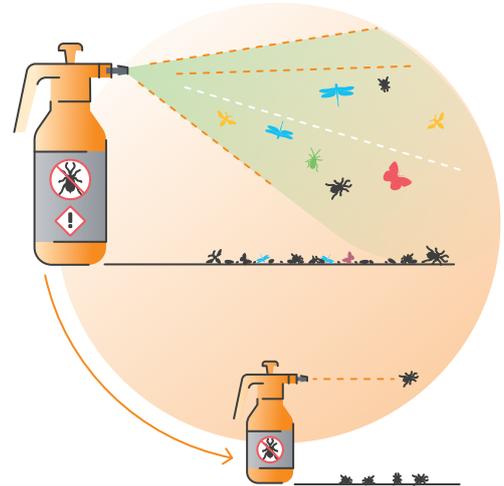
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 96–98



9.3 Gezielte Artenförderungsmassnahmen umsetzen

Mit Schutzgebieten, der Aufwertung von Lebensräumen oder einer allgemein insektenfreundlicheren Bewirtschaftung ist noch nicht allen Insektenarten geholfen. Für bestimmte gefährdete Insekten(gruppen) und solche, für welche die Schweiz eine hohe internationale Verantwortung hat, sind im Rahmen von Artenförderungsprogrammen spezifische, auf die jeweiligen ökologischen Ansprüche der Arten zugeschnittene Massnahmen und Projekte nötig. Wo der Massnahmenbedarf bekannt ist, sind Aktionspläne zu erarbeiten und umzusetzen; in den anderen Fällen ist der Massnahmenbedarf zu eruieren. Angesichts der grossen Artenzahl von Insekten empfiehlt sich, für Arten(gruppen) mit ähnlichen Lebensraumanprüchen gemeinsame Aktionspläne zu entwickeln.

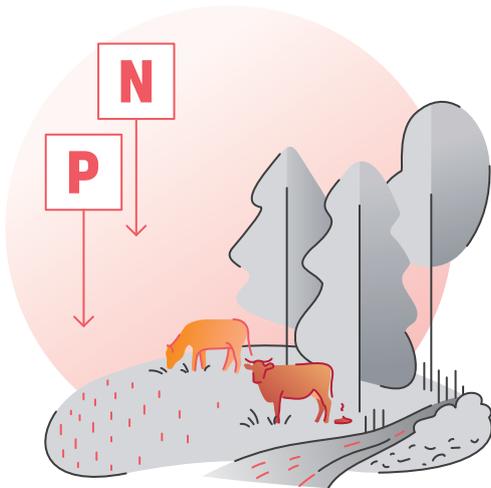
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 99



9.4 Risiken und Einsatz von Pestiziden minimieren

Pestizide (Pflanzenschutzmittel und Biozide) werden sowohl in der Landwirtschaft als auch im Siedlungsraum und anderen Bereichen eingesetzt und können Nicht-Zielorganismen an Land, in Gewässern und in der Luft schädigen. Für Insekten sind insbesondere Insektizide relevant, aber auch andere Pestizide (z.B. Herbizide) können negative Effekte haben. Betroffen sind Insekten nicht nur auf Flächen, auf denen Pestizide ausgebracht werden; die Pestizide gelangen auch in andere Lebensräume wie angrenzende Naturschutzgebiete und Biodiversitätsförderflächen sowie in Gewässer. Zwar wurden bereits diverse Massnahmen zur Risikoreduktion des Pestizideinsatzes eingeleitet. In Gewässern werden ökotoxikologisch basierte Umweltqualitätskriterien und rechtliche Anforderungen aber nach wie vor häufig und oft langanhaltend überschritten. Zur Verminderung der unerwünschten Auswirkungen auf Insekten ist es notwendig, den Einsatz besonders riskanter Pestizide, ihre Emissionen sowie die insgesamt behandelte Fläche zu reduzieren. Mittelfristig gilt es, landwirtschaftliche Produktionssysteme mit möglichst geringer Abhängigkeit von Pflanzenschutzmitteln sowie umweltfreundlichere Alternativen zu entwickeln und auch einzusetzen. Im Siedlungsraum sollen Akteure des privaten und öffentlichen Sektors motiviert werden, auf Pestizide zu verzichten.

Massnahmen: Tabelle A.2, S. 99



9.5 Stickstoff- und Phosphoreinträge reduzieren

Die Stickstoffdüngung wie auch die fast flächendeckende Stickstoffdeposition über die Luft verändern die Vegetationsstruktur und -zusammensetzung und mindern dadurch die Qualität der Lebensräume für zahlreiche Insekten. Die Ursache für die Einträge über die Luft liegt teilweise beim Verkehr und der Industrie, hauptsächlich aber bei den hohen Nutztierbeständen, die zu grossen Hofdüngermengen und Ammoniakemissionen führen. Die Reduktion der Nutztierbestände ist der Schlüsselfaktor für die Reduktion der unerwünschten Stickstoffeinträge über die Luft wie auch für die Reduktion der anfallenden Hofdüngermenge.

Phosphor gelangt in Folge der Düngung in die Böden und Gewässer und verursacht in Seen und Weihern Eutrophierungserscheinungen oder verlangsamt die Erholung von früheren Eutrophierung. Dies beeinträchtigt die Lebensgemeinschaften in Gewässern.

Um beide, die übermässigen Stickstoff- und Phosphor-Emissionen, grossflächig zu reduzieren gilt es, die landwirtschaftliche Produktionsintensität an die betriebseigene Produktionskapazität und die ökologische Tragfähigkeit des Standortes anzupassen.

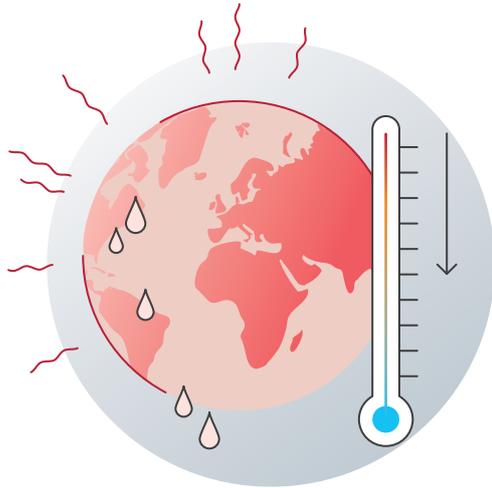
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 100



9.6 Bewirtschaftung insektenfreundlich gestalten

Viele genutzte wie auch kaum genutzte Flächen haben ein grosses Potenzial für Insekten. Das gilt für Verkehrsbegleitflächen entlang von Schienen, Strassen und Wegen, für Parkanlagen und Gärten in Siedlungen, aber auch Wiesen, Weiden und Biodiversitätsförderflächen im Landwirtschaftsgebiet. Mahdhäufigkeit und -zeitpunkt sowie die Schnitthöhe, beeinflussen Insekten massgeblich. Insekten profitieren von gestaffelten Schnittzeitpunkten, arten- und blütenreichen Säumen und in der Landwirtschaft teilweise von einer Vor- oder Nachnutzung durch Beweidung. Auf dem Boden oder in der Krautschicht lebende Insekten profitieren von einer extensiven Bewirtschaftung. Werden Bewirtschaftungs- und Erntetechniken wie Kreisel- und Fadenmäher, Mähgutaufbereiter, Silage oder Laubbläser sowie Steinfräsen, die wertvolle Strukturen zerstören, vermieden, werden die Verluste bei Insekten und anderen Kleintieren geringer ausfallen. Wo immer möglich sind deshalb insektenfreundliche Techniken einzusetzen, auch bei öffentlichen Grünflächen, in Parkanlagen und Privatgärten. Im Wirtschaftswald bedeutet eine insektenfreundliche Bewirtschaftung unter anderem ein angemessenes Angebot von ökologisch besonders wertvollen Bäumen (sog. Habitatbäumen) und Totholz unterschiedlichen Alters und Qualität.

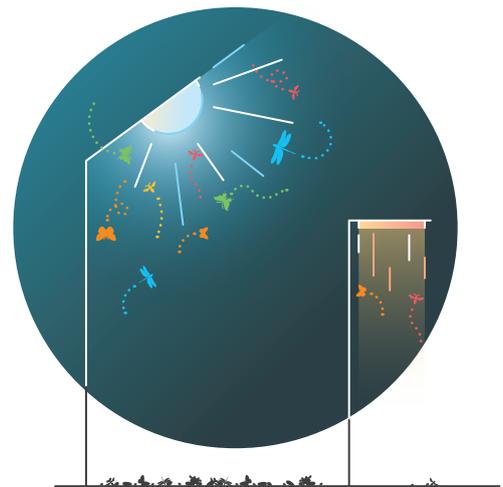
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 100–101



9.7 Klimawandel abwenden

Der Klimawandel ist heute weltweit die dritt wichtigste Ursache des Biodiversitätsrückgangs. Kurzfristig können gewisse Insektenarten von einer Erwärmung profitieren und ihr Verbreitungsareal ausdehnen. Dies betrifft insbesondere wärmeliebende Arten, Generalisten und Schädlinge. Andere, insbesondere spezialisierte Arten, für welche die Schweiz eine grosse Verantwortung trägt, gehen jedoch zurück, weil ihre Lebensräume verschwinden oder austrocknen (Gewässerinsekten), weil die Konkurrenz durch Arten, die vom Klimawandel profitieren, zunimmt (beteiligt sind alpine Arten) oder weil die Nahrungsressourcen knapper werden. Direkte, effektive Klimaschutzmassnahmen sowie indirekte Massnahmen zur Abschwächung der Auswirkungen des Klimawandels sind deshalb auch für die Erhaltung der Insektenvielfalt essenziell.

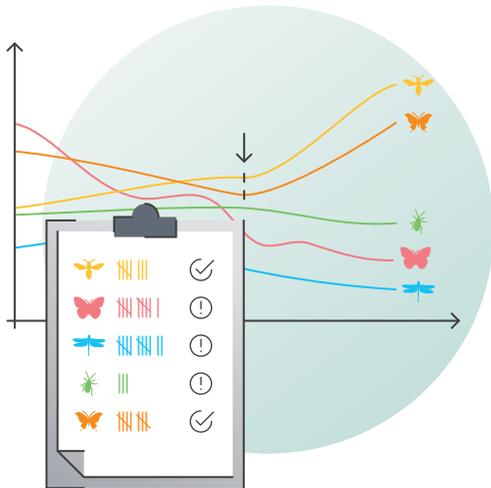
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 101



9.8 Lichtverschmutzung reduzieren

Nachtaktive Insekten wie Nachtfalter reagieren besonders empfindlich auf Veränderungen der natürlichen Hell-Dunkel-Zyklen. Künstliche Lichtquellen ziehen Fluginsekten an, locken sie aus ihren angestammten Lebensräumen weg und führen oft zu ihrem Tod. Für den Insektenschutz ist eine Reduktion der Lichtverschmutzung wichtig. Die Einrichtung von Dunkelflächen und -korridoren, die Entfernung oder temporäre Abschaltung nicht benötigter Lichtquellen, die gezielte Abschirmung von Lichtquellen sowie die systematische Einführung von LED-Lampen mit insektenfreundlichem Lichtspektrum können grundsätzlich dazu beitragen, die unerwünschten Effekte von Lichtemissionen auf Insekten zu vermindern.

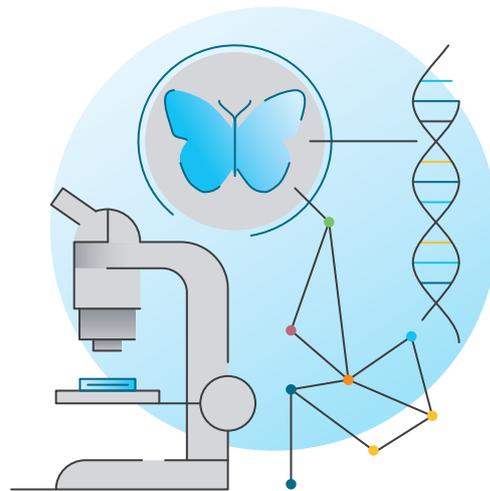
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 102



9.9 Monitoring und Erfolgskontrollen ausbauen

Aufgrund ihrer enormen Diversität stellen die Erfassung der Artenvielfalt, die Überwachung der Entwicklung ihrer Populationsgrößen und der Flächen ihrer Verbreitungsgebiete, die Untersuchung ihrer Lebensraumansprüche oder der von ihnen erbrachten Ökosystemleistungen eine enorme Herausforderung dar. Es fehlen systematische, grossräumige und langfristige Untersuchungen zu verschiedenen Insektenarten und -gruppen. Über die längerfristige Entwicklung der Insekten-Biomasse ist in der Schweiz kaum etwas bekannt. Bestehende Monitoringprogramme sollten fortgesetzt und verstärkt werden, indem zusätzliche Insektengruppen und (soweit möglich) ihre Biomasse erfasst werden. Bei Erfolgskontrollen von Biodiversitätsfördernden Massnahmen sind vermehrt auch Insekten einzubeziehen.

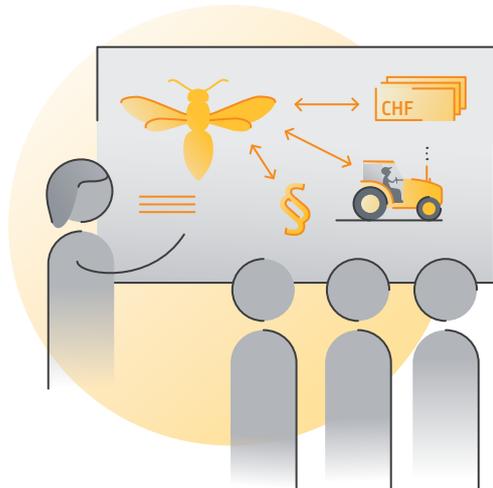
Massnahmen: Tabelle A.2, S. 103



9.10 Forschung intensivieren

Der Zustand und die Entwicklung der Vielfalt vieler Insektengruppen sowie ihre Häufigkeit und Rolle in Ökosystemen (Ökosystemleistungen) sind noch immer unzureichend untersucht. fehlen grundlegende Informationen zur Biologie und Ökologie vieler Insektenarten, ihrer Artenvielfalt, ihrer Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel und damit auch einen allfälligen Handlungsbedarf. Dies gilt insbesondere für seltenen und gefährdete Arten sowie für Arten, für welche die Schweiz eine besondere Verantwortung trägt (z. B. alpine Arten, insbesondere endemische).

Massnahmen: Tabelle A.2, S. 104

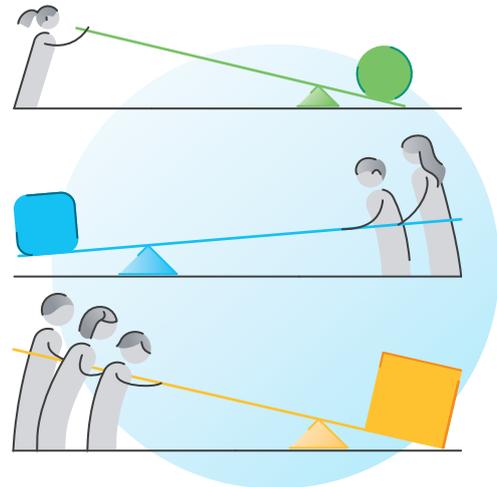


9.11 Artenkenntnisse und Handlungskompetenzen verbessern

Insekten und ihre Lebensräume werden oft aus Ordnungseifer, fehlendem Interesse oder Unwissenheit beeinträchtigt oder zerstört. In erster Linie fehlt es an Artenkenntnis, aber auch am Wissen um ihre Lebensraumsprüche und die Möglichkeiten, Insekten zu fördern und zu erhalten. Zur Sicherung des Nachwuchses von Artenkennerinnen und Artenkennern braucht es eine Stärkung der Insektensystematik und -faunistik. Gleichzeitig muss der Einstieg von jungen Leuten in die Entomologie durch einen mehr organismisch orientierten Unterricht in den Mittelschulen, aber auch in Berufs- und Fachhochschulen gefördert werden. Das Angebot an Aus- und Weiterbildungen zu verschiedenen Insektengruppen (Artenkenntnis, Ökologie etc.) ist zu stärken. Für die Bestimmung auch bisher wenig bekannter Insektengruppen sollten innovative und attraktive Tools entwickelt werden.

In der Grund- und Weiterbildung zu den grünen Berufen (Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Gartenbau etc.), für Unterhaltsdienste von Gemeinden und Kantonen sowie für die Schutzgebietenbetreuung, aber auch für weitere raumrelevante Akteurinnen und Akteure aus Siedlungsplanung, Facility Management und Immobilienentwicklung müssen Sensibilisierungsaktivitäten angeboten und Aus- und Weiterbildungsangebote entwickelt werden, in denen Kenntnisse und Fähigkeiten zu insektenfreundlichen Bewirtschaftungsmethoden vermittelt werden. Auch Privatpersonen sollte ein entsprechendes Kursangebot zur Verfügung stehen. Gute Beispiele («Best Practice») für die Förderung der Insekten im Siedlungsraum sollten gesammelt, dokumentiert und benutzerfreundlich und in ansprechender Form kommuniziert werden.

Massnahmen: Tabelle A.2, S. 105



9.12 Die grossen Hebel angehen

Gemäss dem Weltbiodiversitätsrat IPBES ist ein transformativer Wandel von Wirtschaft und Gesellschaft in Richtung Nachhaltigkeit und deutlich geringerem Ressourcenverbrauch nötig, um den Rückgang der Biodiversität und damit auch der Vielfalt der Insekten aufzuhalten (IPBES 2019). Damit verbunden sind neue Visionen für ein gutes Leben, das deutlich weniger stark an den Verbrauch von Ressourcen gekoppelt ist.

Wichtige Hebel, die helfen, die direkten und indirekten Ursachen für den Rückgang der Biodiversität zu mindern, sind gemäss IPBES die konsequente Integration von Biodiversitätsaspekten bei der Erarbeitung und regelmässigen Überprüfung von Gesetzen und Programmen in allen Politikbereichen, die Internalisierung von Externalitäten sowie die Umlenkung oder Abschaffung biodiversitätsschädigender Subventionen. Im Sinne eines Mainstreamings soll der Einbezug der Biodiversität in allen relevanten Bereichen und Sektoren zur Selbstverständlichkeit werden.

Massnahmen: Tabelle A.2, S. 106



Unter dem Namen «Mauerbienen» werden Arten aus der Gattung *Osmia* und *Hoplitis* zusammengefasst. Die hier abgebildete **Rote bzw. Goldene Schneckenhaus-Mauerbiene** (*Osmia aurulenta*) ist eine typische Vertreterin aus dieser Gruppe. Wie der Name schon andeutet, nisten sie in leeren Schneckenhäuschen, in welchen die Weibchen die Brutzellen anlegen. Die Art kommt in der ganzen Schweiz bis in eine Höhe von ca. 1900 Meter vor und ist relativ häufig.

10 Literatur

- Akademien der Wissenschaften Schweiz (2019) **Insektenschwund in der Schweiz und mögliche Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft**.
- Aktionsplan des Bundesrates (2017) **Aktionsplan Strategie Biodiversität Schweiz**. Bundesamt für Umwelt (BAFU) (Hrsg.). Bern.
- Altermatt F (2020) **Die ökologische Funktion der Gewässerräume**. Umweltrecht in der Praxis 1: 51–67
- 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, Fritsch D, Huber W, Whitebread S (2006) **Die Gross-Schmetterlingsfauna der Region Basel**. Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel, Band 2, 423 S.
- Altermatt F, Fritsch D, Whitebread S, Erhardt A (2003) **Schmetterlinge (Lepidoptera)**. In: Fauna und Flora auf dem Eisenbahngelände im Norden Basels. Burckhardt D, Baur B, Studer A (eds). Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel 1: 118–132.
- Apolloni N, Gerber A, Birrer S, Spaar R (2017) **Intensification des pâturages maigres et pâturages boisés dans la chaîne jurassienne. Pratique et réglementation du girobroyage**. Schweizerische Vogelwarte Sempach.
- Artmann-Graf G, Erhardt A (2021) **20 Jahre Insektenmonitoring in der zentralen Nordwestschweiz**. oekart.ch.
- Artmann-Graf G (2017) **Heuschrecken in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring VVS/BirdLife Solothurn**.
- Artmann-Graf G (2015) **Tagfalter in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring**. Pro Natura Solothurn.
- Aubert J, Aubert J-J, Goeldlin P (1976) **Doze ans de captures systématiques de Syrphides (Diptères) au col de Bretolet (Alpes valaisannes)**. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 49: 115–142.
- Augenstein B, Ulrich W, Habel JC (2012) **Directional temporal shifts in community structure of butterflies and ground beetles in fragmented oligotrophic grasslands of Central Europe**. Basic and Applied Ecology 13: 715–724.
- Bächli G, Merz B, Hänni J-P (2014) **Dritter Nachtrag zur Checkliste der Diptera der Schweiz**. Entomo Helvetica 7: 119–140.
- BAFU (Hrsg.) (2020) **Monitoring und Wirkungskontrolle Biodiversität. Übersicht zu nationalen Programmen und Anknüpfungspunkten**. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2005: 57 S.
- BAFU (Hrsg.) (2019) **Stand der Umsetzung der Biotopinventare von nationaler Bedeutung. Kantonsumfrage 2018**. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BAFU (2013) **Aktionspläne für National Prioritäre Arten**. Entwurf. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 35 S.
- BAFU (2012) **Konzept Artenförderung Schweiz**. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 64 S.
- BAFU (2010) **Klimaerwärmung verändert die Vielfalt**. BDM-FACTS 1: 1–3.
- BAFU und BLW (2016) **Umweltziele Landwirtschaft**. Statusbericht 2016. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1633: 114 S.
- BAFU, BFE, ARE (Hrsg.) (2011) **Empfehlung zur Erarbeitung kantonaler Schutz- und Nutzungsstrategien im Bereich Kleinwasserkraftwerke**. Bern: 28 S.
- Balmer O (1999) **Die Schmetterlingsfauna an mageren Standorten des Jura in verschiedenen Stadien der Verbrachung**. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 72: 303–314.
- Balmer O, Erhardt A (2000) **Consequences of succession on extensively grazed grasslands for central European butterfly communities: Rethinking conservation practices**. Conservation Biology 14: 746–757.
- Baltensweiler W, Rubli D (1999) **Dispersal – an important driving force of the cyclic population dynamics of the larch bud moth**. Forest Snow Landsc Res 74: 3–153.
- Bang HS, Lee J-H, Kwon OS, Na YE, Jang YS, Kim WH (2005) **Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil**. Applied Soil Ecology 29: 165–171.
- Baur B (2021) **Naturschutzbiologie**. 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.
- Baur B, Coray A, Lenzin H, Schmera D (2020) **Factors contributing to the decline of an endangered flightless longhorn beetle: A 20-year study**. Insect Conservation and Diversity 13: 175–186.
- Baur B, Cremene C, Groza G, Rakosy L, Schileyko AA, Baur A, Stoll P, Erhardt A (2006) **Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania**. Biological Conservation 132: 261–273.
- Baur B, Coray A, Minoretti N, Zschokke S (2005) **Dispersal of the endangered flightless beetle *Dorcadion fuliginator* (Coleoptera: Cerambycidae) in spatially realistic landscapes**. Biological Conservation 124: 49–61.
- Baur B, Duelli P, Edwards PJ, Jenni M, Klaus G, Künzle I, Martinez S, Pauli D, Peter K, Schmid B, Seidl I, Suter W (2004) **Biodiversität in der Schweiz: Zustand, Erhaltung, Perspektiven: wissenschaftliche Grundlagen für eine nationale Strategie**. Bern: Haupt.
- Baur B, Baur H, Roesti C, Roesti D (2006) **Die Heuschrecken der Schweiz**. 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.
- Baur H, Ungricht S (2019a) **Insekten – noch viel artenreicher als gedacht!** HOTSPOT 40: 7.
- Baur H, Ungricht S (2019b) **Schätzung der Anzahl Insektenarten in der Schweiz [Data set]**. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3431118>.
- Bergamini A, Ginzler C, Schmidt BR, Bedolla A, Boch S, Ecker K, Graf U, Kuchler H, Kuchler M, Dosch O, Holderegger R (2019) **Resultate der Wirkungskontrolle Biotopschutz – Kurzfassung**. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern. 21 S.
- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers AP, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J, Kunin WE (2006) **Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands**. Science 313: 351–354.
- Birkhofer K, Bezemer TM, Bloem J, Bonkowski M, Christensen S, Dubois D, Ekelund F, Fliessbach A, Gunst L, Hedlund K, Mäder P, Mikola J, Robin C, Setälä H, Tatin-Froux F, Van der Putten WH, Scheu S (2008) **Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity**. Soil Biology and Biochemistry 40: 2297–2308.
- Blitzer EJ, Gibbs J, Park MG, Danforth BN (2016) **Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities**. Agriculture, Ecosystems and Environment 221: 1–7.
- Blöchlinger H (2010) **Tagfalter im Seebachtal**. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 64: 167–181.

