

Sachdokumentation:

Signatur: DS 1960

Permalink: www.sachdokumentation.ch/bestand/ds/1960



Nutzungsbestimmungen

Dieses elektronische Dokument wird vom Schweizerischen Sozialarchiv zur Verfügung gestellt. Es kann in der angebotenen Form für den Eigengebrauch reproduziert und genutzt werden (private Verwendung, inkl. Lehre und Forschung). Für das Einhalten der urheberrechtlichen Bestimmungen ist der/die Nutzer/in verantwortlich. Jede Verwendung muss mit einem Quellennachweis versehen sein.

Zitierweise für graue Literatur

Elektronische Broschüren und Flugschriften (DS) aus den Dossiers der Sachdokumentation des Sozialarchivs werden gemäss den üblichen Zitierrichtlinien für wissenschaftliche Literatur wenn möglich einzeln zitiert. Es ist jedoch sinnvoll, die verwendeten thematischen Dossiers ebenfalls zu zitieren. Anzugeben sind demnach die Signatur des einzelnen Dokuments sowie das zugehörige Dossier.

Insektenschwund in der Schweiz und mögliche Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft

Bern, 2. April 2019

Der grossflächige Insektenrückgang in den vergangenen Jahrzehnten ist wissenschaftlich breit dokumentiert. Die nationalen Roten Listen zeigen, dass auch in der Schweiz ein grosser Teil der Insektenarten gefährdet ist. Besonders dramatisch ist die Situation für die Insekten des Landwirtschaftsgebietes und der Gewässer. Die Hauptursachen für den Rückgang sind gut bekannt: Die intensive Landnutzung mit ihrem grossen Einsatz von Pestiziden und Düngern, die fehlenden Strukturen in der Landschaft, die Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung und die Lichtverschmutzung. Der Insektenschwund ist besorgniserregend, denn er weist auf massive Beeinträchtigungen der Umwelt hin. Insekten erbringen unersetzliche Dienstleistungen, etwa durch Bestäubung und Schädlingskontrolle; mit ihrem Rückgang sind auch diese Dienstleistungen gefährdet. Zudem hat der Rückgang Kaskadeneffekte zur Folge, so nehmen beispielsweise insektenfressende Vögel im Kulturland ab. Um den Insektenschwund aufzuhalten und die damit verbundenen Risiken möglichst gering zu halten, ist es nun besonders dringlich, die bekannten Ursachen für die Rückgänge anzugehen.

In den letzten Jahrzehnten sind grossflächige Rückgänge von Insektenpopulationen und der Insektendiversität wissenschaftlich dokumentiert worden. Der Weltbiodiversitätsrat IPBES¹ kommt zum Schluss, dass sowohl die Vielfalt als auch die Häufigkeit der Bestäuber in Nordwesteuropa abgenommen haben. Nationale Rote Listen zeigen, dass vielerorts mehr als 40 Prozent der Arten bedroht sind.¹ Eine weltweit stark beachtete Langzeitstudie aus Deutschland hat nachgewiesen, dass die Insektenbiomasse sogar in Naturschutzgebieten seit 1989 um dramatische 76 Prozent abgenommen hat.² Die Schutzgebiete sind von Landwirtschaftsflächen umgeben, und die Lage ist mit dem Schweizer Mittelland vergleichbar. In England wurde ein grossräumiger Rückgang von Insekten festgestellt, welche wichtig sind für die Bestäubung: Bei einem Drittel aller untersuchten Arten sanken die Bestände im Zeitraum 1980–2013.³

Auch in der Schweiz ist die Situation alarmierend. Die nationalen Roten Listen beurteilen den Gefährdungstatus von 1143 Insektenarten: 60 Prozent dieser Arten sind gefährdet (Abb. 1). Neben der Schliessung von Wissenslücken zu verschiedenen Insektengruppen und deren Ökologie sowie der Ergänzung des Monitorings besteht jetzt insbesondere dringender Handlungsbedarf: Die Ursachen für die Gefährdung der Insekten müssen unverzüglich angegangen werden.