- Bornand C, Gygax A, Juillerat P, Jutzi M, Möhl A, Rometsch S, Sager L, Santiago H, Eggenberg S (2016) **Rote Liste Gefässpflanzen. Gefährdete Arten der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt, Bern und Info Flora, Genf. Umwelt-Vollzug Nr. 1621: 178 S.
- Bossart S, Meier C, Schiess H, Hohl M (2015) **Schleichende Verarmung der Tagfalterfauna.** Zürcher Umweltp Praxis und Raumentwicklung 80: 35–38.
- Bosshard A (2015) **Rückgang der Fromentalwiesen und die Auswirkungen auf die Biodiversität.** Agrarforschung Schweiz 6: 20–27.
- Braaker S, Ghazoul J, Obrist MK, Moretti M (2014) **Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roofs.** Ecology 95: 101–1021.
- Brändli UB, 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.
- Braschler B, Baur B (2016) **Diverse effects of a seven-year experimental grassland fragmentation on major invertebrate groups.** PLoS ONE 11: e0149567.
- Braschler B, Marini L, Thommen GH, Baur B (2009) **Effects of small-scale grassland fragmentation and frequent mowing on population density and species diversity of orthopterans: a long-term study.** Ecological Entomology 34: 321–329.
- Breeze TD, Bailey AP, Balcombe KG, Potts SG (2011) **Pollination services in the UK: How important are honeybees?** Agriculture, Ecosystems and Environment 142: 137–143.
- Breitenmoser S (2013) **Etude de populations de Lucane cerf-volant *Lucanus cervus* (L., 1758) (Coleoptera, Lucanidae) en zone périurbaine à Rolle (VD) de 2007 à 2012.** Entomo Helvetica 6: 49–61.
- Brittain CA, Vighi M, Bommarco R, Settele J, Potts SG (2010) **Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales.** Basic and Applied Ecology 11: 106–115.
- Brühl CA, Zaller JG (2019) **Biodiversity decline as a consequence of an inappropriate environmental risk assessment of pesticides.** Frontiers in Environmental Science 7: 177.
- Büntgen U, Liebhold A, Nievergelt D, Wermelinger B, Roques A, Reing F, Krusic PJ, Piermattei A, Egli S, Cherubini P, Esper J (2020) **Return of the moth: rethinking the effect of climate on insect outbreaks.** Oecologia 192: 543–552.
- Burckhardt D (2000) **Entomofaunistik in der Schweiz.** Entomologica Basiliensia 22: 31–43.
- Burdon FJ, Munz NA, Reyes M, Focks A, Joss A, Räsänen K, Altermatt F, Eggen RIL, Stamm C (2019) **Agriculture versus wastewater pollution as drivers of macroinvertebrate community structure in streams.** Science of The Total Environment 659: 1256–1265.
- Burghardt KT, Tallamy DW, Philips C, Shropshire KJ (2010) **Non-native plants reduce abundance, richness, and host specialization in lepidopteran communities.** Ecosphere 1: 1–22.
- Burrows MT, Schoeman DS, Buckley LB, Moore P, Poloczanska ES, Brander KM, Brown C, Bruno JF, Duarte CM, Halpern BS, Holding J, Kappel CV, Kiessling W, O'Connor MI, Padolfi JM, Parmesan C, Schwing FB, Sydeman WJ, Richardson AJ (2011) **The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems.** Science 334: 652–655.
- Bush A, Theischinger G, Nipperess D, Turak E, Hughes L (2013) **Dragonflies: climate canaries for river management.** Diversity and Distributions 19: 86–97.
- Bussler H (2011) **Bark beetles – between pest species and ecosystem engineers.** Dissertation Philipps Universität Marburg.
- Bütler R, Lachat T, Krumm F, Kraus D, Larrieu L (2020) **Habitatbäume kennen, schützen und fördern.** Merkblatt für die Praxis 64: 1–12.
- Button L, Elle E (2014) **Wild bumble bees reduce pollination deficits in a crop mostly visited by managed honey bees.** Agriculture Ecosystems and Environment 197:255–263.
- Cardoso P, Barton PS, Birkhofer K, Chichorro F, Deacon C, Fartmann T, Fukushima CS, Gaigher R, Habel JC, Hallmann CA, Hill MJ, Hochkirch A, Kwak ML, Mammola S, Noriega JA, Orfinger AB, Pedraza F, Pryke JS, Roque FO, Settele J, Simaika JP, Stork NE, Suhling F, Vorster C, Samways MJ (2020) **Scientists' warning to humanity on insect extinctions.** Biological Conservation 242: 108426.
- Chen I-C, Hill JK, Ohlemüller R, Roy DB, Thomas CD (2011) **Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming.** Science 333: 1024–1026.
- Conrad KF, Warren MS, Fox R, Parsons MS, Woiwod IP (2006) **Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis.** Biological Conservation 132: 279–29.
- Delarze R (1996) **Les orthoptères des Grassettes (Noville, Vaud, CH) et leur distribution dans le site marécageux.** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 84: 9–17.
- Del Toro I, Ribbons RR, Pelini SL (2012) **The little things that run the world revisited: a review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae).** Myrmecological News 17:133–146.
- Desquilbette M, Gaume L, Grippa M, Céréghino R, Humbert J-F, Bonmatin J-M, Cornillon P-A, Maes D, Van Dyck H, Goulson D (2020) **Comment on "Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances".** Science 370 : eabd8947.
- Devictor V, van Swaay C, Brereton T, Brotons L, Chamberlain D, Heliölä J, Herrando S, Julliard R, Kuussaari M, Lindström Å, Reif J, Roy DB, Schweiger O, Settele J, Stefanescu C, Van Strien A, Van Turnhout C, Vermouzek Z, WallisDeVries M, Wynhoff I, Jiguet F (2012) **Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale.** Nature Climate Change 2: 121–124.
- Didham RK, Basset Y, Collins CM, Leather SR, Littlewood NA, Menz MHM, Müller J, Packer L, Saunders ME, Schönrogge K, Stewart AJA, Yanoviak SP, Hassall C (2020) **Interpreting insect declines: seven challenges and a way forward.** Insect Conservation and Diversity 13: 103–114.
- Di Giulio M (2016) **Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet: gute Beispiele und Erfolgsfaktoren.** Bern: Haupt Verlag.
- Di Giulio M, Edwards PJ, Meister E (2001) **Enhancing insect diversity in agricultural grasslands: the roles of management and landscape structure.** Journal of Applied Ecology 38: 310–319.
- Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Isaac NJB, Collen B (2014) **Defaunation in the Anthropocene.** Science 345: 401–406.
- Doppler T, Diezel A, Wittmer I, Grelot J, Rinta P, Kunz M (2020) **Mikroverunreinigung im Gewässermonitoring – Ausbau von NAWA Trend und erste Resultate 2018.** Aqua & Gas 7/8 44–53.
- Doppler T, Mangold S, Wittmer I, Spycher S, Cornte R, Stamm C, Singer H, Jungans M, Kunz M (2017) **Hohe PSM-Belastung in Schweizer Bächen: NAWA-Spez-Kampagne untersucht Bäche in Gebieten intensiver landwirtschaftlicher Nutzung.** Aqua & Gas 4: 47–56.
- Dudley N, Alexander S (2017) **Agriculture and biodiversity: a review.** Biodiversity 18: 1–5.
- Duelli P, Wermelinger B (2010) **Der Alpenbock (*Rosalia alpina*). Ein seltener Bockkäfer als Flaggschiff-Art.** Merkblatt für die Praxis, 39. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.
- Duelli P, Obrist MK (1998) **In search of the best correlates for local biodiversity in cultivated areas.** Biodiversity and Conservation 7: 297–309.
- Duelli P (Red.) (1994) **Rote Listen der gefährdeten Tierarten der Schweiz.** Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. Vollzug Umwelt: 97 S.

- Egan JF, Bohnenblust E, Goslee S, Mortensen D, Tooker J (2014) **Herbicide drift can affect plant and arthropod communities.** *Agriculture, Ecosystems & Environment* 185: 77–87.
- Eichel S, Fartmann T (2008) **Management of calcareous grasslands for Nickerl's fritillary (*Melitaea aurelia*) has to consider habitat requirements of the immature stages, isolation, and patch area.** *Journal of Insect Conservation* 12: 677–688.
- Eisenbeis G, Hänel A (2009) **Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects.** In: McDonnell MJ, Hahs AH, Breuste JH. *Ecology of cities and towns.* Cambridge: Cambridge University Press. 243–263.
- Elizalde L, Arbetman M, Arnan X, Eggleton P, Leal IR, Lescano MN, Saez A, Werenkraut V, Pirk GI (2020) **The ecosystem services provided by social insects: traits, management tools and knowledge gaps.** *Biological Reviews* 95, 1418–1441.
- Erhardt A, Thomas JA (1991) **Lepidoptera as indicators of change in the semi-natural grasslands of lowland and upland Europe.** In *The conservation of insects and their habitats* (Collins NM; Thomas JA, eds) S. 213–236. London: Academic Press.
- Ewald KC, Klaus G (2010) **Die ausgewechselte Landschaft: vom Umgang der Schweiz mit ihrer wichtigsten natürlichen Ressource.** 2. Auflage, Bern: Haupt Verlag.
- Ewald JA, Wheatley CJ, Aebischer NJ, Moreby SJ, Duffield SJ, Crick HQP, Morecroft MB (2015) **Influences of extreme weather, climate and pesticide use on invertebrates in cereal fields over 42 years.** *Global Change Biology* 21: 3931–3950.
- Fartmann T, Jedicke E, Streitberger M, Stuhldreher G (2021) **Insektensterben in Mitteleuropa: Ursachen und Gegenmassnahmen.** Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Filser J, Faber JH, Tiunov AV, Brussaard L, Frouz J, De Deyn G, Uvarov AV, Berg MP, Lavelle P, Loreau M, Wall DH, Querner P, Eijsackers H, Jiménez JJ (2016) **Soil fauna: key to new carbon models.** *SOIL* 2: 565–582.
- Filz KJ, Engler JO, Stoffels J, Weitzel M, Schmitt T (2013) **Missing the target? A critical view on butterfly conservation efforts on calcareous grasslands in south-western Germany.** *Biodiversity and Conservation* 22: 2223–2241.
- Fischer J, Lindenmayer DB (2007) **Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis.** *Global Ecology and Biogeography* 16: 265–280.
- Fivaz FP, Gonseth Y (2014) **Using species distribution models for IUCN Red Lists of threatened species.** *Journal of Insect Conservation* 18: 427–436.
- Fletcher RJ, Didham RK, Banks-Leite C, Barlow J, Ewers RM, Rosindell J, Holt RD, Gonzalez A, Pardini R, Damschen EI, Melo FPL, Ries L, Prevedello JA, Tscharntke T, Laurance WF, Lovejoy T, Haddad NM (2018) **Is habitat fragmentation good for biodiversity?** *Biological Conservation* 226: 9–15.
- Foley JA, DeFries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder PK (2005) **Global consequences of land use.** *Science* 309: 570–574.
- Forister ML, Novotny V, Panorska AK, Baje L, Basset Y, Butterill PT, Cizek L, Coley PD, Dem F, Diniz IR, Drozd P, Fox M, Glassmire AE, Hazen R, Hreck J, Jahner JP, Kaman O, Kozubowski TJ, Kursar TA, Lewis OT, Lill J, Marquis RJ, Miller SE, Morais HC, Murakami M, Nickel H, Pardikes NA, Ricklefs RE, Singer MS, Smilanich AM, Stireman JO, Villamarín-Cortez S, Vodka S, Volf M, Wagner DL, Walla T, Weiblen GD, Dyer LA (2015) **The global distribution of diet breadth in insect herbivores.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112: 442–447.
- Forister ML, McCall AC, Sanders NJ, Fordyce JA, Thorne JH, O'Brien J, Waetjen DP, Shapiro AM (2010) **Compounded effects of climate change and habitat alteration shift patterns of butterfly diversity.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 2088–2092.
- Forrest JRK (2016) **Complex responses of insect phenology to climate change.** *Current Opinion in Insect Science* 17:49–54.
- Forum Biodiversität Schweiz (2020) **Argumente für die Erhaltung der Biodiversität.** *HOTSPOT* 21: 1–32.
- Fox R, Oliver TH, Harrower C, Parsons MS, Thomas CD, Roy DB (2014) **Long-term changes to the frequency of occurrence of British moths are consistent with opposing and synergistic effects of climate and land-use changes.** *Journal of Applied Ecology* 51: 949–957.
- Fox R (2013) **The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes.** *Insect Conservation and Diversity* 6: 5–19.
- Frick R, Fluri P (2001) **Bienenverluste beim Mähen mit Rotationsmäherwerken.** *AGRAR Forschung* 8: 196–201.
- Fürst J (2020) **Arthropod biomass, abundance and species richness changes since 1987 in the Limpach valley, CH.** MSc Thesis, University of Basel and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.
- Gallmann P, Charrière JD (2014) **Expertenbericht-Vorschläge für Massnahmen zur Förderung der Gesundheit der Bienen.** Agroscope.
- Ganser D, Albrecht M, Knop E (2021) **Wildflower strips enhance wild bee reproductive success.** *Journal of Applied Ecology* 58: 486–495.
- Gardiner T, Didham RK (2020) **Glowing, glowing, gone? Monitoring long-term trends in glow-worm numbers in south-east England.** *Insect Conservation and Diversity* 13: 162–174.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalheiro LG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka KM, Krishnan S, Mandelik Y, Otieno M, Peteresen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlöf M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tscharntke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N, Klein AM (2013) **Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance.** *Science* 339: 1608–1611.
- Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C, Morales JM, Bommarco R, Cunningham SA, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Greenleaf SS, Holzschuh A, Isaacs R, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin LA, Potts SG, Ricketts TH, Szentgyörgyi H, Viana BF, Westphal C, Winfree R, Klein AM (2011) **Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits.** *Ecology Letters* 14: 1062–1072.
- Gaston KJ (2019) **Nighttime Ecology: The “Nocturnal Problem” Revisited.** *The American Naturalist* 193: 481–502.
- Geiger F, Bengtsson J, Berendse F, Weisser WW, Emmerson M, Morales MB, Ceryngier P, Liira J, Tscharntke T, Winqvist C, Eggers S, Bommarco R, Pärt T, Bretagnolle V, Plantegenest M, Clement LW, Dennis C, Palmer C, Oñate JJ, Guerrero I, Hawro V, Aavik T, Thies C, Flohre A, Hänke S, Fischer C, Goedhart PW, Inchausti P (2010) **Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland.** *Basic and Applied Ecology* 11: 97–105.
- Gilburn AS, Bunnefeld N, Wilson JM, Botham MS, Brereton TM, Fox R, Goulson D (2015) **Are neonicotinoid insecticides driving declines of widespread butterflies?** *PeerJ* 3: e1402.
- Gonseth Y (2017) **Artensterben – zwischen individueller Verantwortung und kollektiver Verantwortungslosigkeit.** *HOTSPOT* 36: 8–9.

- Gonseth Y, Monnerat C (2002) **Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz**. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Vollzug Umwelt: 46 S.
- Gonseth Y, Geiger W (1987) **Atlas de distribution des papillons diurnes de Suisse (Lepidoptera Rhopalocera): (avec liste rouge)**. Neuchâtel: Centre suisse de cartographie de la faune.
- Goulson D (2019) **Insect declines and why they matter. A report commissioned by the South West Wildlife Trusts**. <https://www.suffolkwildlifetrust.org/news/insect-declines-and-why-they-matter>.
- Goulson D, Hanley ME, Darvill B, Ellis JS, Knight ME (2005) **Causes of rarity in bumblebees**. *Biological Conservation* 122: 1–8.
- Graf R, Korner P, Birrer S (2014) **Bewässerungsanlagen als Ursache für die Nutzungsintensivierung von Grünland im Engadin**. *Agrarforschung Schweiz* 5: 406–413.
- Grubisic M, van Grunsven RHA, Kyba CCM, Manfrin A, Hölker F (2018) **Insect declines and agroecosystems: does light pollution matter?** *Annals of Applied Biology* 173: 180–189.
- Gubler L, Ismail SA, Seidl I (2020) **Biodiversitätsschädigende Subventionen in der Schweiz**. Grundlagenbericht. WSL Berichte 96. 216 S.
- Guntern J, Baur B, Ingold K, Stamm C, Widmer I, Wittmer I, Altermatt F (2021) **Pestizide: Auswirkungen auf Umwelt, Biodiversität und Ökosystemleistungen**. *Swiss Academies Factsheets* 16 (2).
- Guntern J, Eichler A, Hagedorn F, Pellissier L, Schwikowski M, Seehausen O, Stamm C, van der Heijden MGA, Waldner P, Widmer I, Altermatt F (2020) **Übermäßige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer**. *Swiss Academies Factsheet* 15 (8).
- Guntern J, Lachat T, Pauli D, Fischer M (2013) **Flächenbedarf für die Erhaltung der Biodiversität und der Ökosystemleistungen in der Schweiz**. *Forum Biodiversität Schweiz der Akademie der Naturwissenschaften (SCNAT)*, Bern.
- Guyot C, Birrer S, Jenni L (2018) **Gibt es Daten zum Rückgang der Insektenbiomasse in der Schweiz? Kurzfassung der Resultate aus Literaturrecherche und Interviews von Fachpersonen**. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Habel JC, Samways MJ, Schmitt T (2019) **Mitigating the precipitous decline of terrestrial European insects: Requirements for a new strategy**. *Biodiversity and Conservation* 28: 1343–1360.
- Habel JC, Trusch R, Schmitt T, Ochse M, Ulrich W (2019) **Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across south-western Germany**. *Scientific Reports* 9: 14921.
- Habel JC, Schmitt T (2018) **Vanishing of the common species: Empty habitats and the role of genetic diversity**. *Biological Conservation* 218: 211–216.
- Habel JC, Segerer A, Ulrich W, Torchyk O, Weisser WW, Schmitt T (2016) **Butterfly community shifts over two centuries**. *Conservation Biology* 30: 754–762.
- Haddaway NR, Grames EM, Boyes DH, Saunders ME, Taylor NG (2020) **What evidence exists on conservation actions to conserve insects? A protocol for a systematic map of literature reviews**. *Environmental Evidence* 9: 30.
- Haeseler V (1993) **Bienen als Indikatoren zur Beurteilung von (geplanten) Eingriffen**. *Forschung, Strassenbau und Strassenverkehrstechnik*, 636: 197–205.
- Hafner A, Rieder J (2010) **Heuschrecken im Seebachtal**. *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft* 64: 155–165.
- Hafner A, Rieder J (2010) **Libellen im Seebachtal**. *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft* 64: 183–196.
- Hall DM, Camilo GR, Tonietto RK, Ollerton J, Ahrné K, Arduser M, Ascher JS, Baldock KCR, Fowler R, Frankie G, Goulson D, Gunnarsson B, Hanley ME, Jackson JJ, Langelotto G, Lowenstein D, Minor ES, Philpott SM, Potts SG, Sirohi MH, Spevak EM, Stone GN, Threlfall CG (2017) **The city as a refuge for insect pollinators**. *Conservation Biology* 31: 24–29.
- Hallmann CA, Ssymank A, Sorg M, Kroon H De, Jongejans E (2021) **Insect biomass decline scaled to species diversity: General patterns derived from a hoverfly community**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118: 1–8.
- Hallmann CA, Sorg M, Jongejans E, Siepel H, Hofland N, Schwan H, Stenmans W, Müller A, Sumser H, Hörren T, Goulson D, de Kroon H (2017) **More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas**. *PLoS ONE* 12: e0185809.
- Hallmann CA, Foppen RPB, van Turnhout CAM, de Kroon H, Jongejans E (2014) **Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations**. *Nature* 511: 341–343.
- Hanski I (1999) **Metapopulation Ecology**. Oxford: Oxford University Press.
- Harris JE, Rodenhouse NL, Holmes RT (2019) **Decline in beetle abundance and diversity in an intact temperate forest linked to climate warming**. *Biological Conservation* 240: 108219.
- Harvey JA, Heinen R, Armbrrecht I, Basset Y, Baxter-Gilbert JH, Bezemer TM, Böhm M, Bommarco R, Borges PAV, Cardoso P, Clausnitzer V, Cornelisse T, Crone EE, Dicke M, Dijkstra K-DB, Dyer L, Eilers J, Fartmann T, Forister ML, Furlong MJ, Garcia-Aguayo A, Gerlach J, Gols R, Goulson D, Habel JC, Haddad NM, Hallmann CA, Henriques S, Herberstein ME, Hochkirch A, Hughes AC, Jepsen S, Jones TH, Kaydan BM, Kleijn D, Klein A-M, Latty T, Leather SR, Lewis SM, Lister BC, Losey JE, Lowe EC, Macadam CR, Montoya-Lerma J, Nagano CD, Ogan S, Orr MC, Painting CJ, Pham T-H, Potts SG, Rauf A, Roslin TL, Samways MJ, Sanchez-Bayo F, Sar SA, Schultz CB, Soares AO, Thancharoen A, Tscharnkte T, Tylanakis JM, Umbers KDL, Vet LEM, Visser ME, Vujic A, Wagner DL, WallisDeVries MF, Westphal C, White TE, Wilkins VL, Williams PH, Wyckhuys KAG, Zhu Z-R, de Kroon H (2020) **International scientists formulate a roadmap for insect conservation and recovery**. *Nature Ecology & Evolution* 4: 174–176.
- Hayes TB, Hansen M (2017) **From silent spring to silent night: Agrochemicals and the anthropocene**. *Elementa: Science of the Anthropocene* 5: 57.
- Hefti D, Tomka I (1991) **Mayflies communities in a prealpine stream system of Switzerland**. *Aquatic Sciences* 53: 20–38.
- Hegetschweiler T (2003) **Landschaftsveränderungen und deren Auswirkungen auf das Tagfaltervorkommen von 1870 bis 1970 in der Gemeinde St. Gallen**. Praktikumsbericht Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- Helmuth B, Russell BD, Connell SD, Dong Y, Harley CDG, Lima FP, Sará G, Williams GA, Mieszowska N (2014) **Beyond long-term averages: making biological sense of a rapidly changing world**. *Climate Change Responses* 1: 6.
- Henry M, Béguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S, Decourtye A (2012) **A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees**. *Science* 336: 348–350.
- Hoess R (2015) **Faunenwandel der Libellen (Odonata) am Moossee (BE) während der letzten 140 Jahre unter dem Einfluss anthropogener Eingriffe**. *Entomo Helvetica* 8: 29–39.
- Hohl M (2006) **Spatial and temporal variation of grasshopper and butterfly communities in differently managed semi-natural grasslands of the Swiss Alps**. Dissertation ETH-Zürich.

Prachtkäfer (Buprestidae) tragen ihren Namen zu Recht. So auch der Weidenprachtkäfer (*Anthaxia salicis*), welcher durch seine metallisch schillernde Färbung trotz seiner geringen Körperlänge von 5-8 Millimeter auffällt. Während sich die erwachsenen Tiere vieler Prachtkäfer vorwiegend von Blütenpollen und -blättern ernähren, entwickeln sich die Larven im lebenden Holz und zählen somit zu den sogenannten xylobionten Käferarten.



- Holzschuh A, Dudenhöffer J-H, Tscharnkte T (2012) **Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry.** *Biological Conservation* 153: 101–107.
- Humbert J-Y, Richner N, Sauter J, Walter T, Ghazoul J (2010) **Wiesen-Ernteprozesse und ihre Wirkung auf die Fauna.** *ART-Bericht* 724: 1–12.
- Humbert J-Y, Ghazoul J, Walter T (2009) **Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna.** *Agriculture Ecosystems and Environment* 130: 1–8.
- 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: 45–51.
- Huwiler 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* 87: 298–304.
- Imesch N, Spaar R, Stöckli B (2020) **Aktionsplan zur Zielartenförderung im lichten Wald. Anleitung zur Kopplung der Zielarten- und Lebensraumförderung.** *InfoSpecies und AG Waldbiodiversität SFV*, 23 S.
- Imesch N, Stadler B, Bolliger M, Schneider O (2015) **Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald.** Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1503: 186 S.
- Ineichen S (2001) **Ein Hundertstel überlebte.** *Ornis* 4: 10–13.
- info fauna – Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF / CSCF) (2021) **Käfer.** <http://www.cscf.ch/cscf/de/home/fauna-der-schweiz/kafer.html>
- info fauna – Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF / CSCF) (2019) **Übersicht der Käferfamilien.** http://www.cscf.ch/cscf/Kaefer_Familien.
- IPBES (2019) **Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.** Brondizio ES, Settele J, Díaz S, Ngo HT (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1144 p.
- IPBES (2016) **The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.** Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 p.
- IPCC (2013) **Summary for Policymakers.** In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ives CD, Lentini PE, Threlfall CG, Ikin K, Shanahan DF, Gerrard GE, Bekessy SA, Fuller RA, Mumaw L, Rayner L, Rowe R, Valentine LE, Kendal D (2016) **Cities are hotspots for threatened species.** *Global Ecology and Biogeography* 25: 117–126.
- Jaeger JAG, Schwick C (2014) **Improving the measurement of urban sprawl: Weighted Urban Proliferation (WUP) and its application to Switzerland.** *Ecological Indicators* 38: 294–308.
- Jähniq SC, Baranov V, Altermatt F, Cranston P, Friedrichs-Manthey M, Gesit J, He F, Heino J, Hering D, Hölker F, Jourdan J, Kalinkat G, Kiesel J, Leese F, Maasri A, Monaghan MT, Schäfer RB, Trockner K, Tonkin JD, Domisch S (2021) **Revisiting global trends in freshwater insect biodiversity.** *WIREs Water* 8: e1506.
- Jakoby O, Wermelinger B (2015) **Online-Prognose zur Borkenkäferentwicklung für die Schweiz.** *Wald und Holz* 96: 17.
- Jakoby O, Wermelinger B, Stadelmann G, Lischke H (2015) **Borkenkäfer im Klimawandel – Modellierung des künftigen Befallsrisikos durch den Buchdrucker (Ips typographus).** Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 45 S.
- Janzen DH, Hallwachs W (2019) **Perspective: Where might be many tropical insects?** *Biological Conservation* 233: 102–108.
- Jarvis B (2018) **The insect apocalypse is here.** *The New York Times*.
- Jeanros B, Bertola C (2001) **Auswirkung der Beregnung auf Dauerwiesen einer Bergregion.** *Agrarforschung Schweiz* 8: 174–179.
- Kadlec T, Vrba P, Kepka P, Schmitt T, Konvička M (2010) **Tracking the decline of the once-common butterfly: delayed oviposition, demography and population genetics in the hermit Chazara briseis.** *Animal Conservation* 13:172–183.
- Kaelin K, Altermatt F (2016) **Landscape-level predictions of diversity in river networks reveal opposing patterns for different groups of macroinvertebrates.** *Aquatic Ecology* 50: 283–295.
- Kanton Aargau (2019) **Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der Normallandschaft des Kantons Aargau (LANAG) – Resultate 2019.**
- Keith DA, Rodríguez JP, Rodríguez-Clark KM, Nicholson E, Aapala K, Alonso A, Asmussen M, Bachman S, Basset A, Barrow EG, Benson JS, Bishop MJ, Bonifacio R, Brooks TM, Burgman MA, Comer P, Comín FA, Essl F, Faber-Langendoen D, Fairweather PG, Holdaway RJ, Jennings M, Kingsford RT, Lester RE, Mac Nally R, McCarthy MA, Moat J, Oliveira-Miranda MA, Pisanu P, Poulin B, Regan TJ, Riecken U, Spalding MD, Zambrano-Martínez S (2013) **Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems.** *PLoS ONE* 8: e62111.
- Keller V, Gerber A, Schmid H, Volet B, Zbinden N (2010) **Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010.** Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Umwelt-Vollzug Nr. 1019. 53 S.
- Keller WCF, Keller-Stänz S, Gloor P, Kopp A, Dürr W (2000) **Neue Erkenntnisse über die Veränderungen der Tag- und Nachtfalterfauna (Lepidoptera) in der Region Rehetobel AR im 20. Jahrhundert.** *Berichte der St.Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft* 89: 155–206.
- Keller WCF (1994) **Veränderungen der Insektenwelt am Beispiel der Lepidoptera (Tag- und Nachtfalter) in der Region Rehetobel/AR zwischen Anfang des 20. Jahrhunderts (1906–1936) und heute.** *Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft* 87: 153–163.
- Kennedy CM, Lonsdorf E, Neel MC, Williams NM, Ricketts TH, Winfree R, Bommarco R, Brittain C, Burley AL, Cariveau D, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Cunningham SA, Danforth BN, Dudenhöffer J-H, Elle E, Gaines HR, Garibaldi LA, Gratton C, Holzschuh A, Isaacs R, Javorek SK, Jha S, Klein AM, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin L, Neame LA, Otieno M, Park M, Potts SG, Rundlöf M, Saez A, Steffan-Dewenter I, Taki H, Viana BF, Westphal C, Wilson JK, Greenleaf SS, Kremen C (2013) **A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems.** *Ecology Letters* 16: 584–599.
- Kerr JT, Pindar A, Galpern P, Packer L, Potts SG, Roberts SM, Rasmont P, Schweiger O, Colla SR, Richardson LL, Wagner DL, Gall LF, Sikes DS, Pantoja A (2015) **Climate change impacts on bumblebees converge across continents.** *Science* 349: 177–180.
- Kiefer I, Steinsberger T, Wüest A, Müller B (2020) **Sauerstoffzehrung in Seen.** *Aqua & Gas* 7/8: 62–70.
- Kiser K (2006) **Tagaktive Grossschmetterlinge als Bioindikatoren zur Erfolgskontrolle.** *Naturforschung in Obwalden und Nidwalden* 4.
- Klaus G, Gattlen N (2016) **Natur schaffen: ein praktischer Ratgeber zur Förderung der Biodiversität in der Schweiz.** 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.

- Kleijn D, Kohler F, Báldi A, Batáry P, Concepción ED, Clough Y, Díaz M, Gabriel D, Holzschuh A, Knop E, Kovács A, Marshall EJP, Tschardt T, Verhulst J (2009) **On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe**. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 903–909.
- Klein AM, Steffan-Dewenter I, Tschardt T (2003) **Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees**. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences* 270: 955–961.
- Klein RJT, Nicholls RJ, Thomalla F (2003) **The resilience of coastal megacities to weather-related hazards: a review**. In: Kreimer A, Arnold M, Carlin A (eds.) *Building safer cities: The future of disaster risk, Disaster Risk Management Series No. 3*, Washington, DC, 101–120.
- Knaus P, Antoniazza S, Wechsler S, Guélat J, Kéry M, Strebel N, Sattler T (2018) **Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016: Verbreitung und Bestandentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein**. Sempach: Schweizerische Vogelwarte.
- Knispel S, Lubini V (2015) **Assessing the stability of stonefly (Plecoptera) biodiversity in the Swiss National Park**. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 88: 257–271.
- Knoblauch A, Zaugg-Unternährer D, De Sassi C (2020) **Das «Insektensterben» und der Wald**. *Zürcher Wald* 1: 4–7.
- Knop E, Zoller L, Ryser R, Gerpe C, Hörler M, Fontaine C (2017) **Artificial light at night as a new threat to pollination**. *Nature* 548: 206–209.
- Knop E (2016) **Biotic homogenization of three insect groups due to urbanization**. *Global Change Biology* 22: 228–236.
- Knop E, Herzog F, Schmid B (2011) **Effect of connectivity between restoration meadows on invertebrates with contrasting dispersal abilities**. *Restoration Ecology* 19: 151–159.
- Kosior A, Celary W, Olejniczak P, Fijał J, Król W, Solarz W, Plonka P (2007) **The decline of the bumble bees and cuckoo bees (Hymenoptera: Apidae: Bombini) of Western and Central Europe**. *Oryx* 41: 79–88.
- Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, Packer L, Potts SG, Roulston T, Steffan-Dewenter I, Vázquez DP, Winfree R, Adams L, Crone EE, Greenleaf SS, Keitt TH, Klein AM, Regetz J, Ricketts TH (2007) **Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change**. *Ecology Letters* 10: 299–314.
- Krosby M, Wilsey CB, McGuire JL, Duggan JM, Nogueira TM, Heinrichs JA, Tewksbury JJ, Lawler JJ (2015) **Climate-induced range overlap among closely related species**. *Nature Climate Change* 5: 883–886.
- Lachat T, Brang P, Bolliger M, Bollmann K, Brändli U-B, Büttler R, Herrmann S, Schneider O, Wermelinger B (2019) **Totholz im Wald – Entstehung, Bedeutung und Förderung**. 2. überarbeitete Auflage. *Merkblatt für die Praxis* 52: 1–12.
- Lachat T, Ecker K, Duelli P, Wermelinger B (2013) **Population trends of *Rosalia alpina* (L.) in Switzerland: a lasting turnaround?** *Journal of Insect Conservation* 17: 653–662.
- Lachat T, Pauli D, Gonseth Y, Klaus G, Scheidegger C, Vittoz P, Walter T (Red.) (2010) **Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?** Bern: Haupt Verlag.
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM (2000) **Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture**. *Annual Review of Entomology* 45: 175–201.
- Leandro C, Jay-Robert P, Vergnes A (2017) **Bias and perspectives in insect conservation: A European scale analysis**. *Biological Conservation* 215: 213–224.
- Leuthold W (2009) **Libellen (Odonata) im Neeracherried (Kanton Zürich) – Das Artenspektrum und seine Veränderungen in 20 Jahren**. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 154: 21–29.
- Lippert C, Feuerbacher A, Narjes M (2021) **Revisiting the economic valuation of agricultural losses due to large-scale changes in pollinator populations**. *Ecological Economics* 180: 106860.
- Longcore T, Aldern HL, Eggers JF, Flores S, Franco L, Hirshfield-Yamanishi E, Petrinc LN, Yan WA, Barroso AM (2015) **Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370: 20140125.
- Losey JE, Vaughan M (2006) **The economic value of ecological services provided by insects**. *BioScience* 56: 311–323.
- Lubini V, Knispel S, Sartori M, Vicentini H, Wagner A (2012) **Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. *Umwelt-Vollzug Nr. 1212*: 111 S.
- Lumaret JP, Galante E, Lumbreras C, Mena J, Bertrand M, Bernal JL, Cooper JF, Kadiri N, Crowe D (1993) **Field effects of ivermectin residues on dung beetle**. *Journal of Applied Ecology* 30: 428–436.
- Lütolf M, Guisan A, Kienast F (2009) **History matters: Relating land-use change to butterfly species occurrence**. *Environmental Management* 43: 436–446.
- Ma G, Rudolf VHW, Ma C (2014) **Extreme temperature events alter demographic rates, relative fitness, and community structure**. *Global Change Biology* 21: 1794–1808.
- Macadam CR, Stockan JA (2015) **More than just fish food: ecosystem services provided by freshwater insects**. *Ecological Entomology* 40, 113–123.
- Maeder P, Fliessbach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U (2002) **Soil fertility and biodiversity in organic farming**. *Science* 296: 1694–1697.
- Mallinger RE, Gratton C (2015) **Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop**. *Journal of Applied Ecology* 52: 323–330.
- Marent T (2020) **Die schönsten Insekten der Schweiz: eine gefährdete Welt entdecken**. 1. Auflage. LandLiebe-Edition.
- Marshall EJP, Brown VK, Boatman ND, Lutman PJW, Squire GR, Ward LK (2003) **The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields**. *Weed Research* 43: 77–89.
- McLaughlin JF, Hellmann JJ, Boggs CL, Ehrlich PR (2002) **Climate change hastens population extinctions**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 6070–6074.
- Meier E, Lüscher G, Buholzer S, Herzog F, Indermaur A, Riedel S, Winizki J, Hofer G, Knop E (2021) **Zustand der Biodiversität in der Schweizer Agrarlandschaft: Zustandsbericht ALL-EMA 2015–2019**. *Agroscope Science* 111: 1–88.
- Meier C (1989) **Die Libellen der Kantone Zürich und Schaffhausen**. *Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* 41: 1–124.
- Merz B (2012) **Liste annotée des insectes (Insecta) du canton de Genève**. *Instrumenta Biodiversitatis* 8. Muséum d'histoire naturelle, Genève, 532 p.
- Mitchell EAD, Mulhauser B, Mulot M, Mutabazi A, Glauser G, Aebi A (2017) **A worldwide survey of neonicotinoids in honey**. *Science* 358: 109–111.
- Mollet P, Zbinden N, Schmid H (2009) **Steigende Bestandszahlen bei Spechten und anderen Vogelarten dank Zunahme von Totholz?** *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen* 160: 334–340.
- Monnerat C (2016) **Les Libellules (Odonata) du plan d'eau temporaire de Lavigny (VD)**. *Entomo Helvetica* 9: 79–93.



Waldameisen gehören zur artenreichen Ordnung der Hautflügler (Hymenoptera). Innerhalb dieser Insektenordnung gibt es viele staatenbildende Arten (Ameisen, Bienen, Wespen) mit ausgeprägter Arbeitsteilung unter den Individuen. Abgebildet sind zwei Arbeiterinnen der **Roten Waldameise** (*Formica rufa*) in Abwehrhaltung. Mittels Ameisensäure verteidigen die Arbeiterinnen ihre Nester und schützen so die Königin und ihre Brut im Innern.

- Monnerat C, Barbalat S, Lachat T, Gonthier Y (2016) **Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt, Bern; InfoFauna–CSCF, Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 1622: 118 S.
- Monnerat C, Thorens P, Walter T, Gonthier Y (2007) **Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz.** Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug 0719: 62 S.
- Montgomery GA, Belitz MW, Guralnick RP, Tingley MW (2021) **Standards and best practices for monitoring and benchmarking insects.** *Frontiers in Ecology and Evolution* 8: 579193.
- Montgomery GA, Dunn RR, Fox R, Jongejans E, Leather SR, Saunders ME, Shortall CR, Tingley MW, Wagner DL (2020) **Is the insect apocalypse upon us? How to find out.** *Biological Conservation* 241: 108327.
- Müller J, Bussler H, Gossner M, Rettelbach T, Duelli P (2008) **The European spruce bark beetle *Ips typographus* in a national park: from pest to keystone species.** *Biodiversity and Conservation* 17: 2979–3001.
- Neeracher F (1910) **Die Insektenfauna des Rheins und seiner Zuflüsse bei Basel.** *Revue Suisse de Zoologie* 18: 497–590.
- Nickel H, Reisinger E, Sollmann R, Unger C (2016) **Aussergewöhnliche Erfolge des zoologischen Artenschutzes durch extensive Ganzjahresbeweidung mit Rindern und Pferden: Ergebnisse zweier Pilotstudien an Zikaden in Thüringen, mit weiteren Ergebnissen zu Vögeln, Reptilien und Amphibien.** *Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen* 53: 5–20.
- Nieto A, Roberts SPM, Kemp J, Rasmont P, Kuhlmann M, García Criado M, Biesmeijer JC, Bogusch P, Dathe HH, De la Rúa P, De Meulemeester T, Dehon M, Dewulf A, Ortiz-Sánchez FJ, Lhomme P, Pauly A, Potts SG, Praz C, Quaranta M, Radchenko VG, Scheuchl E, Smit J, Straka J, Terzo M, Tomozii B, Window J, Michez D (2014) **European Red List of bees.** Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Nilsson SG, Franzén M, Jönsson E (2008) **Long-term land-use changes and extinction of specialised butterflies.** *Insect Conservation and Diversity* 1: 197–207.
- Noriega JA, Hortal J, Azcárate FM, Berg MP, Bonada N, Briones MJI, Del Toro I, Goulson D, Ibanez S, Landis DA, Moretti M, Potts SG, Slade EM, Stout JC, Ulyshen MD, Wackers FL, Woodcock BA, Santos AMC (2018) **Research trends in ecosystem services provided by insects.** *Basic and Applied Ecology* 26: 8–23.
- Oertli S, Müller A, Dorn S (2005) **Ecological and seasonal patterns in the diversity of a species-rich bee assemblage (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes).** *European Journal of Entomology* 102: 53–63.
- Olf H, Ritchie ME (1998) **Effects of herbivores on grassland plant diversity.** *Trends in Ecology & Evolution* 13: 261–265.
- Oliver TH, Isaac NJB, August TA, Woodcock BA, Roy DB, Bullock JM (2015) **Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss.** *Nature Communications* 6: 10122.
- Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) **How many flowering plants are pollinated by animals?** *Oikos* 120: 321–326.
- Owens ACS, Lewis SM (2018) **The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis.** *Ecology and Evolution* 8: 11337–11358.
- Pearse IS, Altermatt F (2013) **Predicting novel trophic interactions in a non-native world.** *Ecology Letters* 16: 1088–1094.
- Peñuelas J, Poulter B, Sardans J, Ciais P, Van Der Velde M, Bopp L, Boucher O, Godderis Y, Hinsinger P, Llusia J, Nardin E, Vicca S, Obersteiner M, Janssens IA (2013) **Human-induced nitrogen-phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe.** *Nature Communications* 4: 2934.
- Pérez-Méndez N, Andersson GKS, Requier F, Hipólito J, Aizen MA, Morales CL, García N, Gennari GP, Garibaldi LA (2020) **The economic cost of losing native pollinator species for orchard production.** *Journal of Applied Ecology* 57: 599–608.
- Phillips BB, Gaston KJ, Bullock JM, Osborne JL (2019) **Road verges support pollinators in agricultural landscapes, but are diminished by heavy traffic and summer cutting.** *Journal of Applied Ecology* 56: 2316–2327.
- Pisa L, Goulson D, Yang E-C, Gibbons D, Sánchez-Bayo F, Mitchell E, Aebi A, van der Sluijs J, MacQuarrie CJK, Giorio C, Long EY, McField M, van Lexmond MB, Bonmatin J-M (2017) **An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: impacts on organisms and ecosystems.** *Environmental Science and Pollution Research* 28: 11749–11797.
- Pisa LW, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Downs CA, Goulson D, Kreuzweiser DP, Krupke C, Liess M, McField M, Morrissey CA, Noome DA, Settele J, Simon-Delso N, Stark JD, Van der Sluijs JP, Van Dyck H, Wiemers M (2015) **Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates.** *Environmental Science and Pollution Research* 22: 68–102.
- Plattner M (2018) **Von Gewinnern und Verlierern: Zustand und Entwicklung der Tagfaltervielfalt im Thurgau seit 2009.** *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft* 69: 55–71.
- Platts PJ, Mason SC, Palmer G, Hill JK, Oliver TH, Powney GD, Fox R, Thomas CD (2019) **Habitat availability explains variation in climate-driven range shifts across multiple taxonomic groups.** *Scientific Reports* 9: 15039.
- Pollard E, Yates TJ (1993) **Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation.** Chapman & Hall, London.
- Poniatowski D, Stuhldreher G, Löffler F, Fartmann T (2018) **Patch occupancy of grassland specialists: Habitat quality matters more than habitat connectivity.** *Biological Conservation* 225: 237–244.
- Poniatowski D, Fartmann T (2010) **What determines the distribution of a flightless bush-cricket (Metrioptera brachyptera) in a fragmented landscape?** *Journal of Insect Conservation* 14: 637–645.
- Poschlod P (2015) **Geschichte der Kulturlandschaft.** Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Reid ML, Sekhon JK, LaFramboise LM (2017) **Toxicity of monoterpene identity, diversity, and concentration to mountain pine beetles, *Dendroctonus ponderosae*: beetle traits matter more.** *Journal of Chemical Ecology* 43: 351–361.
- Rezbanyai-Reser L (2003) **Zur Nachtgrossfalterfauna vom Berner Seeland (Ins, Landwirtschaftliche Schule, 433 m) (Lepidoptera: "Macroheterocera").** *Entomologische Berichte Luzern* 49: 45–148.
- Rhim B, Künzle T (2019) **Mapping Nitrogen Deposition 2015 for Switzerland.** Technical Report on the Update of Critical Loads and Exceedance, including the years 1990, 2000, 2005 and 2010.
- Riedener E, Rusterholz H-P, Baur B (2013) **Effects of different irrigation systems on the biodiversity of species-rich hay meadows.** *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 62–69.
- Ripple WJ, Wolf C, Newsome TM, Barnard P, Moomaw WR (2019) **World Scientists' Warning of a Climate Emergency.** *BioScience* 70: 8–12.
- Rochat E, Manel S, Deschamps-Cottin M, Widmer I, Joost S (2017) **Persistence of butterfly populations in fragmented habitats along urban density gradients: motility helps.** *Heredity* 119: 328–338.
- Rösch A, Beck B, Hollender J, Stamm C, Singer H, Doppler T, Junghans M (2019) **Geringe Konzentrationen mit grosser Wirkung. Nachweis von Pyrethroid- und Organophosphatsektiziden in Schweizer Bächen im pg I-1-Bereich.** *Aqua & Gas* 99: 54–66.
- Roth T, Kohli L, Rihm B, Meier R, Amrhein V (2021a) **Negative effects of nitrogen deposition on Swiss butterflies.** *Conservation Biology*. Early View (<https://doi.org/10.1111/cobi.13744>).