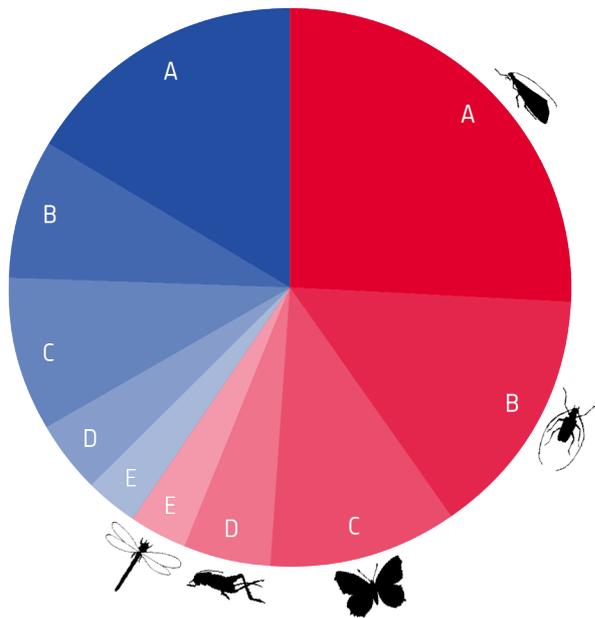


Abbildung 1. Viele Insekten in der Schweiz sind bedroht und stehen auf der Roten Liste der gefährdeten Arten: 60 Prozent der bewerteten Insektenarten sind gefährdet (682 Arten der Insektengruppen A–E; rote Sektoren), 40 Prozent sind nicht gefährdet (461 Arten der Insektengruppen A–E; blaue Sektoren). Rote Listen bestehen für folgende Insektengruppen:

- A** Eintags-, Stein- und Köcherfliegen.⁴ Diese Wasserinsekten sind Indikatoren für die Qualität von Gewässern und werden u.a. durch Pestizideinträge geschädigt.
- B** Totholzbewohnende Käfer.⁵ Sie leisten einen wichtigen Beitrag für das Funktionieren von Waldökosystemen und benötigen grosse Mengen an Tot- und Altholz.
- C** Tagfalter und Widderchen.⁶ Viele dieser Schmetterlinge sind wichtige Bestäuber. Verantwortlich für ihren Rückgang sind der Verlust von Lebensräumen und die intensive Landnutzung.
- D** Heuschrecken.⁷ Auch ihr Rückgang ist durch den Verlust von Lebensräumen und die intensive Landnutzung verursacht.
- E** Libellen.⁸ Sie gelten als Indikatoren für die Qualität von Gewässern und Feuchtgebieten. Trockenlegung, Verbauung von Kleingewässern und Düngereintrag führen zu ihrem Rückgang.

Ursachen für den Insektenrückgang

Die Ursachen für den Insektenrückgang sind bekannt:⁹ Ihre Lebensräume wurden und werden weiterhin zerstört, voneinander isoliert oder geschädigt. Besonders stark ausgeprägt ist dies in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft. Dort schwinden sowohl die Vielfalt als auch die Häufigkeit von Insekten auf dem Land sowie in Gewässern.^{10–12}

a) Zerstörung und Isolierung der Lebensräume

Insekten sind auf eine vielfältige Landschaft mit unterschiedlichsten Strukturen, naturnahen Lebensräumen und ökologisch intakten Flächen angewiesen. Viele Insektenarten in der Schweiz haben ihre Lebensräume in den letzten Jahrzehnten verloren und verlieren diese immer noch (z.B. Rückgang der Trockenwiesen und -weiden um 95 Prozent seit 1900)¹³. Dies weil die **Landschaft stärker genutzt** wird (z.B. Landwirtschaft, Siedlungen, Verkehr) und **Strukturen** (Einzelbäume, Hecken, Steinhäufen, Ruderalflächen etc.) fast flächendeckend weggeräumt wurden.¹⁴ Im Mittelland sind geeignete Lebensräume für Insekten selten geworden und liegen oft zu weit auseinander, um einen Austausch von Individuen (genetischer Austausch) zu ermöglichen. **Eindolung und Kanalisierung von Gewässern** haben viele Lebensräume von aquatischen Insekten zerstört oder massiv beeinträchtigt.

b) Verschlechterung der Qualität der Lebensräume

Breitband-Insektizide (*Chlorpyrifos*, *Pyrethroide* etc.) und **Pestizide im Allgemeinen**, die in der Landwirtschaft weit verbreitet und punktueller auch in Privatgärten und der Grünflächenpflege eingesetzt werden, töten nicht nur die Zielorganismen, sondern auch sehr viele Nützlinge (Bestäuber, natürliche Feinde von Schädlingen).^{15–17} Der übermässige Einsatz von Insektiziden und anderen Pestiziden wird als eine wichtige Ursache des Insektenrückgangs angesehen.^{9,18} Weltweite und Schweizer Studien haben gezeigt, dass Insektizide beinahe überall in der Umwelt vorkommen und auch in Wirbeltieren angereichert werden.^{19–21}