- Roth T, Plattner M, Sartori L, Gonseth Y (2021b) **Tagfalter-Index: Kälteliebende Arten werden seltener. Ergebnisse aus den nationalen Monitoringprogrammen.** HOTSPOT 43: 26–27.
- 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: e82490.
- Roth T, Amrhein V, Peter B, Weber D (2008) **A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time.** Agriculture, Ecosystems and Environment 125: 167–172.
- Sánchez-Bayo F, Wyckhuys KAG (2019) **Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers.** Biological Conservation 232: 8–27.
- Sauberer N, Moser D, Grabherr G, Berg H-M (2008) **Biodiversität in Österreich: räumliche Muster und Indikatoren der Arten- und Lebensraumvielfalt.** Bristol-Stiftung, Ruth-und-Herbert-Uhl-Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz.
- Saunders ME, Janes JK, O'Hanlon JC (2020a) **Semantics of the insect decline narrative: recommendations for communicating insect conservation to peer and public audiences.** Insect Conservation and Diversity 13: 211–213.
- Saunders ME, Janes JK, O'Hanlon JC (2020b) **Moving on from the insect apocalypse narrative: engaging with evidence-based insect conservation.** BioScience 70: 80–89.
- Schaefer M (2012) **Wörterbuch der Ökologie.** 5. Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Scheffers BR, De Meester L, Bridge TCL, Hoffmann AA, Pandolfi JM, Corlett RT, Butchart SHM, Pearce-Kelly P, Kovacs KM, Dudgeon D, Pacifici M, Rondinini C, Foden WB, Martin TG, Mora C, Bickford D, Watson JEM (2016) **The broad footprint of climate change from genes to biomes to people.** Science 354: aaf7671.
- Scheidegger C, Bergamini A, Bürgi M, Holderegger R, Lachat T, Schnyder Norbert, Senn-Irlet B, Wermelinger B, Bollmann K (2010) **Waldwirtschaft.** In: Lachat et al. (Hrsg.) Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Bern: Haupt Verlag, S. 124–160.
- Scherber C, Reininghaus H, Brandmeier J, Everwand G, Gagić V, Greiwe T, Kormann UG, Meyer M, Nagelsdiek S, Rösch V, Sobek-Swant S, Thies C, Ott D (2019) **Insektenvielfalt und ökologische Prozesse in Agrar- und Waldlandschaften.** Natur und Landschaft 94: 245–254.
- Schiess H, Schiess-Bühler C (1997) **Dominanzminderung als ökologisches Prinzip: eine Neubewertung der ursprünglichen Waldnutzungen für den Arten- und Biotopschutz am Beispiel der Tagfalterfauna eines Auenwaldes in der Nordschweiz.** Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft 72: 3–127.
- Schiess-Bühler C (1993) **Tagfalter im Schaffhauser Randen.** Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen 45: 1–71.
- Schirmel J, Bundschuh M, Entling MH, Kowarik I, Buchholz S (2016) **Impacts of invasive plants on resident animals across ecosystems, taxa, and feeding types: a global assessment.** Global Change Biology 22: 594–603.
- Schlegel J, Schnetzler S (2018) **Heuschrecken (Orthoptera) in Biodiversitätsförderflächen der voralpinen Kulturlandschaft Schönenbergs (Schweiz, Kanton Zürich) mit Trends seit 1990.** Alpine Entomology 2: 77–100.
- Schmid-Egger C (1995) **Die Eignung von Stechimmen (Hymenoptera: Aculeata) zur naturschutzfachlichen Bewertung am Beispiel der Weinbergslandschaft im Enzval und im Stromberg (nordwestliches Baden-Württemberg).** Göttingen: Cuvillier.
- Schmidt BR (2017) **Verbesserungsbedarf bei den Roten Listen.** Hotspot 36: 18–19.
- Schoof N, Luick R (2019) **Antiparasitika in der Weidetierhaltung: Ein unterschätzter Faktor des Insektenrückgangs? Naturschutz und Landschaftsplanung 51: 486–492.**
- Schoville SD, Widmer I, Deschamps-Cottin M, Lizée M-H, Després L, Rioux D, Gielly L, Manel S (2013) **Morphological clines and weak drift along an urbanization gradient in the butterfly, *Pieris rapae*.** PLoS ONE 8: e83095.
- Schowalter TD, Noriega JA, Tscharntke T (2018) **Insect effects on ecosystem services—Introduction.** Basic and Applied Ecology 26: 1–7.
- Schowalter TD (2012) **Insect herbivore effects on forest ecosystem services.** Journal of Sustainable Forestry 31: 518–536.
- Schuldt A, Ebeling A, Kunz M, Staab M, Guimarães-Steinicke C, Bachmann D, Buchmann N, Durka W, Fichtner A, Fornoff F, Härdtle W, Hertzog LR, Klein A-M, Roscher C, Schaller J, von Oheimb G, Weigelt A, Weisser W, Wirth C, Zhang J, Bruelheide H, Eisenhauer N (2019) **Multiple plant diversity components drive consumer communities across ecosystems.** Nature Communications 10: 1460.
- Schweizerischer Bund für Naturschutz (1987) **Tagfalter und ihre Lebensräume: Arten, Gefährdung, Schutz.**
- Schweizerischer Bundesrat (2016) **Strategie der Schweiz zu invasiven gebietsfremden Arten. Beilage zum Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 13.3636 «Stopp der Ausbreitung von invasiven gebietsfremden Arten» von Nationalrat Karl Vogler vom 21.06.2013.** Bern: Bundesamt für Umwelt. 79 S.
- Schweizerischer Bundesrat (2014) **Nationaler Massnahmenplan für die Gesundheit der Bienen.** Bericht des Bundesrats in Erfüllung der Motion der Kommission Umwelt, Raumplanung und Energie (UREK) vom 6. Mai 2013.
- Schweizerischer Bundesrat (2012) **Strategie Biodiversität Schweiz.** Bern, 25.4.2012: 89 S.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (2020) **Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz.** Aktionsplan 2020–2025. Bern, 164 S.
- Schweizer Vogelschutz SVS/BirdLife Schweiz (2003) **Kleinstrukturen-Praxismerkblatt 5.** Kopfweiden. 2 S.
- Segeer AH, Rosenkranz E (2018) **Das grosse Insektensterben: Was es bedeutet und was wir jetzt tun müssen.** 2. Auflage, Münschen: oekom.
- Seibold S, Gossner MM, Simons NK, Blüthgen N, Müller J, Ambarlı D, Ammer C, Bauhus J, Fischer M, Habel JC, Linsenmair KE, Nauss T, Penone C, Prati D, Schall P, Schulze E-D, Vogt J, Wöllauer S, Weisser WW (2019) **Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers.** Nature 574: 671–674.
- Simon-Delso N, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Chagnon M, Downs C, Furlan L, Gibbons DW, Giorio C, Girolami V, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke CH, Liess M, Long E, McField M, Mineau P, Mitchell EAD, Morrissey CA, Noome DA, Pisa L, Settele J, Stark JD, Tapparo A, Van Dyck H, Van Praagh J, Van der Sluijs JP, Whitehorn PR, Wiemers M (2015) **Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites.** Environmental Science and Pollution Research 22: 5–34.
- Slade EM, Roslin T, Santalahti, Bell T (2016) **Disentangling the 'brown world' faecal-detritus interaction web: dung beetle effects on soil microbial properties.** Oikos 125: 629–635.
- Snyder WE, Clevenger GM, Eigenbrode SD (2004) **Intraguild predation and successful invasion by introduced ladybird beetles.** Oecologia 140: 559–565.
- Soroye P, Newbold T, Kerr J (2020) **Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents.** Science 367: 685–688.
- Spoelstra K, van Grunsven RHA, Ramakers JJC, Ferguson KB, Raap T, Donners M, Veenendaal EM, Visser ME (2017) **Response of bats to light with different spectra: light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light.** Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 284: 20170075.

- Spycher S, Teichler R, Vonwyl E, Longrée P, Stamm C, Singer H, Daouk S, Doppler T, Junghans M, Kunz M (2019) **Anhaltend hohe PSM-Belastung in Bächen**. *Aqua & Gas* 4: 14–25.
- Spycher S, Mangold S, Doppler T, Junghans M, Wittmer I, Stamm C, Singer H (2018) **Pesticide risks in small streams—How to get as close as possible to the stress imposed on aquatic organisms**. *Environmental Science & Technology* 52: 4526–4535.
- Stefanescu C, Peñuelas J, Filella I (2009) **Rapid changes in butterfly communities following the abandonment of grasslands: a case study**. *Insect Conservation and Diversity* 2: 261–269.
- Steinmann P (1919) **Zur Kenntnis der Eintagsfliege *Oligoneuria rhenana***. *Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft* 15: 58–75.
- Stepanian PM, Entrekun SA, Wainwright CE, Mirkovic D, Tank JL, Kelly JF (2020) **Declines in an abundant aquatic insect, the burrowing mayfly, across major North American waterways**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117: 2987–2992.
- Stevens CJ, Dise NB, Mountford JO, Gowing DJ (2004) **Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands**. *Science* 303: 1876–1879.
- Streitberger M, Ackermann W, Fartmann T, Kriegel G, Ruff A, Balzer S, Nehring S (2016) **Artenschutz unter Klimawandel: Perspektiven für ein zukunftsfähiges Handlungskonzept**. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, Heft 147. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Stroheker S, Vögli I, Bader M, Queloz V (2021) **Befall durch den Buchdrucker (*Ips typographus*) weiterhin hoch**. *Waldschutz Aktuell* 1, 3 S.
- Stroheker S, Forster B, Queloz V (2020) **Zweithöchster je registrierter Buchdruckerbefall (*Ips typographus*) in der Schweiz**. *Waldschutz Aktuell* 1. Birmensdorf: Eid. Forschungsanstalt WSL.
- Stuber M, Bürgi M (2011) **Hüeterbueb und Heitstrahl: traditionelle Formen der Waldnutzung in der Schweiz 1800 bis 2000**. Bern: Haupt Verlag.
- Stuhldreher G, Hermann G, Fartmann T (2014) **Cold-adapted species in a warming world – an explorative study on the impact of high winter temperatures on a continental butterfly**. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 151: 270–279.
- Sutter L, Herzog F, Dietemann V, Charrière JD, Albrecht M (2017) **Nachfrage, Angebot und Wert der Insektenbestäubung in der Schweizer Landwirtschaft**. *Agrarforschung Schweiz*: 332–339.
- SwissLepTeam (2010) **Die Schmetterlinge (Lepidoptera) der Schweiz. Eine kommentierte systematisch-faunistische Liste**. *Fauna Helvetica* 25, CSCF-SEG, Neuchâtel, Schweiz.
- Termaat T, van Strien AJ, van Grunsven RHA, De Knijf G, Bjelke U, Burbach K, Conze KJ, Goffart P, Hepper D, Kalkman VJ, Motte G, Prins MD, Prunier F, Sparrow D, van den Top GG, Vanappelghem C, Winterholler M, WallisDeVries MF (2019) **Distribution trends of European dragonflies under climate change**. *Diversity and Distributions* 25: 936–950.
- Theiling KM, Croft BA (1988) **Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: A database summary**. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 21: 191–218.
- Thomas JA (2016) **Butterfly communities under threat**. *Science* 353: 216–218.
- Tonelli M, Verdu JR, Morelli F, Zunino M (2020) **Dung beetles: functional identity, not functional diversity, accounts for ecological process disruption caused by the use of veterinary medical products**. *Journal of Insect Conservation* 24: 643–654.
- Turrini T, Knop E (2015) **A landscape ecology approach identifies important drivers of urban biodiversity**. *Global Change Biology* 21: 1652–1667.
- UVEK (2019) **Das Insektensterben stoppen – eine Auslegeordnung zuhänden der UREK-N**. Ursachen, Handlungsbedarf, Massnahmen.
- Vallat A, Monnerat C, Tschanz-Godio S, Juillerat L (2020) **Rétablissement des communautés de libellules (*Odonata*) dans les tourbières du Jura neuchâtelois (Suisse)**. *Alpine Entomology* 4: 99–116.
- van Geffen KG, van Eck E, de Boer RA, van Grunsven RHA, Salis L, Berendse F, Veenendaal EM (2015) **Artificial light at night inhibits mating in a Geometric moth**. *Insect Conservation and Diversity* 8: 282–287.
- van Geffen KG, van Grunsven RHA, van Ruijven J, Berendse F, Veenendaal EM (2014) **Artificial light at night causes diapause inhibition and sex-specific life history changes in a moth**. *Ecology and Evolution* 4: 2082–2089.
- van Grunsven RHA, van Deijk JR, Donners M, Berendse F, Visser ME, Veenendaal E, Spoelstra K (2020) **Experimental light at night has a negative long-term impact on macro-moth populations**. *Current Biology* 30: R694–R695.
- van Klink R, Bowler DE, Gongalsky KB, Swengel AB, Gentile A, Chase JM (2020a) **Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances**. *Science* 368: 417–420.
- van Klink R, Bowler DE, Gongalsky KB, Swengel AB, Chase JM (2020b) **Response to Comment on “Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances”**. *Science* 370: eabe0760.
- van Langevelde F, Braamburg-Annegarn M, Huigens ME, Groendijk R, Poitevin O, van Deijk JR, Ellis WN, van Grunsven RHA, de Vos R, Vos RA, Franzén M, WallisDeVries MF (2018) **Declines in moth populations stress the need for conserving dark nights**. *Global Change Biology* 24: 925–932.
- Van Strien AJ, Van Swaay CAM, Van Strien-van Liempt WTFH, Poot MJM, WallisDeVries MF (2019) **Over a century of data reveal more than 80% decline in butterflies in the Netherlands**. *Biological Conservation* 234: 116–122.
- Vaughn IP, Gotelli NJ (2019) **Water quality improvements offset the climatic debt for stream macroinvertebrates over twenty years**. *Nature Communications* 10: 1956.
- Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich (2014) **Tagfalterinventar des Kantons Zürich 2011/12 – Kartierung und Vergleich mit 1990–92**. 76 S.
- Volkart G (2008) **Trockenwiesen und -weiden: Bewässerung**. *Umwelt-Vollzug* Nr. 0813: 4 S.
- Vonlanthen P, Bittner D, Hudson AG, Young KA, Müller R, Lundsgaard-Hansen B, Roy D, Di Piazza S, Largiadèr CR, Seehausen O (2012) **Eutrophication causes speciation reversal in whitefish adaptive radiations**. *Nature* 482: 357–362.
- Vorbrod C, Müller-Rutz J (1911) **Die Schmetterlinge der Schweiz**. K. J. Wyss.
- WallisDeVries MF, van Swaay CAM (2017) **A nitrogen index to track changes in butterfly species assemblages under nitrogen deposition**. *Biological Conservation* 212: 448–453.
- WallisDeVries MF, van Swaay AM (2006) **Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling**. *Global Change Biology* 12: 1620–1626.
- Walter T, Richner N, Meier E, Hoess R (2017) **Laufkäfer in der Aare-Aue Rapperswil, Kanton Aargau, in den ersten fünf Jahren nach der Renaturierung (*Coleoptera, Carabidae*)**. *Alpine Entomology* 1: 5–15.
- Walter T, Eggenberg S, Gonseth Y, Fivaz F, Hedinger C, Hofer G, Klieber-Kühne A, Richner N, Schneider K, Szerencsits E, Wolf S (2013) **Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft: Bereich Ziel- und Leitarten, Lebensräume (OPAL)**. *ART-Schriftenreihe* 18: 1–138.

Walther G-R, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin J-M, Hoegh-Guldberg O, Bairlein F (2002) **Ecological responses to recent climate change**. *Nature* 416: 389–395.

Wermeille E, Chittaro Y, Gonth Y (2014) **Rote Liste der Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1403: 97 S.

Wermelinger B (2017) **Insekten im Wald: Vielfalt, Funktionen und Bedeutung**. 1. Auflage, Bern: Haupt Verlag.

Westrich P (2019) **Die Wildbienen Deutschlands**. 2., aktualisierte Auflage, Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

White ER (2018) **Minimum time required to detect population trends: The need for long-term monitoring programs**. *BioScience* 69: 40–46.

Wildermuth H (2016) **Auswirkung der Hochmoorregeneration auf die Libellenfauna (Odonata) des Torfrieds Pfäffikon (ZH)**. *Entomo Helvetica* 9: 41–51.

Wildermuth H (2013) **Entwicklung der Libellenfauna (Odonata) am Husemersee (Kanton Zürich) im Verlauf der letzten 130 Jahre**. *Entomo Helvetica* 6: 7–21.

Wildermuth H, Kury D (2009) **Libellen schützen, Libellen fördern: Leitfaden für die Naturschutzpraxis**. Pro Natura.

Wildermuth H (2008) **Konstanz und Dynamik der Libellenfauna in der Drumlinlandschaft Zürcher Oberland – Rückblick auf 35 Jahre Monitoring**. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 153: 57–66.

Wildermuth H, Gonth Y, Maibach A (Hrsg.) (2005) **Odonata – Die Libellen der Schweiz**. *Fauna Helvetica* 12, CSCF/SEG, Neuchâtel, Schweiz.

Wilson JF, Baker D, Cheney J, Cook M, Ellis M, Freestone R, Gardner D, Geen G, Hemming R, Hodgson S, Howarth S, Jupp A, Lowe N, Orridge S, Shaw M, Smith B, Turner A, Young H (2018) **A role for artificial night-time lighting in long-term changes in populations of 100 widespread macro-moths in UK and Ireland: a citizen-science study**. *Journal of Insect Conservation* 22: 189–196.

Winfrey R, Fox JW, Williams NM, Reilly JR, Cariveau DP (2015) **Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real-world ecosystem service**. *Ecology Letters* 18, 626–635.

Wittenberg R, Kenis M, Blick T, Hänggi A, Gassmann A, Weber E (2006) **Gebietsfremde Arten in der Schweiz. Eine Übersicht über gebietsfremde Arten und ihre Bedrohung für die biologische Vielfalt und die Wirtschaft in der Schweiz**. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 0629: 154 S.

Wood TJ, Goulson D (2017) **The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013**. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 17285–17325.

Woodcock BA, Garratt MPD, Powney GD, Shaw RF, Osborne JL, Soroko J, Lindström SAM, Stanley D, Ouvrard P, Edwards ME, Jauker F, McCracken ME, Zou Y, Potts SG, Rundlöf M, Noriega JA, Greenop A, Smith HG, Bommarco R, van der Werf W, Stout JC, Steffan-Dewenter I, Morandin L, Bullock JM, Pywell RF (2019) **Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield**. *Nature Communications* 10: 1481.

Woodward G, Perkins DM, Brown LE (2010) **Climate change in freshwater ecosystems: Impacts across multiple levels of organisation**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2093–2106.

Wymann H-P (2009) **Die Tagfalter des Berner Oberlandes – eine Zwischenbilanz nach 16 Jahren Feldarbeit**. *Entomo Helvetica* 2: 161–177.

Zulka KP, Götzl M (2015) **Ecosystem services: Pest control and pollination**. In: Steininger K, König M, Bednar-Friedl B, Kranzl L, Loibl W, Pretenthaler F (eds) *Economic evaluation of climate change impacts*. Springer Climate. Springer, Cham.

Zurbuchen A, Müller A (2012) **Wildbienenenschutz: von der Wissenschaft zur Praxis**. Bern: Haupt Verlag.

Referenzen Abbildung 2.1

- Lachat T, Ecker K, Duelli P, Wermelinger B (2013) **Population trends of *Rosalia alpina* (L.) in Switzerland: a lasting turnaround?** *Journal of Insect Conservation* 17: 653–662.
- Altermatt F, Fritsch D, Huber W, Whitebread S (2006) **Die Gross-Schmetterlingsfauna der Region Basel**. Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel, Band 2, 423 S.
- Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich (2014) **Tagfalterinventar des Kantons Zürich 2011/12 – Kartierung und Vergleich mit 1990–92**. 76 S.
- Knispel S, Lubini V (2015) **Assessing the stability of stonefly (Plecoptera) biodiversity in the Swiss National Park**. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 88: 257–271.
- Wildermuth H (2013) **Entwicklung der Libellenfauna (Odonata) am Husemersee (Kanton Zürich) im Verlauf der letzten 130 Jahre**. *Entomo Helvetica* 6: 7–21.
- BAFU (Hrsg.) 2020: **Monitoring und Wirkungskontrolle Biodiversität. Übersicht zu nationalen Programmen und Anknüpfungspunkten**. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2005: 57 S.
- Baur B, Coray A, Lenzin H, Schmera D (2020) **Factors contributing to the decline of an endangered flightless longhorn beetle: A 20-year study**. *Insect Conservation and Diversity* 13: 175–186.
- Büntgen U, Liebhold A, Nievergelt D, Wermelinger B, Roques A, Reing F, Krusic PJ, Piermattei A, Egli S, Cherubini P, Esper J (2020) **Return of the moth: rethinking the effect of climate on insect outbreaks**. *Oecologia* 192: 543–552.
- Baltensweiler W, Rubli D (1999) **Dispersal – an important driving force of the cyclic population dynamics of the larch bud moth**. *Forest Snow Landsc Res* 74: 3–153.
- Gonth Y, Monnerat C (2002) **Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz**. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern; Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Vollzug Umwelt: 46 S.
- Veröffentlichung geplant
- Monnerat C, Thorens P, Walter T, Gonth Y (2007) **Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg**. Umwelt-Vollzug 0719: 62 S.
- Lubini V, Knispel S, Sartori M, Vicentini H, Wagner A (2012) **Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1212: 111 S.
- Wermeille E, Chittaro Y, Gonth Y (2014) **Rote Liste der Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012**. Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg. Umwelt-Vollzug Nr. 1403: 97 S.
- Monnerat C, Barbalat S, Lachat T, Gonth Y (2016) **Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz**. Bundesamt für Umwelt, Bern; InfoFauna – CSCF, Neuenburg; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Umwelt-Vollzug Nr. 1622: 118 S.
- Veröffentlichung geplant



Der Alpenbock (*Rosalia alpina*) ist einer der schönsten und eindrucklichsten Käfer der Schweizer Fauna. Der Name ist jedoch irreführend, da diese Art nicht nur in den Alpen anzutreffen ist; in der Schweiz findet man die Käfer v. a. noch im Jura, Wallis, Tessin und Churer Rheintal. Für die zwei- bis vierjährige Entwicklung der Larven braucht diese Bockkäferart Buchentotholz, das über mehrere Jahre liegen gelassen wird. Oft ist dies aber durch menschliche Nutzung nicht mehr gegeben.



Die Larven der Pflanzenwespen (Symphyta) werden oft mit Schmetterlingsraupen verwechselt. Unterscheiden kann man die beiden anhand der Anzahl Beinpaare: Schmetterlingsraupen haben höchstens fünf Bauchfusspaare während Pflanzenwespen sieben haben.

Auf dem Bild sind Larven der **Breitfüßigen Birkenblattwespe** (*Cratesus septentrionalis*) in der typischen Schreckstellung zu sehen.

Die Larven ernähren sich von verschiedenen Laubbäumen und können kleinere Exemplare komplett kahlfressen. Normalerweise erholt sich die Pflanze jedoch wieder.

11 Anhang

Tabelle A.1 Zusammenstellung einer Auswahl publizierter Studien zum Thema Insektenbestände und deren Entwicklung (Schweiz).

a) Studien mit Peer-Review-Prozess

Jahr	Studie	Hauptaussagen	Insektengruppe(n)	Zeitspanne
2020	Baur B, Coray A, Lenzin H, Schmera D (2020) Factors contributing to the decline of an endangered flightless longhorn beetle: A 20-year study. Insect Conservation and Diversity.	Siehe Fallbeispiel Seite 29.	Bockkäfer	1999–2018
2019	Hutter P, Roth T, Martinez N, Stucki P, Litsios G (2019) Fliessgewässer-Fauna unter Druck (Erste Trends aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM). Aqua & Gas.	Seit 2010 werden Gewässerinvertebraten im Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM) an etwa 500 regelmässig über die Schweiz verteilten Probenahmestellen erfasst. Sowohl hohe Insektizidanwendungsraten im Einzugsgebiet als auch geringe Naturnähe der Gewässer wirken sich negativ auf die Gewässerinvertebraten aus. Gegenwärtig scheint aber besonders die Erwärmung der Gewässer zu tiefgreifenden Veränderungen der Artgemeinschaften in den Schweizer Fliessgewässern zu führen.	Aquatische Insekten	2010–2018
2018	Schlegel J, Schnetzler S (2018) Heuschrecken (Orthoptera) in Biodiversitätsförderflächen der voralpinen Kulturlandschaft Schönenbergs (Schweiz, Kanton Zürich) mit Trends seit 1990. Alpine Entomology.	Siehe Fallbeispiel Seite 34. Verschiebung der Artzusammensetzung.	Heuschrecken	Vergleich: 1990 2000 2016
2018	Plattner M (2018) Von Gewinnern und Verlierern: Zustand und Entwicklung der Tagfaltervielfalt im Thurgau seit 2009. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	Der Oberthurgau gehört dagegen in Bezug auf die Tagfalter zu den artenärmsten Regionen im Schweizer Mittelland. Die Zahl der Tagfalter hat im Thurgau zwischen 2009 und 2017 tendenziell zugenommen. Bei fast der Hälfte der Arten verzeichnen wir eine Zunahme zwischen der Erst- und der Zweiterhebung. Allerdings ist zu beachten, dass, wie bei vielen Insekten, die Tagfalterzahlen zwischen den Jahren vor allem witterungsbedingt stark schwanken können. Der Anteil der Wanderfalter, welche sich bei uns nicht dauerhaft fortpflanzen können, sondern in günstigen Jahren von Süden einwandern, ist insgesamt unbedeutend. Ihre Gesamtzahl erreichte aber 2009 durch einen Masseneinflug des Distelfalters (<i>Cynthia cardui</i>) und weiterer mediterraner Arten auffallend hohe Werte. Im Landwirtschaftsgebiet und teilweise auch in der Bauzone haben sich einige Arten deutlich ausgebreitet und sind häufiger als zu Beginn der Untersuchungen. Als Ursachen hierfür kommen sowohl der Klimawandel als auch verbesserte Lebensraumbedingungen dank Massnahmen zur Förderung der Biodiversität in Frage.	Tagfalter	Vergleich: 2009–2012 und 2013–2017
2017	Walter T, Richner N, Meier E, Hoess R (2017) Laufkäfer in der Aare-Aue Rapperswil, Kanton Aargau, in den ersten fünf Jahren nach der Renaturierung (Coleoptera, Carabidae). Alpine Entomology.	Die Aue Rapperswil (Kanton Aargau) wurde in den Jahren 2010–2011 renaturiert. Von 2012 bis 2016 wurden jährlich die Laufkäfer untersucht. Insgesamt konnten 116 Arten nachgewiesen werden. Davon sind 12 Arten gemäss Roter Liste gefährdet, potenziell gefährdet oder selten. 37 Arten sind Auenkennarten. Damit kann die Renaturierung bezüglich der Laufkäfer als sehr erfolgreich bezeichnet werden.	Laufkäfer	2012–2016
2016	Monnerat C (2016) Les Libellules (Odonata) du plan d'eau temporaire de Lavigny (VD). Entomo Helvetica.	In einem 10-jährigen Monitoring (2001–2010) des temporären Gewässers in Lavigny (1,2 ha) wurde die Artgemeinschaft der Libellen untersucht und es konnten 34 Arten festgestellt werden. In dieser Zeitspanne fand mit Sicherheit für 11 Arten, davon für 3 regelmässig, eine Fortpflanzung statt. Für 6 weitere Arten wurde Fortpflanzungsverhalten regelmässig beobachtet. Trotz dieser günstigen Situation können einige typische Arten nicht erhalten werden, wie <i>Lestes barbarus</i> , <i>Sympetrum flaveolum</i> und <i>S. meridionale</i> .	Libellen	2001–2010

Jahr	Studie	Hauptaussagen	Insektengruppe(n)	Zeitspanne
2016	Wildermuth H (2016) Auswirkung der Hochmoorregeneration auf die Libellenfauna (Odonata) des Torfrieds Pfäffikon (ZH). Entomo Helvetica.	Erfolgskontrollen über sechs Jahre ergaben, dass 16 bodenständige Libellenarten bis zehn Torfgewässer besiedelten. Die meisten Arten waren bereits vor der Hochmoorregeneration nachgewiesen, jedoch nur in geringer Individuenzahl und lediglich an vier Gewässern, die noch teilweise offene Wasserflächen aufwiesen.	Libellen	2003-2015
2016	Braschler B, Baur B (2016) Diverse effects of a seven-year experimental grassland fragmentation on major invertebrate groups. PLoS ONE.	Eine Vielzahl von Wirbellosengruppen wurden untersucht, welche verschiedene trophische Ebenen abdecken. Es wurde festgestellt, dass die meisten Gruppen auf die experimentelle Fragmentierung unterschiedlich reagieren. Der Artenreichtum der Spinnen nahm ab, basierend auf dem angenommenen schädlichen Effekt von Habitatfragmentierung auf die Biodiversität. Andere Gruppen zeigten jedoch keine solche Reaktion oder sogar das Gegenteil. Ebenso unterschied sich bei einigen Gruppen die Artenzusammensetzung zwischen Fragmenten und Kontrollflächen, während dies bei anderen nicht der Fall war. Die Körpergrösse, die Vorlieben für mikroklimatische Bedingungen und die Häufigkeit in den Kontrollflächen standen bei einigen Gruppen mit der relativen Dichte einer Art in den Fragmenten in Zusammenhang, bei anderen nicht.	Verschiedene Insektengruppen	1993-2000
2015	Knispel S, Lubini V (2015) Assessing the stability of stonefly (Plecoptera) biodiversity in the Swiss National Park. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft.	Historische Steinfliegenarten aus der Zeit von 1934 bis 1964, ermöglichten einen Langzeitvergleich. Die Stabilität der Steinfliegenfauna über mehr als ein halbes Jahrhundert ist bemerkenswert. Die wenig beeinflusste Bachmorphologie und das Fließregime sowie die Vielfalt der Fließgewässertypen und des Substrats sind wichtige Treiber der Biodiversität. In der vorliegenden Studie fehlte eine Art, die im Park schon immer selten war. Drei Arten sind neu für den Park. Eine Art breitet sich in höhere Lagen aus, was mit den Klimaveränderungen zusammenhängen könnte.	Steinfliegen	Vergleich: 1934-1964 und 2011/2012
2015	Hoess R (2015) Faunenwandel der Libellen (Odonata) am Moossee (BE) während der letzten 140 Jahre unter dem Einfluss anthropogener Eingriffe. Entomo Helvetica.	Der Moossee und seine Begleitgewässer werden bereits seit 140 Jahren auf ihre Libellenfauna hin untersucht. Drei Seespiegelabsenkungen zwischen 1780 und 1920, Abtorfung, Kanalisierung von Fließgewässern und Dränierung des Umlandes sowie die Anlage eines 105 ha grossen Golfplatzes mit neuen Steh- und Fließgewässern im Jahr 2003 veränderten das Lebensraumangebot für die Libellen immer wieder. Von 53 nachgewiesenen Libellenarten stehen 17 auf der Roten Liste. Das vor der letzten Melioration am Moossee noch zahlreiche <i>Coenagrion ornatum</i> (Selys, 1850) ist heute in der ganzen Schweiz ausgestorben.	Libellen	1780-2015
2014	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.	Die Studie basiert auf Daten aus dem nationalen Biodiversitäts-Monitoring-Programm der Schweiz, die über einen Höhenbereich von 2500 m erhoben wurden. Innerhalb des kurzen Zeitraums von acht Jahren (2003-2010) fanden wir signifikante Verschiebungen der Gesellschaften von Gefässpflanzen, Schmetterlingen und Vögeln. In niedrigen Höhenlagen veränderten sich die Gesellschaften aller Artengruppen in Richtung wärmeliebender Arten, was einer durchschnittlichen Höhenverschiebung von 8 m, 38 m bzw. 42 m bei Pflanzen-, Schmetterlings- und Vogelgesellschaften entspricht. Allerdings nahmen die Veränderungsraten für Pflanzen und Schmetterlinge mit der Höhe ab, während sich die Vogelgesellschaften auf allen Höhenstufen zugunsten thermophiler Arten verschoben. Wir fanden keine Abnahme bei der Variation der Artengesellschaften in Bezug auf Temperaturnischen, was darauf hindeutet, dass die globale Erwärmung nicht zu homogeneren Gesellschaften geführt hat. Die unterschiedlichen höhenbedingten Schwankungen konnten nicht durch eine Variation der Lufttemperaturen erklärt werden, da die Sommertemperaturen in der Schweiz während des 16-jährigen Zeitraums 1995-2010 auf allen Höhenstufen um etwa 0,07 °C pro Jahr anstiegen.	Tagfalter	2003-2010
2013	Breitenmoser S (2013) Etude de populations de Lucane cerf-volant <i>Lucanus cervus</i> (L., 1758) (Coleoptera, Lucanidae) en zone périurbaine à Rolle (VD) de 2007 à 2012. Entomo Helvetica.	Auch wenn der Druck durch öffentliche Nutzung eher gering bleibt, sind die Gefahren durch urbanen Druck und Störungen der Zonen bedeutend. Durch die Bewahrung der Lebensräume, der Böden und der Strünke gelingt es der Gemeinde Rolle, den Hirschkäfer zu erhalten.	Hirschkäfer	2007-2012

Jahr	Studie	Hauptaussagen	Insektengruppe(n)	Zeitspanne
2013	Wildermuth H (2013) Entwicklung der Libellenfauna (Odonata) am Husemersee (Kanton Zürich) im Verlauf der letzten 130 Jahre. Entomo Helvetica.	An den Gewässern der Husemersee-Gegend wurden zwischen 1885 und 2012 55 Libellenarten nachgewiesen. Davon sind 14 verschwunden, während sich 31 Arten gehalten haben und 10 neu hinzugekommen sind.	Libellen	1885–2012
2012	Huwylar S, Plattner M, Roth T (2012) Modellierung der Tagfaltermultifalt im Schweizer Alpenraum: Mehr als ein Drittel der Tagfalter-Hot-Spots liegt in gesetzlich geschützten Trockenwiesen. Natur und Landschaft.	Bei der Studie handelt es sich um eine Modellierung. Mit Hilfe von Daten aus dem schweizerischen Biodiversitätsmonitoring wurden die massgeblichen Umweltvariablen für das Vorkommen typischer Tagfalterarten der Trockenwiesen bestimmt. Die Verteilung der Tagfalter-Hot-Spots wurde mittels Habitatmodellen modelliert und deren Übereinstimmung mit der Lage der gesetzlich geschützten Trockenwiesen verglichen. Die so modellierte Verteilung der Hot Spots zeigte, dass diese überdurchschnittlich oft mit den gesetzlich geschützten Trockenwiesen zusammenfallen. Somit können auch die typischen Tagfalterarten vom Schutz der Trockenwiesen profitieren.	Tagfalter	2003–2007 Prognose
2010	Blöchliger H (2010) Tagfalter im Seebachtal. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	Die 1991–1993 in Blöchliger (1995) nach Tagfaltern untersuchten Flächen umfassten lediglich einen kaum erwähnenswerten Uferstreifen rund um den Nussbaumersee. Es wurden damals nur sieben Arten festgestellt, die seither alle auch wiedergefunden wurden. Das Hauptaugenmerk galt damals jedoch nicht den Tag- sondern den Nachtfaltern. Anders als etwa bei den Laufkäfern vermögen Tagfalter innert kurzer Zeit neue Gebiete zu besiedeln. Nötig sind ausser den ihren Bedürfnissen entsprechenden ökologischen Bedingungen, ihnen zusagende Blütenpflanzen zum Saugen und Futterpflanzen für die Raupen. In der vorliegenden Untersuchung ging es darum, möglichst viele der vorkommenden Arten in der gesamten Untersuchungsfläche zu erfassen und ihre Häufigkeit in den verschiedenen Teilflächen festzustellen.	Tagfalter	2005–2008
2010	Hafner A, Rieder J (2010) Heuschrecken im Seebachtal. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	1995 bestand die Heuschreckenfauna des Seebachtals mehrheitlich aus ökologisch wenig spezialisierten Arten des intensiv genutzten Kulturlandes und der Waldränder. Nach den erfolgten Renaturierungsmassnahmen sind nun viele Arten feuchter Lebensräume ins Seebachtal zurückgekehrt: Es finden sich sechs Arten der Roten Liste im Seebachtal, sowie 19 weniger gefährdete Arten. Somit hat sich das Seebachtal zu einem bedeutenden Heuschreckenlebensraum entwickelt. Aufgrund der anhaltenden Dynamik kann mit dem Auftreten weiterer Heuschreckenarten und einem Anwachsen der einzelnen Populationen in den kommenden Jahren gerechnet werden.	Heuschrecken	1995–2010
2010	Hafner A, Rieder J (2010) Libellen im Seebachtal. Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft.	Die Anzahl Libellenarten im Gebiet war bereits 1995 sehr hoch, konnte aber sogar noch um sechs Arten gesteigert werden. Von den nun 39 vorhandenen Libellenarten sind sechs auf der Roten Liste zu finden.	Libellen	1995–2010
2009	Braschler B, Marini L, Thommen GH, Baur B (2009) Effects of small-scale grassland fragmentation and frequent mowing on population density and species diversity of orthopterans: a long-term study. Ecological Entomology.	Insgesamt nahmen Dichte und Artenreichtum der Heuschrecken mit der Zeit zu. Dies war wahrscheinlich eine Folge der erhöhten kleinräumigen Habitatheterogenität und der Bereitstellung eines für xerophile Arten geeigneten Kurzrasenhabitats. Die Fragmentierung wirkte sich auf die Heuschreckendichte und die Artenzusammensetzung aus, nicht aber auf den Artenreichtum, dessen Reaktion hinter den Veränderungen der Abundanz zurückblieb.	Heuschrecken	1993–1999
2009	Leuthold W (2009) Libellen (Odonata) im Neeracherried (Kanton Zürich) – Das Artenspektrum und seine Veränderungen in 20 Jahren. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.	Bei einer Bestandesaufnahme von Libellen im Neeracherried wurden 42 Arten gefunden, neun Arten mehr als in einer vor 20 Jahren durchgeführten Studie. Andererseits konnten zwei damals ziemlich verbreitete Arten nicht mehr nachgewiesen werden (Gefleckte Heidelibelle <i>Sympetrum flaveolum</i> und Glänzende Binsenjungfer <i>Lestes dryas</i>). Gründe für die Unterschiede im Artenspektrum dürften längerfristige Biotopveränderungen, Massnahmen der Biotoppflege, generelle Bestandesveränderungen einzelner Arten sowie gewisse methodische Unterschiede sein.	Libellen	1999–2009

Jahr	Studie	Hauptaussagen	Insektengruppe(n)	Zeitspanne
2009	Lütolf M, Guisan A, Kienast F (2009) History matters: Relating land-use change to butterfly species occurrence. Environmental Management.	In der Studie wurde das Vorkommen von Schmetterlingen in Korrelation zu Landnutzungs-/Bodenbedeckungsveränderungen über fünf Jahrzehnte zwischen 1951 und 2000 erforscht. Das Untersuchungsgebiet umfasst die gesamte Schweiz. Die 10 unabhängigen Variablen stammen aus Agrarstatistiken und Zählungen. Wir wählten acht Schmetterlingsarten aus: vier Arten kommen auf Feuchtgebieten und vier auf Trockenrasen vor. Die Ergebnisse zeigten, dass abnehmende landwirtschaftliche Flächen und Dichten von Betrieben mit mehr als 10 ha Anbaufläche signifikant mit dem Rückgang von Feuchtgebietsarten zusammenhängen, und zunehmende Dichten von Viehbeständen scheinen das Verschwinden von Trockenrasenarten begünstigt zu haben.	Tagfalter	1951–2000
2009	Wymann H-P (2009) Die Tagfalter des Berner Oberlandes – eine Zwischenbilanz nach 16 Jahren Feldarbeit. Entomo Helvetica.	Keine Beobachtungen zu Populationsentwicklungen.	Tagfalter	1993–2008
2008	Wildermuth H (2008) Konstanz und Dynamik der Libellenfauna in der Drumlinlandschaft Zürcher Oberland – Rückblick auf 35 Jahre Monitoring. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.	Von 1973 bis 2007 wurden an rund 1000 Monitoringtagen insgesamt 51 Libellenarten nachgewiesen, von denen 27 sich regelmässig fortpflanzten. Bei den übrigen handelte es sich um Gastarten oder um solche, die sich nur vorübergehend reproduzierten. Die Zwerglibelle (<i>Nehalennia speciosa</i>) starb in dieser Zeit aus, während sich drei Arten im Kerngebiet ab 2005 dauerhaft neu ansiedelten.	Libellen	1973–2007
2008	Roth T, Amrhein V, Peter B, Weber D (2008) A Swiss agri-environment scheme effectively enhances species richness for some taxa over time. Agriculture, Ecosystems and Environment.	Die Effektivität von Agrarumweltmassnahmen (AES) zur Förderung der Biodiversität wurde kürzlich debattiert. Bei Schmetterlingen und Vögeln wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen AES-Flächen und Kontrollflächen hinsichtlich der Veränderung des Artenreichtums im Laufe der Zeit gefunden. Während die Anzahl der Schmetterlingsarten generell abnahm, nahm die Anzahl der Vogelarten sowohl auf AES-Flächen als auch auf Kontrollflächen zu. Es scheint, dass Agrarumweltmassnahmen beim Schutz und der Förderung der Biodiversität je nach Organismengruppe Wirkung zeigen können.	Tagfalter	Vergleich: 1998–2000 und 2003–2005
2008	Altermatt F, Birrer S, Plattner M, Ramseier P, Stalling T (2008) Erste Resultate zu den Tagfaltern im Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Entomo Helvetica.	Mit Abschluss der ersten Erhebungsperiode (2003–2007) konnte erstmalig ein standardisierter Überblick der Artenvielfalt gemacht werden. Insgesamt wurden 188 verschiedene Tagfalterarten nachgewiesen. Die mittlere Artenvielfalt pro Kilometerquadrat beträgt 32,1 Arten. In den Alpen war die Artenvielfalt sehr hoch (im Schnitt 39,0 Arten pro Alpenquadrat), während sie im Mittelland tief war (18,8 Arten). Das BDM trägt vor allem für häufige und mässig seltene Arten wichtige Daten zum räumlichen und zeitlichen Vorkommen sowie zur zeitlichen Entwicklung bei.	Tagfalter	2003–2007
2006	Altermatt F, Fritsch D, Huber W, Whitebread S (2006) Die Gross-Schmetterlingsfauna der Region Basel. Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel.	Die Studie zeigt einen kontinuierlichen Rückgang der pro Jahrzehnt gefundenen Gross-Schmetterlings-Arten seit 1950, wobei 163 Arten nach 1980 nicht mehr nachgewiesen werden konnten und regional ausgestorben sein dürften. Es konnten aber auch 29 neue Arten aus der Region gemeldet werden. Insgesamt ist die Zahl der verschwundenen Arten aber deutlich grösser als diejenige der Neuankommlinge.	Gross-Schmetterlinge	Ca. 1859–2004
2003	Rezbanyai-Reser L (2003) Zur Nachtgrossfalterfauna vom Berner Seeland (Ins, Landwirtschaftliche Schule, 433 m) (Lepidoptera: «Macroheterocera»). Entomologische Berichte Luzern.	Es werden die Nachtgrossfalter-Aufsammlungen ausgewertet, die bei der Landwirtschaftlichen Schule «Seeland» am Südostrand der Ortschaft Ins, Kanton Bern, im Gebiet «Heumoos», 433 m ü. M., mit einer, während dem grössten Teil der Vegetationszeit (Mai bis Oktober, in einigen Jahren auch April und November) kontinuierlich, also jede Nacht, betriebenen Lichtfalle 10 Jahre lang (1977–1986) durchgeführt worden sind. Eine etwaige allmähliche Dezimierung der Artenvielfalt konnte nicht festgestellt werden. Auch bei den jährlichen Individuenzahlen in der Ausbeute gab es keine Anzeichen darauf, dass die Nachtgrossfalterfauna im Verlauf der Aufsammlungen allmählich dezimiert worden wäre.	Nachtfalter	1977–1986

Jahr	Studie	Hauptaussagen	Insektengruppe(n)	Zeitspanne
2003	Altermatt F, Fritsch D, Whitebread S, Erhardt A (2003) Schmetterlinge (Lepidoptera) . In: <i>Fauna und Flora auf dem Eisenbahngelände im Norden Basels</i> . Burckhardt D, Baur B, Studer A (eds). Monographien der Entomologischen Gesellschaft Basel.	In den drei Jahren 1997, 1999, 2001 gibt es beträchtliche Unterschiede in der Diversität zwischen den einzelnen Transekte.	Schmetterlinge	1997–2001
2000	Keller WCF, Keller-Stänz S, Gloor P, Dürri W (2000) Neue Erkenntnisse über die Veränderungen der Tag- und Nachtfalterfauna (Lepidoptera) in der Region Rehetobel AR im 20. Jahrhundert . Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft.	Von den 469 Arten, die Paul Bodenmann nachwies, konnten wir nur noch 360 (77%) belegen, was einer Verlustbilanz von 23% der Arten in den letzten 70 Jahren entspricht. Der grösste prozentuale Artenverlust (34%) zeigt sich bei den Tagfaltern.	Tagfalter	Vergleich: 1936 und 1987–1995
1997	Schiess H, Schiess-Bühler C (1997) Dominanzminderung als ökologisches Prinzip: eine Neubewertung der ursprünglichen Waldnutzungen für Arten und Biotopschutz am Beispiel der Tagfalterfauna eines Auenwaldes in der Nordschweiz . Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.	Im Fallbeispiel wird die heutige Tagfalterfauna der Thurauen (Flaach, Kt. Zürich) mit jener von 1918 bis 1930 verglichen. Als Grundlage dient das Entomologische Tagebuch von Dr. Friedrich Ris. In den rund 65 Jahren zwischen den Vergleichszeitpunkten sind ein Drittel der Tagfalterarten aus dem Auengebiet an der Thurmündung verschwunden (zur Zeit von Ris 80, heute 53 Arten). Neu aufgetaucht sind dagegen nur zwei Arten. Mehr als die Hälfte der verschwundenen Arten gelten heute in der Schweiz als gefährdet.	Tagfalter	Vergleich: 1918–1930 und 1986–1989
1994	Keller WCF (1994) Veränderungen der Insektenwelt am Beispiel der Lepidoptera (Tag- und Nachtfalter) in der Region Rehetobel/AR zwischen Anfang des 20. Jahrhunderts (1906–1936) und heute . Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft.	Siehe Keller et al. 2000.	Tagfalter Nachtfalter	Vergleich: 1906–1936 1994
1993	Schiess-Bühler C (1993) Tagfalter im Schaffhauser Randen . Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.	In den letzten 70 Jahren sind im Randen 12 Schmetterlingsarten ausgestorben. Davon waren vier schon zu Ris'-Zeiten (1917–1930) selten; andere, früher noch sehr häufige Arten (z. B. der Grünblaue Bläuling) sind mittlerweile aber genauso verschwunden.	Tagfalter	Vergleich: 1917–1930 und 1960–1978 und 1986–1989
1989	Meier C (1989) Die Libellen der Kantone Zürich und Schaffhausen . Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.	Insgesamt wurden bisher 68 Arten im Kanton Zürich nachgewiesen, 60 davon nach 1950. Im Kanton Schaffhausen sind es insgesamt 32 Arten und 30 nach 1950.	Libellen	1950–1989
1976	Aubert J, Aubert J-J, Goeldlin P (1976) Douze ans de captures systématiques de Syrphides (Diptères) au col de Bretolet (Alpes valaisannes) . Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft.	Für alle Arten können die Gesamtfänge von einem Jahr zum nächsten erheblich schwanken.	Schwebfliegen	1962–1973

b) Weitere Studien und Gutachten

Jahr	Studie	Hauptaussagen	Insektengruppe(n)	Zeitspanne
2021	Artmann-Graf G, Erhardt A (2021) 20 Jahre Insektenmonitoring in der zentralen Nordwestschweiz. oekart.ch	Die Daten bestätigen den derzeit von anderen Studien nachgewiesenen Rückgang der Artenvielfalt nur zum Teil und als weniger dramatisch. Auffallend ist dagegen ein gewisser Rückgang hoher Abundanz bei häufigen Arten, was im Einklang mit dem Rückgang der Biomasse steht, der bereits in zahlreichen anderen Studien aufgezeigt worden ist.	Verschiedene Insektengruppen	1992–2011
2020	Fürst J (2020) Arthropod biomass, abundance and species richness changes since 1987 in the Limpach valley, CH. MSc Thesis, University of Basel and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL.	Die durchschnittliche Biomasse, Abundanz und der Artenreichtum pro Falle war 2019 höher als in den Vorjahren 1987 und 1997. Biomasse und Abundanz nahm in den Flugfallen stärker zu als in den Bodenfallen. Die Trends waren sowohl in naturnahen als auch landwirtschaftlichen Lebensräumen konsistent. Die Befunde werden damit erklärt, dass die Studie im in der Agrarlandschaft des Mittellandes durchgeführt wurde. Einer Landschaft, die vor 30 Jahren stark ausgeräumt war und wo es mittlerweile deutliche Aufwertungen gab.	Verschiedene Insektengruppen	Vergleich: 1987, 1997, 2019
2019	Kanton Aargau. Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der Normallandschaft des Kantons Aargau (LANAG) – Resultate 2019.	Die LANAG-Expertinnen und -Experten konnten rund 50 % weniger Individuen zählen als im Hitzesommer 2018. So lagen die Tagfalterartenzahlen in allen Lebensräumen deutlich unter jenen der letzten drei Jahre, wobei witterungsbedingt grössere Schwankungen bei dieser Artengruppe normal sind.	Tagfalter	Seit 1996
2017	Artmann-Graf G (2017) Heuschrecken in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring. VVS/BirdLife Solothurn.	Es werden 54 Arten von Heuschrecken aus der zentralen Nordwestschweiz vorgestellt, die von zahlreichen Naturkennern in den letzten etwa 100 Jahren beobachtet worden sind. Die Häufigkeiten von 30 Arten, welche zwischen 1992 und 2011 an mehr als nur wenigen Orten gefunden worden sind, werden in zwei Zehnjahresperioden (1992–2001 und 2002–2011) miteinander verglichen. Fazit: Was bei den Heuschrecken, insbesondere bei den Kurzfühlerschrecken, auffällt, ist weniger die Veränderung der Artengarnitur in der Region, wie etwa bei den Tagfaltern, als vielmehr die Abnahme der Bestandesdichten im Verlaufe der letzten Jahrzehnte.	Heuschrecken	Vergleich: 1992–2001 und 2002–2011
2015	Bossart S, Meier C, Schiess H, Hohl M (2015) Schleichende Verarmung der Tagfalterfauna. Zürcher Umweltp Praxis und Raumentwicklung.	Der Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich hat in den Jahren 2011 und 2012 die Bestände der Tagfalter neu erhoben. Trotz erfolgreicher Fördermassnahmen hat sich die Situation vieler Arten in den letzten zwanzig Jahren weiter verschlechtert. Zum Erhalt der einheimischen Tagfalterfauna werden noch mehr Anstrengungen nötig sein.	Tagfalter	1990–2015
2015	Artmann-Graf G (2015) Tagfalter in der zentralen Nordwestschweiz gestern und heute: Verbreitungsatlas und Monitoring. Pro Natura Solothurn.	Die Häufigkeiten von 70 Arten, welche zwischen 1987 und 2011 an mehr als nur drei Orten gefunden worden sind, werden in zwei Zehnjahresperioden (1992 bis 2001 und 2002 bis 2011) miteinander verglichen (Monitoring). Von der ersten bis zur zweiten Periode haben 13 Arten von Tagfaltern in ihren Beständen stark und 6 Arten mässig zugenommen. In derselben Zeit haben 12 Arten stark und 6 Arten mässig abgenommen. Somit ist die Bilanz annähernd ausgeglichen.	Tagfalter	Vergleich: 1992–2001 und 2002–2011
2014	Verein Schmetterlingsförderung im Kanton Zürich (2014) Tagfalterinventar des Kantons Zürich 2011/2012 – Kartierung und Vergleich mit 1990–1992.	Die Zahl der Vorkommen und der Bestand von Arten mit breiteren Ansprüchen an den Lebensraum und mit grösserer Flexibilität nehmen mehrheitlich eher zu, jene von Arten mit spezialisierterer Habitatwahl und geringerer Anpassungsfähigkeit nehmen jedoch mehrheitlich ab.	Tagfalter	Vergleich: 1990–1992 und 2011/2012
2010	BAFU (2010) Klimaerwärmung verändert die Vielfalt. BDM-FACTS.	BDM – Modellierung > Zunahme des Tagfalterreichtums ab 1200 Meter Höhe, sollten die Temperaturen bis 2050 wie prognostiziert um 2 Grad ansteigen	Tagfalter	Prognose

Jahr	Studie	Hauptaussagen	Insektengruppe(n)	Zeitspanne
2006	Hohl M (2006) Spatial and temporal variation of grasshopper and butterfly communities in differently managed semi-natural grasslands of the Swiss Alps . Dissertation ETH-Zürich.	<p>Heuschrecken: In den Jahren 2002–2003 wurden alle in den Jahren 1981–83 gefundenen Arten wiedergefunden. Die Unterschiede zwischen den Heuschreckenbeständen von 1981–1983 und 2002–2003 waren sehr gering, aber statistisch signifikant. Einige Arten kamen 2002/2003 nicht mehr lokal in bestimmten Parzellen vor, wurden aber 2002–2003 im Vergleich zu 1981–1983 in anderen Parzellen gefunden. Der Vergleich der Artenzusammensetzung über die Zeit zeigte keinen wesentlichen Verlust in den Artengemeinschaften von 1981–1983 bis 2002–2003.</p> <p>Schmetterlinge: In 2002–2004 wurden 133 Arten beobachtet (77 Schmetterlinge und 56 Tagfalter), vier weniger als in 1977–1979. Die durchschnittliche Artenzahl pro Standort in den Wiesen und Weiden war über die letzten 25 Jahre stabil, d.h. etwa 70 Arten in 1977–1979 und in 2002–2004. Allerdings nahm die Zahl der Schmetterlingsarten pro Standort zu, während die Zahl der Tagfalterarten pro Standort abnahm. Die Artenzusammensetzung der Gemeinschaften änderte sich zwischen 1977–1979 und 2002–2004 signifikant. 31 Arten zeigten eine statistisch signifikante Abnahme der Abundanz, während 15 Arten eine signifikante Zunahme aufwiesen.</p>	Heuschrecken Schmetterlinge	Heuschrecken Vergleich: 19981–1983 und 2002–2003 Schmetterlinge: Vergleich 1977–1979 und 2002–2004
2006	Kiser K (2006) Tagaktive Grossschmetterlinge als Bioindikatoren zur Erfolgskontrolle . Naturforschung in Obwalden und Nidwalden.	<p>Insgesamt 29 Arten wurden bei der Ausgangslage (1997/1998) ermittelt, davon erreichten 9 Arten den Wert einer Charakterart mit einer jährlichen Abundanz von mindestens 5 Exemplaren/100 Transsektmeter. Die Erfolgskontrolle 2001/2002/2003 erbrachte im Transsekt eine deutlich grössere Artendiversität mit 47 Arten, davon jedoch nur noch 2 Arten mit dem Index 3 (= Charakterart). 24 Arten konnten in den Aufnahmen 1997/1998 als auch in denjenigen von 2001/2002/2003 festgestellt werden.</p> <p>Durch die Wiederaufnahme der Bewirtschaftung (Entbuschung und Mahd) und der gezielten Förderung der Habitatsvielfalt (z. B. wird immer mindestens ein Zehntel der Fläche nicht genutzt) konnte die Artenvielfalt stark gefördert werden.</p>	Tagfalter	Vergleich: 1997/1998 und 2001–2003
2003	Hegetschweiler T (2003) Landchaftsveränderungen und deren Auswirkungen auf das Tagfaltervorkommen von 1870 bis 1970 in der Gemeinde St. Gallen . Praktikumsbericht Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.	<p>In der vorliegenden Arbeit wurden historische Präsenz- und Abundanzdaten aus den Jahren 1870, 1930 und 1960–1978 aus der Gemeinde St. Gallen ausgewertet und in einen Zusammenhang gestellt mit Landschaftsveränderungen im Verlaufe der Zeit, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Art und Weise der Überbauung gerichtet wurde.</p> <p>Zusammenfassend kann man sagen, dass die zunehmende Überbauung wertvoller Habitate, die Intensivierung der Landwirtschaft und Veränderungen innerhalb des Siedlungsgebietes durch die Entstehung von komplett versiegelten Industriearealen zu einer Abnahme von Tagfalterarten geführt haben.</p>	Tagfalter	Vergleich: 1870 1930 1960–1978
1996	Delarze R (1996) Les orthoptères des Grangettes (Noville, Vaud, CH) et leur distribution dans le site marécageux . Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles.	<p>28 Heuschreckenarten wurden während der letzten 10 Jahren in Les Grangettes registriert, davon gelten 14 Arten als gefährdet. Die aktuelle Situation zeigt, dass der Zustand für die hygrophilen Arten gut ist (durch den Schutz eine grossen Feuchtgebietes), während xerophile Arten eine abnehmende Tendenz zeigen (durch Degradation der geeigneten Lebensräume).</p>	Heuschrecken	1985–1995



Die Dänische Eintagsfliege (*Ephemera danica*) wurde zum «Insekt des Jahres 2021» in Deutschland, Österreich und der Schweiz gewählt. Eintagsfliegen sind stark auf naturnahe Gewässer als Lebensraum angewiesen. Ihre Larven leben im Wasser und ernähren sich vorwiegend von lebendem oder totem Pflanzenmaterial. Die Entwicklung zum erwachsenen Tier weist eine Besonderheit auf: aus der Larvenhaut schlüpft an der Wasseroberfläche eine flugfähige aber noch nicht geschlechtsreife sogenannte Subimago, welche sich dann innert Tagen nochmals zum hier abgebildeten ausgewachsenen Tier häutet.

Tabelle A.2 Wichtige Massnahmen für die Umsetzung des 12-Punkte-Programms zur Erhaltung und Förderung von Insekten in der Schweiz.

Die Massnahmen sind Kategorien und Landschaftsräumen zugeordnet. Kategorie **O**: Optimierung, Ergänzung, Weiterentwicklung bestehender Massnahmen; **V**: Verbesserung bei Vollzug und Umsetzung bestehender Massnahmen; **N**: Neue Massnahme wie zum Beispiel neues Instrument.

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
1 Insektenhotspots identifizieren und erhalten								
1.1	Bisher ungeschützte Insektenhotspots ausserhalb der Biotopinventare von nationaler Bedeutung identifizieren und geeignete Bewirtschaftung sicherstellen.	Die Objekte der Inventare der Biotope von nationaler Bedeutung sind die Perlen des Naturschutzes in der Schweiz. Zahlreiche Insektenarten profitieren davon. Viele andere für Insekten wichtige Lebensräume wie artenreiche Wiesentypen, naturnahe Gewässerabschnitte, ungefasste Quellen, extensiv genutzte Hochstammobstgärten, lichte Wälder oder Wälder, welcher reich an Totholz und alten Bäumen sind, sowie ökologisch wertvolle Steinbrüche, Kiesgruben, Sandgruben und andere artenreiche Ruderalflächen sind allerdings ebenfalls seltener geworden und büssen durch Pestizideinträge, Überdüngung, Lichtverschmutzung, ungeeignete Nutzungs- oder Bewirtschaftungsmethoden oder der Nutzungsaufgabe, welche mit Verbuschung einhergeht, an Qualität ein. Grössere Flächen sind rechtlich und raumplanerisch zu sichern; allenfalls sind für die langfristige Erhaltung und Sicherung zusätzlicher wertvoller Lebensräume neue Instrumente im Sinne nationaler Inventare zu schaffen.	O, V, evtl. N	x	x	x	x	x
1.2	Insektenfreundliche Bewirtschaftung von insektenreichen Wiesen- und Weiden weiterführen: – Keine Düngung bisher nie gedüngter und keine Verstärkung der Düngung auf schwach gedüngten Flächen. – Keine Installation von Bewässerungsanlagen in artenreichen Wiesen und Weiden, insbesondere nicht in Trockenwiesen und -weiden. – Keine Drainage bisher undrainierter Wiesen, Entscheide für Entwässerung oder Wiederherstellung von defekten Drainagen unter Berücksichtigung des ökologischen Flächenpotenzials. – Bisherige Bewirtschaftung artenreicher Flächen (Mähregime, Bestossung etc.) weiterführen, weder intensivieren noch extensivieren. – Verbuschung und Verwaldung vermeiden, bei gleichzeitigem Zulassen eines angemessenen Anteils an Gebüsch.	– Bisher ungedüngte oder erst schwach gedüngte Wiesen (z. B. Magerwiesen, Fromentalwiesen, Goldhaferwiesen) sind oft die letzten Refugien für Insektenarten, die auf nährstoffärmere Wiesen und Weiden angewiesen sind. Insbesondere die nun auch in höheren Lagen zunehmend intensive Düngung mit Gülle ist eine der Hauptursachen für die Degradierung und Trivialisierung dieser Lebensräume. Falls zu hohe Güllemengen anfallen, müssen die Tierbestände reduziert werden. – Bewässerungen – insbesondere durch Sprinkleranlagen – führen in Kombination mit der veränderten Bewirtschaftung dazu, dass sich die Vegetationsstruktur massiv verändert, die Wiesen früher und häufiger geschnitten werden und teilweise neue Erntetechniken wie Silage eingeführt werden können. Dies alles wertet die einst bedeutenden Lebensräume von Insekten massiv ab. – Die verbliebenen undrainierten Feuchtwiesen sind letzte Reste wertvoller Lebensräume für ehemals weit verbreitete Insektenarten. – Flächen mit einem hohen Artenreichtum zeigen, dass die bisherige Bewirtschaftung sich für die Biodiversität bewährt, sei es das Mahd- oder Beweidungsregime. Hier sind die Art und Intensität der Bewirtschaftung weiterzuführen und darf auf keinen Fall intensiviert werden; jede Nutzungsänderung dieser Flächen (Umwandlung von Heuwiesen in Weiden oder von Weiden in Heuwiesen) muss vermieden werden; Zufütterung auf der Weide muss verboten werden, um eine übermässige Düngung des Bodens durch Viehhaltung zu vermeiden. – Viele wertvolle Insektenlebensräume liegen im Sömmerungsgebiet. Werden sie nicht mehr genutzt, werden sie oft von Grünerlen und später von Wald überwachsen und gehen als offene Lebensräume verloren. Bewirtschafteter artenreicher Flächen, die vor der Nutzungsaufgabe stehen und zu verganden drohen müssen unterstützt werden.	O, V, evtl. N	x		x	x	x
1.3	Habitatbäumen erhalten, etwa in in Alleen, Gärten, Parks, Friedhöfen, Hochstammobstgärten, Wäldern.	Habitatbäume bzw. alte Bäume mit vielen Mikrohabitaten wie etwa Höhlen oder Totholz sind Lebensraum zahlreicher Insektenarten, die stark bedroht sind. Sie können in kommunalen Inventaren erfasst, im Siedlungsraum mit Baumschutzgesetzen geschützt, in der Landwirtschaft mit Hilfe von Direktzahlungsbeiträgen oder im Wald mit Abgeltungen für Habitatbäume und Altholzinseln erhalten werden.	O, V	x	x	x	x	

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
1.4	Wertvolle biodiversitätsfördernde Strukturen erhalten.	Biodiversitätsfördernde Strukturen werden oft unabsichtlich oder aus Unkenntnis zerstört oder aber absichtlich entfernt, weil sie als unordentlich wahrgenommen werden oder die Bewirtschaftung erschweren können. Geräte wie Steinbrechmaschinen, Bodenfräsen, Kreisel- und Scheibeneggen, Weidenmulcher etc. können für Insekten wertvolle Strukturen zerstören. Bisher ist der Einsatz von Steinbrechmaschinen nur in Biodiversitätsförderflächen verboten. Nötig wären aber auch ein konsequenter Vollzug und die Ausdehnung der Verbote von Geräten zur Beseitigung von Strukturen in Dauerwiesen und -weiden, Wytweiden sowie natürlich gewachsenen und ungestörten Böden, die noch eine reiche Insektenfauna beherbergen. Auch in Siedlungen, Wäldern und entlang von Gewässern müssen biodiversitätsfördernde Strukturen unbedingt erhalten werden.	O, V, N	x	x	x	x	x
1.5	Bei Projekten und Umweltverträglichkeitsberichten ein besonders Augenmerk auf biodiversitäts- und insektenreiche Lebensräume legen und bei Bedarf die entsprechenden SpezialistInnen beiziehen.	Bei Projekten und der Erarbeitung von Umweltverträglichkeitsberichten werden Insekten kaum berücksichtigt; so drohen bestehende Hotspots unbeabsichtigt zu verschwinden.	V	x	x	x	x	x
1.6	Wildbienenhotspots vor der Nahrungskonkurrenz durch die Honigbiene schützen.	Die grosse Popularität der Honigbiene und die daraus resultierende Zunahme der Zahl der Bienenstöcke in Verbindung mit der Verarmung der Flora auf intensiv bewirtschafteten Grünlandflächen führt zu einer zunehmenden Nahrungskonkurrenz mit Wildbienen. Mindestens die Wildbienen-Hotspots der Schweiz müssen vor zu starkem Honigbienenbesatz geschützt sein. Hilfreich wäre etwa die Festlegung ökologisch verträglicher Honigbienenendichten für verschiedene Bezugsgebiete oder die Unterbindung der Imkerei in Naturschutzgebieten inkl. Pufferzone.	N					x
2 Lebensräume aufwerten, vernetzen und neu schaffen								
2.1	Eine ökologische Infrastruktur auf mindestens 30% der Landesfläche einrichten, unter Einbezug der Lebensraumansprüche von Insektenarten.	Mit der im Rahmen von Strategie und Aktionsplan Biodiversität vorgesehenen ökologischen Infrastruktur soll die ökologisch wertvolle Fläche vergrössert, vernetzt und ihre räumliche Vielfalt erhöht werden. In Potenzialgebieten sollen neue für die Insekten wertvolle Lebensräume geschaffen werden. Solche sind zum Beispiel gestufte Waldränder mit blütenreichem Krautsaum, Feuchtstandorte, artenreiche Blumenwiesen mit einem Blütenangebot über die ganze Saison, naturnahe Gewässerlebensräume mit ausreichend breiten Uferbereichen (Gewässerraum). Die Lage der Flächen sollte sich unter anderem auch an den (potenziellen) Vorkommen und Lebensraumansprüchen von (prioritären) Insektenarten ausrichten.	O, V, N	x	x	x	x	x
2.2	Die Schutzgebietspflege verstärkt auf die Ansprüche von Insekten ausrichten.	Oft sind Pflegepläne in Schutzgebieten auf bestimmte Pflanzen- und Wirbeltierarten (insbesondere Reptilien, Amphibien und Vögel) ausgerichtet, weniger aber auf Insekten. Hier sind in Zukunft verstärkt die Ansprüche verschiedener Insektengruppen und -arten einzubeziehen. Um eine grosse Vielfalt von Insekten zu fördern, sollte die Pflege der Schutzgebiete zeitlich und räumlich differenziert erfolgen, mit einem Rotationssystem, das das Vorhandensein von gemähten und ungemähten bzw. beweideten und unbeweideten Flächen während des ganzen Jahres ermöglicht. In jedem Fall müssen die Häufigkeit und die Intensität der Pflegemassnahmen entsprechend den Gegebenheiten des Geländes und der vorhandenen Artengemeinschaften festgelegt werden. Hierfür sind Schutzverordnungen, Schutzgebietskonzepte und Pflegepläne hinsichtlich Wirksamkeit für Insekten unter Beizug von Fachpersonen zu überprüfen und allenfalls differenziert anzupassen.	O, V	x	x	x	x	x

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
2.3	Die Kantone für die Sanierung beeinträchtigter Schutzgebiete von nationaler und regionaler Bedeutung stärken.	Ein Grossteil der Objekte von nationaler Bedeutung hat seit der Inkraftsetzung der entsprechenden Inventare an Qualität verloren. Diese Objekte sowie weitere Schutzgebiete von regionaler oder lokaler Bedeutung müssen saniert werden. Hierfür stehen im Rahmen des Aktionsplans Biodiversität bzw. der Programmvereinbarungen im Umweltbereich Bundesmittel zur Verfügung, die allerdings wegen finanziellen Engpässen in den Kantonen oder fehlenden Personalressourcen und Fachkompetenzen noch nicht ausreichend eingesetzt werden können.	V	x	x	x	x	x
2.4	Fläche, Vielfalt und Qualität von naturnahen Lebensräumen bzw. insektenfreundlichen Flächen in geeigneter Lage in Siedlungen und im Landwirtschaftsgebiet erhöhen.	<p>Die Lage, Vernetzung und Pflege von bedeutsamen Flächen für Insekten (darunter blütenreiche Vegetationsflächen mit Pollen- und Nektarangebot über die gesamte Vegetationsperiode) müssen im Sinne der ökologischen Infrastruktur geplant werden. Hierfür sind die entsprechenden Regeln und Normen (z. B. Mindestanteil naturnaher Flächen in Nutzungsplänen) zu schaffen. Wo möglich sind Flächen zu entsiegeln. Alle Akteure (öffentliche, halböffentliche und private) sind eingeladen, hier mitzuwirken. Wo nötig sind die entsprechenden Anreize zu schaffen, damit auch halböffentliche und private Flächen ihren ökologischen Wert erhöhen und halten. Flächen, Anlagen und Bautend des Bundes, der Kantone und Gemeinden sollen als Vorzeigebispiele genutzt werden.</p> <p>Die Vielfalt der Insektengemeinschaften hängt von einer Vielzahl von Nahrungsquellen (z. B. Nektar und Pollen) und der Verfügbarkeit geeigneter Nist-, Rückzugs- und Überwinterungsplätze ab. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Blühphasen und damit das Nahrungsangebot für Insekten innerhalb und angrenzend an bewirtschaftete Flächen zeitlich und räumlich gestaffelt sind und dass noch blütenreichen Grünlandflächen in niedrigen Lagen (z. B. PPS, Wegränder, Grünflächen) nicht alle zur gleichen Zeit gemäht werden. Um ihre Vernetzung zu gewährleisten, sollten naturnahe Flächen in Abständen von einigen hundert Metern angelegt werden und, falls eine Ansaat erforderlich ist, Saatgutmischungen aus heimischen Pflanzen, möglichst aus der betreffenden Region, verwendet werden.</p>	O, V, N	x			x	
2.5	Erhöhung der Anzahl, Vielfalt und Qualität von biodiversitätsfördernden Strukturen in allen Lebensräumen.	In landwirtschaftlichen Gebieten, in Wäldern, in städtischen Gebieten, entlang von Strassen, in Kiesgruben und anderen qualitativ hochwertigen Abbaugebieten und/oder in der Nähe anderer naturnaher Lebensräume erhöht das Vorhandensein einer Vielzahl von Mikrostrukturen (Steinhaufen und Trockenmauern, Asthaufen, kahle Bodenstellen, vereinzelte Bäume, Sträucher und Gehölze, temporäre Tümpel, Bäche usw.) den Wert der betreffenden Standorte. Um eine möglichst grosse Zahl von Arten zu fördern, ist eine breite Palette von Mikrostrukturen erforderlich, die an die Beschaffenheit der betreffenden Standorte angepasst sind (z. B. Steinhaufen nur in Trockengebieten).	O, V, N	x	x	x	x	x
2.6	Die Ausbreitung und Etablierung von invasiven gebietsfremden Arten möglichst verhindern, insbesondere in sensiblen Gebieten.	Die Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten, die durch den Klimawandel noch verstärkt wird, stellt eine potenzielle Bedrohung für die einheimische Fauna dar. Einige nicht einheimische Insektenarten, wie der asiatische Marienkäfer oder die asiatische Hornisse, konkurrieren bekanntermassen direkt mit einheimischen Insektenarten. Da es fast unmöglich ist, gebietsfremde Insekten auszurotten, wenn sich diese erst einmal etabliert haben (ihre Populationen können bestenfalls kontrolliert werden), besteht die bestmögliche Massnahme darin, ihrer Einschleppung entgegenzuwirken (z. B. durch Verringerung der Einfuhr gebietsfremder Pflanzen, verstärkte Kontrolle und Sterilisierung importierter Lebensmittel und anderer Waren). Da die Bekämpfung invasiver gebietsfremder Pflanzen im Durchschnitt wirksamer ist, kann sie in geschützten oder insektenreichen Gebieten durchgeführt werden, um so das Risiko der Verarmung oder sogar des Verschwindens einheimischer Nahrungspflanzenarten zu verringern.	V	x	x	x	x	x

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
2.7	Rand- und Übergangsbereiche wie Waldränder, Ufer von Gewässern sowie Siedlungsränder etc. ökologisch aufwerten und neu schaffen.	Breite und strukturreiche Übergangsbereiche zwischen Wald und Offenland, Gewässern und angrenzenden Lebensräumen, Siedlungen und Kulturland etc. sind oft besonders artenreich und wertvoll für Insekten.	0, V, N	x	x	x	x	
2.8	Renaturierung der Gewässer: Revitalisierung der Fliessgewässer, Seen und ihrer Ufer bzw. Gewässerräume, Wiederherstellung der Vernetzung zwischen Gewässer- und Landlebensräumen, Sanierung Schwall-Sunk und Geschiebehauhalt, Verbesserung der Wasserqualität, Sicherstellung ausreichender Restwassermengen.	Gewässer beherbergen zahlreiche Insektengruppen (Libellen, Eintags-, Stein-, und Köcherfliegen, viele Familien der Zweiflügler und Käfer), welche auf naturnahe Fliess- und Stillgewässer angewiesen sind. Folgende Probleme sind zu beheben: beeinträchtigte Gewässerstrukturen (Verbauung, fehlende Vernetzung), Schwall-Sunk, Restwassermengen, invasive gebietsfremde Arten in Gewässern. Gewässerverschmutzung durch Nährstoffe, Pestizide und andere Mikroverunreinigungen wie Antibiotika, Arzneimittel, Kosmetika etc. gehen. Für ihre Entwicklung benötigen Gewässerinsekten aber auch naturnahe Strukturen entlang der Gewässer. Die konsequente Ausscheidung und Aufwertung der Gewässerräume nützt deshalb auch den Insekten.	0, V	x	x	x	x	x
2.9	Insektenlebensräume vor externen Beeinträchtigungen (z. B. Pestizid-, Stickstoffeinträge, Wassermangel) schützen: – Konsequente Ausscheidung und Umsetzung ökologisch ausreichender Gewässerräume. – Konsequente Ausscheidung und Pflege von Pufferzonen (Nährstoff-, hydrologische-, Störungspufferzonen) um alle Schutzgebiete. – Schaffung von ausreichend breiten Pufferstreifen entlang von biodiversitätsfördernden Strukturen.	– Die bestehenden Vorgaben zur Grösse des Gewässerraums sind aufgrund umfangreicher wissenschaftlicher Studien als absolut unterste Grösse zu betrachten, um die gesetzlich vorgeschriebene Funktion der Gewässer zu erhalten. Gerade bei kleinen Gewässern sind die ausnahmslose Ausscheidung und Umsetzung des Gewässerraums zentral, da diese wichtige Lebensräume von aquatischen Insekten sind. – Ausreichend grosse Pufferzonen zur Reduktion von Nährstoffeinträgen, Störungen und bei Feuchtgebieten zudem zur Erhaltung eines ausreichenden Wasserzuflusses sind bei allen geschützten Gebieten essenziell. – Damit Strukturen ihre biodiversitätsfördernde Wirkung entfalten können, sind auch hier Pufferstreifen wichtig.	0, V, evtl. N	x	x	x	x	x
2.10	National prioritäre Waldlebensräume/Waldgesellschaften erhalten und aufwerten, insbesondere urwaldähnliche, feuchte sowie lichte Wälder; ökologisch wertvolle Waldstrukturen, welche durch traditionelle Waldnutzungsformen entstanden sind, mit zeitgemässen Ansätzen fördern.	Frühe und späte Waldentwicklungsphasen bieten Lebensraum für xylobionte und für heliophile Insekten. Die Einrichtung von Natur- und Sonderwaldreservaten sowie von Altholzinseln ermöglicht die natürliche Waldentwicklung und schafft günstige Bedingungen für anspruchsvolle Arten, ebenso gewisse traditionelle Waldnutzungsformen. Seit längerer Zeit ungenutzte Wälder (> 50 Jahre) haben ebenfalls ein hohes Potenzial an Naturnähe. Eingriffe in solchen Wäldern sollten auf das Minimum reduziert werden.	0, V	x	x			x
2.11	Im Wald auf einem angemessenen Flächenanteil Altholzinseln und Naturwaldreservate ausscheiden.	Xylobionten Insektenarten, die auf alte Bäume und späte Waldentwicklungsstadien angewiesen sind, fehlt es derzeit an geeigneten Lebensräumen.	0, V		x			x
2.12	Flächen, die durch Naturereignisse wie Windwurf, Überschwemmungen, Hangrutschungen etc. entstehen, soweit möglich ihrer natürlichen Entwicklung überlassen.	Natürliche Störungen können als natürliche Wiederherstellung einer langfristigen Degradierung des Ökosystems gesehen werden. Durch Naturereignisse gestörte Flächen können für viele Insektenarten wichtig sein. Sie sind wenn immer möglich ihrer natürlichen Entwicklung zu überlassen. Auch in bewirtschafteten Wäldern können natürliche Störungen wie Windwürfe günstige Bedingungen für Waldinsekten schaffen. Falls aus phytosanitären oder sicherheitstechnischen Gründen nichts dagegen spricht, soll die natürliche Waldentwicklung auf Sturmschadensflächen und anderen durch Naturereignisse betroffene Waldflächen zugelassen werden und das liegende oder stehende Totholz im Wald bleiben.	0, V	x	x	x		x

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
3 Gezielte Artenförderungsmassnahmen umsetzen								
3.1	Aufbauend auf dem Konzept Artenförderung Schweiz gezielte Massnahmen für Artengruppen (Gilden) mit ähnlichen Lebensraumansprüchen, und falls erforderlich für bestimmte Insektenarten, entwickeln, umsetzen sowie Wirksamkeit kontrollieren.	<p>Gemäss der Liste der National Prioritären Arten der Schweiz sind für über 100 prioritäre Insektenarten gezielte Massnahmen (z. B. Artenförderungsprogramme) erforderlich. Für über 500 Insektenarten ist es nicht eindeutig klar, ob gezielte Massnahmen nötig sind. Vermutlich genügen für diese Arten angemessene Bewirtschaftungsmassnahmen in ihren Lebensräumen.</p> <p>Wo der Handlungsbedarf bekannt und das Wissen zur Förderung ausreichend ist, können Aktionspläne entwickelt werden; für andere wichtige Arten(-gruppen), die noch nicht in dieser Liste aufgeführt sind (z. B. Wildbienen) oder für zahlreiche Arten, deren Bedürfnisse oder Förderungstechniken ungenügend bekannt sind, müssen die nötigen Untersuchungen eingeleitet werden (siehe 10. Forschung intensivieren, Massnahme 10.1 und 10.5).</p> <p>Angesichts der hohen Zahl von prioritären Arten, die gezielte Massnahmen erfordern empfiehlt es sich, Arten mit ähnlichen Lebensraumansprüchen in Gilden zu gruppieren und Massnahmen zu entwickeln, die allen Arten dieser Gilden zugute kommen, wie dies für die Arten des Lichten Waldes getan wurde.</p>	0, V	x	x	x	x	x
4 Risiken und Einsatz von Pestiziden minimieren								
4.1	Risiken von Pestiziden für Insekten reduzieren.	Die Wirkung von Pestiziden auf Organismen wird insbesondere von ihrer Toxizität, ihrer Konzentration in der Umwelt sowie der Expositionsdauer und -häufigkeit bestimmt. Um die unerwünschten Auswirkungen vom Pestizideinsatz auf Insekten zu reduzieren, sind all diese Faktoren zu berücksichtigen. Zur Verringerung der Risiken des Pestizideinsatzes ist zudem ein geeigneter Mix aus ordnungspolitischen, ökonomischen und kommunikativen Instrumenten notwendig.	0, V, N	x	x	x	x	x
4.2	Nachhaltige Produktionssysteme mit möglichst geringem Pestizideinsatz entwickeln und umsetzen sowie den Integrierten Pflanzenschutz stärken und konsequent umsetzen.	Nachhaltige landwirtschaftliche Produktionssysteme zeichnen sich unter anderem aus durch den Anbau standortgeeigneter Nutzpflanzenarten und -sorten, die Züchtung und den Einsatz robuster Nutzpflanzensorten, die Förderung von Nützlingen (Parasitoide, Prädatoren) und andere Ansätze der integrierten Produktion.	0, V, evtl. N	x				
4.3	Besonders riskante Pestizide verbieten.	Pestizide mit hohen Risiken für Umwelt und Biodiversität verbieten. Dabei muss sichergestellt werden, dass allfällige Ersatzwirkstoffe nicht zu anderen unerwünschten Nebenwirkungen führen.	0, V	x	x		x	
4.4	Alternativen für insekten-schädliche Biozide, (Tier-) Arzneimittel und ihren Einsatz entwickeln sowie ihre Einträge in die Umwelt reduzieren.	Biozide (Pestizide, welche zum Schutz von Materialien oder als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt werden) können ebenfalls in die Umwelt gelangen und Nichtziel-Insekten schädigen. Dasselbe ist der Fall für gewisse Arzneimittel (z. B. Antibiotika) und Tierarzneimittel (z. B. Antiparasitika), die z. B. über den Dung zu einer Exposition und unbeabsichtigten Beeinträchtigung von Insekten in der Umwelt führen.	0, V, N	x		x	x	x
4.5	Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Siedlungsraum (öffentliche Flächen, in Privatgärten, Aussenbereichen von Firmenarealen etc.) verbieten, ebenso den Verkauf von Pflanzenschutzmitteln für diese Zwecke.	Pflanzenschutzmittel werden nicht nur in der Landwirtschaft, sondern auch im Siedlungsraum eingesetzt und können Insekten direkt (Insektizide) oder indirekt (Herbizide) schädigen. Für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Siedlungsraum bestehen zahlreiche Alternativen (zum Beispiel mechanische, biologische, biotechnische Massnahmen). Die Gesetzgebung schränkt zwar den Herbizideinsatz im Siedlungsraum ein, das Anwendungsverbot für Herbizide auf und an Strassen, Wegen, Plätzen, Terrassen und Dächern wird aber oft nicht eingehalten.	V, N				x	

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
5 Stickstoff- und Phosphoreinträge reduzieren								
5.1	Nutztierbestände und Kraftfuttereinsatz reduzieren, unter anderem mittels standortangepasster Nutztierrassen, die kein zusätzliches Kraftfutter benötigen.	Die hohen Nutztierbestände und Rassen, welche auf eine Fütterung mit Kraftfutter angewiesen sind, verbunden mit dem Import von Kraftfutter, sind hauptverantwortlich für die Stickstoffüberschüsse der Schweizer Landwirtschaft, den hohen Hofdüngeranfall und die übermässigen Stickstoffeinträge in die Umwelt.	O, V, evtl. N	x				
5.2	Bei der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln den Einsatz von Stickstoff- und Phosphordüngern inklusiv Hofdünger reduzieren.	Trotz bestehender Düngeempfehlungen wird teilweise unnötig viel Dünger für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln eingesetzt oder dieser unsachgemäss ausgebracht, zum Beispiel zu Nahe an Gewässern oder ungeeigneter Düngezeitpunkt. Gleichzeitig bestehen Alternativen (z. B. Gründüngung, Sortenwahl) und Techniken (z. B. präzise Anwendung), um den Düngeinsatz zu reduzieren.	O, V, evtl. N	x				
5.3	Futter- und Düngemittelimporte reduzieren.	Futter- und Düngemittelimporte sind treibende Faktoren der Stickstoff- und Phosphorkreisläufe der Schweiz. Ihre Importe tragen massgeblich zu den Stickstoff- und Phosphorüberschüssen der Schweizer Landwirtschaft und damit zu den unerwünschten Einträgen in die Umwelt bei (z. B. Phosphor- oder Nitrateinträge in Gewässer, Stickstoff-Deposition über die Luft).	N	x				
5.4	Stickstoff- und Phosphorüberschüsse sowie -emissionen, v.a. von Ammoniak, verringern.	Diese Verringerung kann durch eine Reduktion des Kraftfuttereinsatzes, des Einsatzes von Stickstoff und Phosphor sowie durch organisatorische und technische Massnahmen in der Landwirtschaft gelingen, etwa die Verbreitung von Praktiken, welche die Stickstoff- und Phosphorauswaschung reduzieren.	O, V	x				
6 Bewirtschaftung insektenfreundlich gestalten								
6.1	Biodiversitätsförderflächen insektenfreundlich bewirtschaften.	Rückzugsstreifen auf allen Wiesen-/ (Weiden)-BFF, keine Mähauflbereiter in Biodiversitätsförderflächen der Qualitätstufe Q1 (bisher nur in BFF QII), zeitlich und räumlich gestaffelte Mahd, Verzicht auf Silage und Schlegelmulcher/Rotationsmäher, Ausrichtung der Mindestschnitthöhe auf 8–10 cm, Früh-/Vornutzungen an dafür geeigneten Standorten.	O, V	x				
6.2	Wenig intensiv genutztes Grünland möglichst insektenfreundlich bewirtschaften.	Dies bedeutet und anderem: insektenfreundliche Mähweisen, -methoden und -techniken, reduzierter Düngeinsatz.	O, V	x				
6.3	In der Landwirtschaft die Bodenbearbeitung reduzieren, humusmehrend bewirtschaften, auf durchgehende Bodenbedeckung achten und Mistwirtschaft fördern.	Bodeninsekten profitieren von diesen Massnahmen.	O, V	x				
6.4	Die Beweidungsintensität im Sömmerungsgebiet dem Standort anpassen; insbesondere gebietsweise zu hoher Besatz mit Schafen in der alpinen Stufe reduzieren, empfindliche Pflanzenbestände nicht beweiden und den Normalbesatz so anpassen, dass keine ökologischen Schäden entstehen.	Die Beweidungsintensität im Sömmerungsgebiet ist stellenweise zu hoch, zum Beispiel in der Nähe von Alpgebäuden, in peripheren Lagen dagegen oft nicht ausreichend, um eine Verbuschung zu vermeiden. Beides führt zu Biodiversitätsverlusten. Der Besatz und die Weideführung müssen entsprechend sorgfältig dem Standort angepasst werden. Insbesondere wirkt sich in der alpinen Stufe gebietsweise die Beweidung mit Schafen im gegenwärtigen Ausmass ökologisch stark negativ aus. Grundsätzlich wäre in der Direktzahlungsverordnung (DZV) vorgegeben, welche Flächen nicht beweidet werden dürfen (u. a. Flächen mit empfindlichen Pflanzenbeständen oder mit Erosionsgefahr). Diese müssten in einem Bewirtschaftungsplan festgehalten und entsprechend ausgezäunt werden. Zudem müsste der Kanton gemäss DZV den Normalbesatz herabsetzen, wenn ökologische Schäden auftreten bzw. dürfte keine Erhöhung des Normalbesatzes bewilligen, wenn dadurch ökologische Schäden entstehen.	V	x			x	

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
6.5	Verkehrsbegleitflächen (Strassen, Schiene), Flur- und Waldwege, Entwässerungsgräben, Gewässerufer und andere lineare Strukturen insektenfreundlich bewirtschaften.	Randbereiche von Wegen und anderen linearen Strukturen weisen oft wertvolle Habitate für Insekten oder Potenzial zu ihrer Förderung auf. Zudem bestehen dort meist kaum Nutzungskonflikte. Bei der Wahl der geeigneten Bewirtschaftungsmethode sollte daher der Wert der Flächen für die Biodiversität mitberücksichtigt werden. Dabei ist auf eine ausreichende Schnitthöhe (10 cm) und die räumliche und zeitliche Staffelung der Mahd zu achten. Insbesondere sollte die Mahd auf langen Abschnitten während der Blütezeit vermieden werden. Schnittgut muss abtransportiert werden.	0, V	x	x	x	x	x
6.6	Öffentliche Grünräume und Privatgärten naturnah und strukturreich gestalten und insektenfreundlich bewirtschaften, bevorzugt einheimische Pflanzenarten verwenden.	Insekten profitieren von biodiversitätsfördernden Strukturen und werden oft unbeabsichtigt durch Mähroboter oder andere mechanische Geräte dezimiert. <ul style="list-style-type: none"> – Weniger häufig und zeitlich und räumlich gestaffelt mähen. – Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung reduzieren sowie Laubbläser und Mähroboter bei der Rasenpflege vermeiden. Naturnahe Rasen nicht durch artenarme Rasen ersetzen. – Unterschiedliche Nistgelegenheiten und vielfältiges Nahrungsangebot für Insekten anbieten, biodiversitätsfördernde Strukturen wie Holz- und Steinhäufen, offene Wasserflächen und sandige Stellen schaffen, Totholz und verdorrte Stängel stehen- und liegenlassen. – einheimische Blumen, Sträucher und Bäume einsetzen, die den einheimischen Insektenarten als Nahrungsressourcen dienen können. 	0, V				x	
6.7	Habitatbäume und Totholz auf der gesamten Waldfläche fördern, insbesondere in Mittelland und Jura – auch im Rahmen der Energieholzbewirtschaftung.	Im Mittelland und Jura bestehen bei Habitatbäumen und Totholz noch grosse Defizite für anspruchsvolle auf Alt- und Totholz angewiesene Insektengruppen. Gerade in diesen Regionen könnte auch eine Energieholznutzung rentieren, was den Druck auf diese Insektengruppen vergrössern könnte.	V		x			
6.8	Geschlagenes Holz bis zu seiner Abfuhr aus dem Wald insektenfreundlich zwischengelagern.	Liegendes Totholz, insbesondere Energieholzpolter, kann für gewisse Insekten eine Falle sein, wenn dieses abtransportiert wird, bevor sie ihre Entwicklung abgeschlossen haben. Es empfiehlt sich, das Holz nur für kurze Zeit und ausserhalb des Waldes zu lagern, die Stämme zu entrinden oder allenfalls das gelagerte Holz im Wald abzudecken.	0		x			
7 Klimawandel abwenden								
7.1	Direkten Klimaschutz, das heisst der Ausstieg aus fossilen Energiequellen und eine Reduktion der CO ₂ -Emission, verstärken.	Mit zunehmender Klimaerwärmung wird es überproportional negative Effekte auf die Insekten geben. Während bei einer 1,5 °C Erwärmung noch einige Effekte abgefedert werden können, wird dies bei 2 °C oder mehr nicht mehr möglich sein (z. B. grossflächiges Trockenfallen von Gewässern, welche alle Gewässerinsekten massiv beeinträchtigen resp. absterben lassen). Direkter Klimaschutz ist also eine der wichtigsten Insektenschutzmassnahmen überhaupt.	0, V, N	x	x	x	x	x
7.2	Sicherstellen, dass Klimaschutzmassnahmen effektiv ausgerichtet werden, und nicht auf nicht-effektive Massnahmen setzen, welche allenfalls direkt negative Effekte auf Insekten haben.	Effektive Klimaschutzmassnahmen beinhalten die Reduktion der Treibhausgasemissionen und den Schutz von Wäldern und Mooren. Anpflanzen von Wäldern mit wenigen Baumarten oder an ungeeigneten Standorten oder das Erstellen von Kleinwasserkraftwerken sind hingegen keine effektive Klimaschutzmassnahmen, können aber stark negative Effekte auf Insekten haben, und sind darum nicht zu fördern.	0, V	x	x	x	x	x
7.3	Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel möglichst insektenfreundlich gestalten.	Eine Anpassung an den Klimawandel ist etwa die Beschattung von Gewässern, um deren Aufwärmung abzumindern. Um vielen verschiedenen aquatischen Insekten und Feuchtgebietsarten gerecht zu werden, ist die Bestockung an Fließgewässern differenziert vorzunehmen: Wechsel von beschatteten und besonnten Uferabschnitten. Der Beschattungsgrad soll den individuellen Gewässern angepasst werden.	0, V	x	x	x	x	x

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
8 Lichtverschmutzung reduzieren								
8.1	Bedeutende Dunkelflächen und -korridore hinsichtlich Erhaltung bestehender nachdunkler Gebiete bzw. Lebensräume und prioritärer Reduktion der Lichtverschmutzung identifizieren (Schwerpunktgebiete für Massnahmen) und geeignete Massnahmen umsetzen.	Die Lichtverschmutzung grundsätzlich soweit möglich überall reduzieren. Prioritär soll eine Reduktion der Lichtverschmutzung in und um insektenreiche oder potenziell insektenreiche Gebiete erfolgen.	0, N	x	x	x	x	x
8.2	Beleuchtung im öffentlichen Raum (Strassen, Plätze) und von öffentlichen Gebäuden reduzieren (Beleuchtete Fläche und Dauer reduzieren, zum Beispiel mittels Beurteilung der Notwendigkeit, Deinstallation, intelligente Steuerung, temporäre Abschaltung).	<ul style="list-style-type: none"> – Auf Verordnungsstufe ist Kunstlicht bisher nur für Verkehrssignale, Solarien und Laser geregelt, während für Strassen- und Fassadenbeleuchtung lediglich Normen bestehen. Die Vollzugshilfe zur Vermeidung unnötiger Lichtemissionen sollte fertiggestellt werden. – Falls überhaupt die Notwendigkeit einer Beleuchtung besteht, vermehrt Intelligente Lichtsteuerungen einsetzen, wie zum Beispiel das Einschalten von Lichtpunkten nur, wenn sich ein Objekt nähert. – Lichtquellen in einem Bereich bis zu 40–60 m Entfernung von Gewässern möglichst ausschalten, da Gewässerinsekten insbesondere in diesem Bereich von Lichtquellen angezogen werden. 	0, V	x	x	x	x	x
8.3	Aussenbeleuchtungen im Privatbereich (Gärten, Häuser) sowie Firmenarealen und -gebäuden reduzieren (Beleuchtete Fläche und Dauer reduzieren, zum Beispiel mittels Beurteilung der Notwendigkeit, Deinstallation, intelligente Steuerung, temporäre Abschaltung).	Auf Beleuchtung von Pflanzen (Bäumen), Kunstgegenständen, Fassaden etc., insbesondere mit Abstrahlung gegen oben und zu den Seiten, verzichten. In der Nachtruhezeit (22–6 Uhr) Licht im Aussenraum ausschalten, falls keine Notwendigkeit einer Beleuchtung besteht.	0, evtl. N	x	x	x	x	x
8.4	Auswirkungen des verbleibenden Kunstlichtes minimieren, zum Beispiel mittels Wahl von Farbtemperatur (maximal 3000 Kelvin), Lichtintensität (Helligkeit) sowie Platzierung, Ausrichtung und Abschirmung der Lichtquelle.	Insekten reagieren nicht nur auf die Lichtintensität (Helligkeit), sondern auch auf die Farbtemperatur. Besonders empfindlich reagieren sie auf hohe Blaulichtanteile. Mit Platzierung, Ausrichtung und Abschirmung der Lichtquelle kann zudem das Licht auf den Bereich begrenzt werden, wo tatsächlich Bedarf besteht und eine unnötige Beleuchtung weiterer Bereiche vermieden werden.	0, evtl. N	x	x	x	x	x

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
9 Monitoring und Erfolgskontrollen ausbauen								
9.1	Bestehende Monitoringprogramme weiterführen und mit zusätzlichen Insektengruppen ergänzen.	<p>Langzeitbeobachtungen sind enorm wichtig und erst punktuell vorhanden. Die bestehenden Programme sind unbedingt weiterzuführen.</p> <p>Im Rahmen des nationalen Programms zur Aktualisierung der Roten Liste ist die Zahl der ausgewählten Insektengruppen zu ergänzen, insbesondere mit bereits in älteren Roten Listen erfassten Gruppen (Duelli 1994; Ameisen, Wasserkäfer, Netzflügler) unterschied 27 Gruppen verschiedener Ernährungstypen wie z. B. Zersetzer oder Parasitoide). Als Basis dafür müssen unter anderem der Katalog der Schweizer Insektenarten (Liste aller Arten) und die Kenntnis der Verbreitung möglichst vieler Gruppen (Verbreitungskarten) vervollständigt und aktualisiert werden.</p> <p>Darüber hinaus müssen die bestehenden Monitoring-Programme ergänzt und mit Artengruppen erweitert werden, dessen Gefährdungsgrad bekannt ist. Für verschiedene etablierte Monitorings haben Fachleute Insekten-Module entwickelt und getestet, oder weitere Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Insekten diskutiert, unter anderem auch Citizen Science Ansätze. Um die Kenntnisse zur Entwicklung der Insekten, sowohl weit verbreiteter als auch seltener Arten, zu verbessern, sind die folgenden Module prioritär umzusetzen und zusätzlich zu finanzieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM-CH): zusätzliche Erfassung der Artengruppen Libellen und Insektengruppen von Stehgewässern (z. B. Wasserkäfer, Wasserwanzen) sowie Entwicklung und Umsetzung eines komplementären Moduls zur Erfassung der Biomasse pro Artengruppe. - Arten und Lebensräume Landwirtschaft (ALL-EMA): Zusatzmodul Wildbienen. - Wirkungskontrolle Biotopschutz (WBS): zusätzliches Modul zu Insekten. Prioritär sollen Tagfalter, Libellen und Heuschrecken - teilweise nur in bestimmten Biotoptypen - erfasst werden. Vertieft zu diskutieren ist des Weiteren die Erfassung von Wildbienen in Trockenwiesen und -weiden und Laufkäfern in Auen. 	O, N	x	x	x	x	x
9.2	Ausgewählte Insektenarten und -gruppen systematisch, grossräumig und langfristig untersuchen.	<p>Prioritär Gruppen, bei welchen bereits eine Basis an Verbreitungs-Daten vorhanden ist und/oder die insgesamt eine vielfältige Lebensweise (Ernährung, Habitatsprüche) aufweisen. Hierzu gehören z. B. Wanzen (Heteroptera), die gut mit der gesamten Invertebraten-Vielfalt korrelieren und ein breites Nahrungsspektrum aufweisen, bestimmte Zweiflügler (Diptera; z. B. Schwebfliegen) oder Hautflügler (Hymenoptera; z. B. Pflanzenwespen), nachtaktive Grossschmetterlinge sowie koprophage (Scarabaeidae pro parte) und nekrophage (z. B. Silphidae) Käfer.</p>	N	x	x	x	x	x
9.3	Bestehende und geplante Wirkungskontrollen und Evaluationen von Massnahmen gezielt mit Insekten-Modulen ergänzen.	<p>Die Wirkung vieler Massnahmen auf Insekten ist weitgehend unbekannt. Bei Wirkungskontrollen und Evaluationen lassen sich mit vergleichsweise geringem Aufwand zusätzliche Module für Insekten integrieren.</p>	O	x	x	x	x	x
9.4	Für die Beurteilung von Lebensräumen Erfassungsprotokolle entwickeln, die auch Insekten umfassen.	<p>Solche Protokolle sollen als Grundlage für Umweltverträglichkeitsprüfungen und andere ökologische Assessments sowie Erfolgskontrollen dienen. Sie sollten nicht nur einige wenige Zeigerarten umfassen, sondern mindestens vier Komplexitätsstufen: Arten (seltene Arten, Rote-Listen-Arten); Artengemeinschaft (Struktur und Zusammensetzung der Arten); funktionale Ebene (basierend auf funktionellen Gruppen und Eigenschaften) sowie Häufigkeit/Biomasse.</p>	N	x	x	x	x	x

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
10 Forschung intensivieren*								
10.1	Biologie und Ökologie von Insektenarten, Reaktion auf Gefährdungsfaktoren, Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel etc. untersuchen; insbesondere von seltenen, gefährdeten und zurückgehenden Arten sowie von Arten, für welche die Schweiz eine besondere Verantwortung hat (z. B. Alpen-Endemiten). Rolle von einzelnen Arten, Artengruppen und Artenvielfalt der Insekten für Ökosystemleistungen erforschen.	<ul style="list-style-type: none"> – Die wichtigsten Gefährdungsursachen für Insekten sind bekannt. Es können aber noch Wissenslücken bestehen, wie sich Gefährdungsfaktoren und deren Wechselwirkungen auf einzelne Arten oder Artengruppen auswirken. – Die Vielfalt, Biologie und Ökologie vieler Insektenarten und -gruppen sind erst ansatzweise untersucht. Um wo nötig gezielte Massnahmen ergreifen zu können, müssen die Kenntnisse verbessert werden, insbesondere bei weniger gut untersuchten national prioritären Arten. – Der Einfluss von einzelnen Arten, Artengruppen und der Vielfalt ihrer Gemeinschaften auf die Qualität und Quantität von Ökosystemleistungen sowie die oft zugrundeliegenden Wechselwirkungen zwischen Insekten sowie zwischen Insekten und anderen Tier- und Pflanzenarten sind noch wenig untersucht. 						
10.2	Derzeitige Erfassungsmethoden weiterentwickeln, indem sie mit neuen Technologien kombiniert werden, um die Entwicklung der Insektenpopulationen effizienter zu überwachen.	Die Sortierung der mit herkömmlichen Fangmethoden gefangenen Insektenproben und ihre Identifizierung erfordern erhebliche personelle und finanzielle Ressourcen. Ihr begründeter Einsatz in Verbindung mit den enormen Möglichkeiten der neuen Technologien (insbesondere Umwelt-DNA, Metabarcoding, Ton- und Bildanalyse) wird es ermöglichen, die Kosten zu optimieren, weniger invasive Erhebungsmethoden zu entwickeln und Artengemeinschaften in bisher wenig untersuchten Lebensräumen (z. B. Böden, Seesedimente, Karstsystem) zu untersuchen.						
10.3	Die wenigen bestehenden Langzeitstudien weiterführen und an Standorten, für welche ältere Daten existieren, Aufnahmen mit vergleichbaren Methoden wiederholen.	Solche Vergleiche helfen, die Referenzpunkte zu definieren, auf die man sich in Zukunft beziehen will, um die Veränderungen der Vielfalt und Bestände von Insekten abzuschätzen.						
10.4	Bereits gesammeltes Material auswerten, sowie Material in den naturwissenschaftlichen Sammlungen, unter anderem im Rahmen der Initiative SwissCollNet der SCNAT.	Bereits gesammeltes Material beherbergt ein grosses Potenzial, um Wissenslücken zu schliessen und neue Erkenntnisse zu gewinnen. Hierfür muss es aber ausgewertet werden, auch hinsichtlich genetischer Vielfalt (Museum genomics). Das Material in den Sammlungen erlaubt es, die frühere Verbreitung von Insektenarten sowie ihre Vielfalt in verschiedenen Regionen und Lebensraumtypen zu rekonstruieren. Die Auswertung der genetischen Vielfalt der Sammlungsexemplare ermöglicht es, Hypothesen über die Entwicklung der Populationsgrössen oder die Anpassungsfähigkeit von Insektenarten an neue Umweltbedingungen zu formulieren.						
10.5	Insektenfreundliche, praxistaugliche Bewirtschaftungs- und Unterhaltstechniken in verschiedenen Bereichen und Förderungs-massnahmen für spezifische Insektenarten(gruppen) entwickeln.	Für viele Insekten(gruppen) ist noch zu wenig gut bekannt, wie sie erhalten und gefördert werden können. Aufbauend auf Grundlagewissen zu den verschiedenen Insektenarten und -gruppen (vgl. dazu auch Massnahme 10.1) müssen praxistaugliche Massnahmen für ihre Förderung entwickelt werden.						

* Für die Stossrichtung «Forschung intensivieren» wird die Massnahmen-Kategorie nicht angegeben.

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
11 Artenkenntnisse und Handlungskompetenzen verbessern								
11.1	In der Aus- und Weiterbildung sowie Beratung für grüne Berufe (z. B. Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Gartenbau), Unterhaltsdienste, Schutzgebietsbetreuende etc. das Wissen zu Insekten, ihren Lebensraumsansprüchen, möglichen Beeinträchtigungen und insektenfreundlicher Bewirtschaftung verbessern.	Insektenlebensräume werden oft aus Unkenntnis zerstört oder beeinträchtigt.	0	x	x	x	x	x
11.2	An den Universitäten und Fachhochschulen: Studierende verstärkt in Systematik und Ökologie der Insekten ausbilden und die Attraktivität dieser Studienrichtungen steigern.	Der Kenntnisstand über die Vielfalt und Verbreitung der Arten ist für verschiedene Insektengruppen noch sehr gering. Dies ist unter anderem auf einen Mangel an Fachleuten für diese Gruppen zurückzuführen. Die Attraktivität der entsprechenden Studienrichtungen erhöht sich dann, wenn sich innovative Forschungsfelder auftun.	0					
11.3	Für alle Interessierten: Aus- und Weiterbildungsprogramme in Artenkenntnis und Ökologie anbieten, auch für bisher schwach abgedeckte Insektengruppen.	<ul style="list-style-type: none"> – Die «Strategie Förderung Bildung Artenkenntnis» von Infospecies, Swiss Systematics Society, Hepia, ZHAW und sanu ag mit den nötigen Finanzen ausstatten und umsetzen. – Citizen Science Programme und andere Mitwirkungsmöglichkeiten, mit unterschiedlichem Grad der Spezialisierung und der Beteiligung anbieten. – Bestimmungsbücher und -Apps auch für wenig bekannte und untersuchte Gruppen entwickeln. – Entwicklung einer Strategie um erworbene Artenkenntnisse auf einer viel breiteren Basis zu zertifizieren, als dies heute der Fall ist. 	0, V, N					
11.4	Im Schulunterricht: Naturerfahrung und Artenkenntnisse über Insekten stärker verankern sowie Unterrichts- und Lehrmaterialien bereitstellen.	Es gibt zahlreiche Hinweise, dass Menschen den Rückgang der biologischen Vielfalt nur dann als Problem empfinden, wenn sie vorher Pflanzen und Tiere kennen und schätzen gelernt haben. Artenkenntnisse zu Insekten deshalb auf verschiedenen Schulstufen verankern.	0					
11.5	Informationskampagne durchführen zur Bedeutung von Insekten und zu konkreten Massnahmen um diese zu fördern, welche als Einzelne oder als Gesellschaft umgesetzt werden können, inkl. Aufarbeitung und Veröffentlichung guter Beispiele («Best Practice»).	Insektenlebensräume werden oft aus Unkenntnis zerstört oder beeinträchtigt, und Möglichkeiten zu ihrer Förderung sind wenig bekannt. Best Practice-Beispiele helfen, von bereits gemachten Erfahrungen zu profitieren.	0				x	
11.6	Eine Biodiversitäts-Weiterbildung (inkl. Insekten) anbieten für die Bearbeitung des Bereichs «Flora, Fauna, Lebensräume» in Umweltverträglichkeitsberichten und für entsprechende Baubegleitungen.	Bei Umweltverträglichkeitsberichten werden Insekten bisher kaum spezifisch berücksichtigt.	0, N	x	x	x	x	x

Nr.	Massnahme	Erläuterung	Kategorie	Landwirtschaftsgebiet	Wald	Gewässer und Ufer	Siedlungsraum	Weitere Lebensräume und Schutzgebiete
12 Die grossen Hebel angehen								
12.1	Gesetzesvorlagen und Programme hinsichtlich ihrer Biodiversitäts- und Insektenfreundlichkeit in allen Sektoren standardisiert überprüfen.	Bei Botschaften zu Gesetzesvorlagen, bei Plänen und Programmen werden die Auswirkungen auf die Umwelt überprüft. Der Aspekt Natur, Biodiversität und damit auch die Insekten werden dabei erst unzureichend berücksichtigt. Unter anderem ist der Botschaftsleitfaden in dieser Hinsicht expliziter zu formulieren und anzuwenden.	O, V	x	x	x	x	x
12.2	Biodiversitätsschädigende Subventionen und andere Anreize umlenken oder abschaffen und nicht neu schaffen.	Den Subventionen für die Erhaltung und Förderung der Biodiversität steht ein Vielfaches an Subventionen gegenüber, die unbeabsichtigt der Biodiversität schaden. Solche Subventionen und andere Fehlanreize sollten wenn möglich umgelenkt oder abgeschafft werden und keine neuen geschaffen werden.	O, V	x	x	x	x	x
12.3	Die externen Kosten des Biodiversitätsverlusts umfassend internalisieren.	Berücksichtigung der externen Kosten des Biodiversitätsverlustes bei Entscheidungen, in Steuern, Bilanzen von Unternehmen und öffentlicher Hand, in Preisen und in Zöllen und der Regulierung des internationalen Handels und weiteren relevanten Bereichen.	N	x	x	x	x	x
12.4	Insektenschutz und -förderung in allen relevanten Sektoren konsequente integrieren: Land- und Waldwirtschaft, Verkehr, Siedlungs- und Raumplanung, Bildung, Wirtschaft etc. (Mainstreaming).	Eine Trendwende beim Rückgang der Biodiversität inkl. Insektenvielfalt kann nur erreicht werden, wenn die Integration von Biodiversitätsaspekten (inkl. Insekten) in allen Sektoren zur Selbstverständlichkeit wird.	O, V, N	x	x	x	x	x

Autorinnen und Autoren

Ivo Widmer

Ivo Widmer ist promovierter Biologe mit Schwerpunkt Ökologie und Evolution und hat sich während seiner Forschungstätigkeit in Zürich, Marseille und Lausanne hauptsächlich mit molekulargenetischen Ansätzen und deren Anwendung in den Bereichen Evolution, Biodiversität und Naturschutz beschäftigt. Dabei hat er unter anderem die Auswirkungen der Siedlungsentwicklung auf die genetische und morphologische Vielfalt und das Fortbestehen von Schmetterlingspopulationen untersucht. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Forum Biodiversität der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) fördert er den Dialog zwischen der Wissenschaft und der Öffentlichkeit und ist verantwortlich für angewandte Forschung und wissenschaftliche Synthesen.

Roland Mühlethaler

Roland Mühlethaler ist Entomologe und Bioakustikspezialist mit Schwerpunkt Systematik und Verhalten der Kleinzikaden. Er war als Biotaxonomie an den naturhistorischen Museen in Basel, Cardiff, Paris und Berlin tätig. Zurzeit unterstützt er die Projektkoordination von DINA (Diversität von Insekten in Naturschutz-Arealen) bei der Bundesgeschäftsstelle des NABU (Naturschutzbund Deutschland) in Berlin. Als freischaffender Biologe forscht er weiterhin in den Bereichen Faunistik und Vibrationskommunikation bei Insekten und Spinnen.

Bruno Baur

Bruno Baur war 1995–2021 Professor für Naturschutzbiologie und Leiter des Instituts für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz an der Universität Basel. Er ist Mitbegründer und Mitglied des Beirats des Forums Biodiversität der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften. Seine Forschungsschwerpunkte sind durch Menschen verursachte Veränderungen der Biodiversität, invasive Arten und die Biologie von seltenen und gefährdeten Arten.

Yves Gonseth

Yves Gonseth ist seit 1990 Direktor von info fauna (SZKF/CSCF). Im Rahmen seiner Tätigkeiten ist er zuständig für die Beziehungen zu den eidgenössischen Fachstellen für Lebensraum- und Artenschutz und zum Ausland; er begleitet alle Informatikentwicklungen und die konkreten Projekte, die im Rahmen der Schweizer GBIF-Initiative durchgeführt werden und beaufsichtigt die Feldarbeiten und Analysen, die für die Aktualisierung der nationalen roten Listen, insbesondere für Insekten, erforderlich sind. Als studierter Biologe hat er seine Diplomarbeit über die Flora und die Spinnenfauna von drei Trockenwiesen geschrieben und danach eine Dissertation über die Tagfalter der verschiedenen Biotoptypen im Neuenburger Jura verfasst. Sein besonderes Interesse gilt der räumlichen Verbreitung von Arten und ihrem möglichen Nutzen als Bioindikatoren.

Jodok Guntern

Jodok Guntern ist stellvertretender Leiter des Forums Biodiversität Schweiz der SCNAT. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen auf der Biodiversität im Landwirtschaftsgebiet, der Ökologischen Infrastruktur sowie im Synthetisieren und Vermitteln von Wissen zur Biodiversität. Er hat an der ETH Zürich Umweltnaturwissenschaften studiert, an der Schweizerischen Vogelwarte sowie in einem Ingenieurunternehmen in den Bereichen Umweltverträglichkeitsprüfung, Baubegleitung und Biodiversität gearbeitet.

Gregor Klaus

Gregor Klaus ist Biodiversitätsexperte und freier Wissenschaftsjournalist. Beim Forum Biodiversität betreut er unter anderem die Zeitschrift Hotspot und den Informationsdienst Biodiversität. Er ist Autor und Redaktor zahlreicher Berichte und Bücher zum Thema Natur und Landschaft (unter anderem Zustandsberichte Biodiversität des BAFU, der SCNAT und von Kantonen). Zuletzt erschien das Buch «Arten vor dem Aus» mit Reportagen zu aussterbenden Tieren, Pilzen und Pflanzen.

Eva Knop

Eva Knop ist leitende Wissenschaftlerin am Agroscope und Privatdozentin an der Universität Zürich. Bis 2019 war sie Privatdozentin und Forschungsgruppenleiterin am Institut für Ökologie und Evolution der Universität Bern. Im Zentrum ihrer Forschung steht die Frage wie und warum sich anthropogen verursachte Veränderungen der Umwelt auf die Biodiversität und die Interaktionen zwischen Arten auswirken und was die Folgen für die Ökosystemleistungen sind.

Thibault Lachat

Thibault Lachat ist Professor für Waldökologie an der Berner Fachhochschule. Er hat auch für das Forum Biodiversität gearbeitet, mit dem er das Buch «Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900» veröffentlicht hat. Seit mehr als 15 Jahren erforscht er die biologische Vielfalt der Wälder, insbesondere die Arten, die an alte Bäume und Totholz gebunden sind. Als Leiter einer Forschungsgruppe interessiert er sich besonders für die Auswirkungen der Waldbewirtschaftung auf saproxyliche Insektengemeinschaften. Er ist Chefredakteur der Zeitschrift «Alpine Entomologie», die Zeitschrift der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft.

Marco Moretti

Marco Moretti ist Senior Scientist in der Forschungseinheit Biodiversität und Naturschutzbiologie der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf. Er hat einen Dokortitel in Ökologie von der ETH Zürich. Seine Forschungsgebiete umfassen die biologische Vielfalt der Wirbellosen und die Funktionen von Ökosystemen und er nutzt die Merkmale der Arten um die zugrunde liegenden Mechanismen zu verstehen. In den letzten 20 Jahren hat er städtische Ökosysteme untersucht, um die sozialen und ökologischen Faktoren zu bewerten, welche die biologische Vielfalt und die Ökosystemleistungen in Städten beeinflussen. Seit 2012 ist er Mitglied des Forums Biodiversität Schweiz.

Daniela Pauli

Daniela Pauli ist Leiterin des Forums Biodiversität Schweiz der SCNAT und Redaktorin von *Ornis*, der Zeitschrift von BirdLife Schweiz. Sie hat an der Universität Zürich Biologie studiert und sich in ihrer Dissertation mit der Pflanzenvielfalt in Schweizer Flachmooren befasst. Als Autorin von Artikeln, Berichten, Faktenblättern und Büchern trägt sie dazu bei, wissenschaftliche Erkenntnisse zur Biodiversität in der Schweiz einem grösseren Publikum zugänglich zu machen.

Loïc Pellissier

Loïc Pellissier ist Professor für Ökologie an der ETH Zürich und der WSL. Seine Forschungsgruppe untersucht die Prozesse, welche die biologische Vielfalt in Landschaften hervorbringen und erhalten, und nutzt Computermodelle, um die Reaktion der Arten auf globale Veränderungen zu prognostizieren.

Thomas Sattler

Thomas Sattler ist Biologe und Leiter der Abteilung «Überwachung der Vogelwelt» an der Schweizerischen Vogelwarte Sempach. Seine Hauptinteressen liegen in der Analyse von Faktoren, die das Auftreten von Arten in Raum und Zeit bestimmen. In seiner Doktorarbeit hat er sich mit der Diversität von Insekten und Spinnen insbesondere im Siedlungsgebiet befasst.

Florian Altermatt

Florian Altermatt ist Professor für Aquatische Ökologie an der Universität Zürich sowie Leiter einer Forschungsgruppe an der Eawag. Er ist zudem Präsident des Forums Biodiversität und Co-Leiter der Eawag-WSL Blue-Green Biodiversity Research Initiative. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Ökologie und in den Biodiversitätswissenschaften, in welchen er den Einfluss von globalen Veränderungen auf die Verbreitung und Diversität von Organismen und deren Ökosystemfunktionen an der Schnittstelle aquatischer und terrestrischer Lebensräume untersucht. Sein faunistisches Interesse gilt besonders aquatischen Insekten, Flohkrebse sowie Schmetterlingen.

Wer sind wir?

Die **Akademien der Wissenschaften Schweiz (a+)** sind ein Verbund der fünf wissenschaftlichen Akademien der Schweiz: der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT), der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften (SAGW), der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften (SAMW), der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) und der Jungen Akademie Schweiz (JAS). Sie umfassen nebst den Akademien die Kompetenzzentren TA-SWISS und Science et Cité sowie weitere wissenschaftliche Netzwerke. Die Akademien der Wissenschaften Schweiz vernetzen die Wissenschaften regional, national und international. Sie vertreten die Wissenschaftsgemeinschaften disziplinär, interdisziplinär und unabhängig von Institutionen und Fächern. Ihr Netzwerk ist langfristig orientiert und der wissenschaftlichen Exzellenz verpflichtet. Sie beraten Politik und Gesellschaft in wissenschaftsbasierten und gesellschaftsrelevanten Fragen.

SCNAT – vernetztes Wissen im Dienste der Gesellschaft

Die **Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)** engagiert sich regional, national und international für die Zukunft von Wissenschaft und Gesellschaft. Sie stärkt das Bewusstsein für die Naturwissenschaften als zentralen Pfeiler der kulturellen und wirtschaftlichen Entwicklung. Ihre breite Abstützung macht sie zu einem repräsentativen Partner für die Politik. Die SCNAT vernetzt die Naturwissenschaften, liefert Expertise, fördert den Dialog von Wissenschaft und Gesellschaft, identifiziert und bewertet wissenschaftliche Entwicklungen und legt die Basis für die nächste Generation von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern. Sie ist Teil des Verbundes der Akademien der Wissenschaften Schweiz.

Das **Forum Biodiversität Schweiz** der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) ist das wissenschaftliche Kompetenzzentrum für Biodiversität und ihre Ökosystemleistungen in der Schweiz. Es ist Denkfabrik, Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik und zentrale Anlaufstelle für alle Forschenden, Akteure und Interessierten.