Der flächendeckend hohe **Eintrag von Stickstoff**, insbesondere aus der Landwirtschaft sowie durch Stickoxide von Motorfahrzeugen und Heizungen führt dazu, dass die Vegetation überall dichter wächst, die Pflanzengemeinschaften sich vereinheitlichen und die Vielfalt abnimmt. Wegen der vielen Nährstoffe wachsen zunehmend überall die gleichen, an nährstoffreiche Böden angepassten Pflanzen.²² Als Folge nimmt auch die Insektenvielfalt ab.^{23–27} Dieser negative **Einfluss geht weit über die landwirtschaftlichen Nutzflächen hinaus**

und beeinträchtigt auch Wälder, Gewässer und alpine Lebensräume.²⁸⁻³¹ Zudem fallen viele Insekten in Mähwiesen den grossräumig synchronisierten **Schnittzeitpunkten, Schnittintervallen und -techniken** sowie der **Aufbereitung und Lagerung (Siloballen) des Schnittguts** zum Opfer (je nach Mähtechnik werden bis zu 80 Prozent der Insekten getötet oder verletzt)³². **Kleinstrukturen werden ausgeräumt**, heute zunehmend auch durch **Steinfräsen**.

In Siedlungen trägt auch die **Lichtverschmutzung** zum Rückgang der Insekten bei.³³⁻³⁷ Viele Grünflächen, Strassenränder und Privatgärten werden übermässig reinlich gepflegt, so dass kaum mehr Lebensraum für Insekten besteht.

Auch die Lebensräume von Insekten in Gewässern sind durch Kanalisierung und Verbauung der Ufer und Gewässersohlen sowie **unnatürliche Abflüsse** (Schwall-Sunk) beeinträchtigt. Hinzu kommen Verunreinigungen aus diffusen Quellen. Dabei spielt die Landwirtschaft (in geringerem Masse Siedlungen und der Verkehr) die Hauptrolle.³⁸ **Pflanzenschutzmittel** (Insektizide, Herbizide und Fungizide) und Biozide gelangen in die Gewässer und gefährden die Wasserinsekten sowie darauf angewiesene insektenfressende Vögel und Fische³⁹⁻⁴¹ (Abb. 2). All die aufgeführten Faktoren – oft in unterschiedlicher Kombination^{42,43} und je nach Region in unterschiedlichem Ausmass – reduzieren die Häufigkeit und Vielfalt der Insekten in der Schweiz.

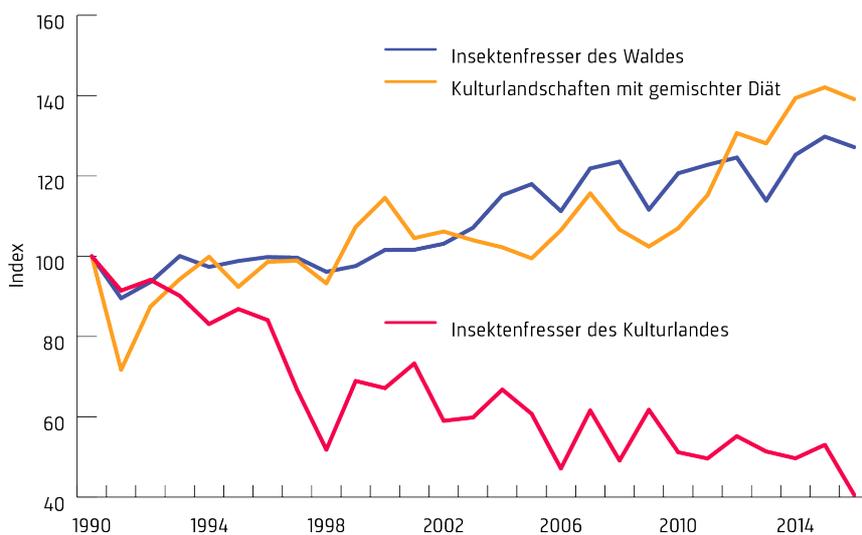


Abbildung 2. Insektenfressende Vögel im Kulturland wie das Braunkehlchen (oben) haben zu wenig zu fressen. Ihre Bestände gingen seit 1990 um 60 Prozent zurück (rote Linie). Die Bestände von insektenfressenden Vögeln im Wald (blaue Linie) sowie von Vögeln mit gemischter Diät (gelbe Linie) haben demgegenüber zugenommen. Abbildung angepasst aus dem Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016.⁴⁴ Foto: © Marcel Burkhardt

Konsequenzen des Insektenrückgangs

Die Insekten haben unter allen Organismengruppen die höchste Formen- und Artenvielfalt entwickelt – ein fantastischer Naturreichtum, der uns Menschen staunen lässt und Ehrfurcht weckt. Diese Vielfalt ist um ihrer selbst schätzenswert. Längst ist aber auch bekannt, dass Insekten unzählige, meist unersetzbare Dienste leisten.⁴⁵ Ihr Rückgang kann folglich gravierende Konsequenzen für die Gesellschaft und Wirtschaft haben. Diese sind zum Beispiel:

- **Weniger Bestäubung:** Für viele Nutzpflanzen ist die Bestäubung durch Insekten Voraussetzung für eine hohe Produktivität und Qualität. Je mehr verschiedene Bestäuber vorkommen, desto höher sind Stabilität, Quantität und Qualität der Bestäubung und damit auch die Frucht- und Samenproduktion.⁴⁶ Mit einer reduzierten Vielfalt und Häufigkeit an bestäubenden Insekten sinkt die Menge und Qualität von Obst und Gemüse.⁴⁷⁻⁴⁹

- **Mehr potenziell invasive Schadorganismen:** Schädlinge sind oft toleranter bezüglich negativer Umwelteinflüsse als ihre natürlichen Feinde. Durch den Verlust von Insektenarten werden ökologische Nischen frei und die natürliche Schädlingsregulierung nimmt ab⁵⁰ (Abb. 3). Dadurch sinkt auch die Stabilität (Resilienz) der Ökosysteme.^{51,52}
- **Weniger Zersetzung von organischem Material und Abnahme der Bodenfruchtbarkeit und Humusbildung:** Mikroben, Insekten und andere wirbellose Tiere sind für die Zersetzung von organischem Material (Holz, Laub, Kot, Aas), die Bodenfruchtbarkeit und die Humusbildung entscheidend. Sie verbessern die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen. Durch den Insektenrückgang (reduzierte Vielfalt und Häufigkeit) nehmen die Bodenfruchtbarkeit und der Ertrag langfristig ab.⁵³⁻⁵⁶
- **Abnahme der Nahrungsgrundlage für Vögel, Fische und weitere Organismengruppen:** Insekten dienen vielen Lebewesen als Nahrungsgrundlage. Nehmen die Insektenhäufigkeit und -diversität ab, gehen auch viele weitere Organismen in den Nahrungsketten zurück.⁵⁷⁻⁵⁹

Schlussfolgerung

Die Bestände und die Vielfalt von Insekten in der Schweiz und in anderen Teilen Mitteleuropas sind stark rückläufig. Am stärksten betroffen sind die Insekten des Landwirtschaftsgebietes, gefolgt von Arten der Gewässer. Waldinsekten sind weniger stark betroffen. Der Rückgang der Insekten beeinträchtigt die Robustheit der Ökosysteme und ihren Nutzen für die Menschen, etwa die Bestäubung von Nutzpflanzen. Auch zeichnen sich Veränderungen der Nahrungsketten ab. Die für den Rückgang der Insekten verantwortlichen Ursachen sind weitgehend bekannt. Wo noch Wissenslücken sind, sollten diese möglichst geschlossen werden. Um den Insektenschwund aufzuhalten und die damit verbundenen Risiken möglichst gering zu halten, ist es besonders dringlich, die bekannten Ursachen für die Rückgänge jetzt anzugehen.



Abbildung 3. Insekten erfüllen zentrale Funktionen in Ökosystemen. Beispielsweise kontrollieren sie Schädlinge oder bestäuben Nutz- und Wildpflanzen. Bei den weissen Tierchen (Bild links) handelt es sich um Zwergmarienkäferlarven (*Scymnus* sp.). Sie ernähren sich von Schädlingen wie Spinnmilben, Schild- und Mottenschildläusen sowie Blattläusen (wie hier im Bild). Schlupfwespen (mittleres Bild; *Coeloides* sp.) bekämpfen Schädlinge im Wald. Diese hier hat ihren Legestachel angesetzt, um ein Ei in eine Borkenkäferlarve zu platzieren, die im Holz frisst. Zahlreiche Insekten bestäuben Nutz- und Wildpflanzen, darunter Bienen, wie die abgebildete Waldhummel (rechtes Bild; *Bombus sylvarum*), Schmetterlinge, Käfer, Schwebfliegen und viele andere. Der Ertrag und die Qualität von mehr als 75 Prozent der weltweit wichtigsten Nutzpflanzen hängen mindestens teilweise von Insekten ab.¹ Fotos: Ivar Leidus (rechts) und Albert Krebs.

Herausgeberin

Akademie der Naturwissenschaften Schweiz, Forum Biodiversität, Laupenstrasse 7, Postfach, 3001 Bern

Mitarbeitende Expert*innen

Prof. Dr. Florian Altermatt, Professur für Aquatische Ökologie, Universität Zürich und Eawag, Präsident Forum Biodiversität Schweiz

Prof. Dr. Bruno Baur, Professur für Naturschutzbiologie Universität Basel, Mitglied Kuratorium Forum Biodiversität Schweiz

Dr. Yves Gonseth, Leiter infofauna – Schweizerisches Zentrum für die Kartografie der Fauna (SZKF/SCCF), Mitglied Wissenschaftlicher Beirat Forum Biodiversität Schweiz

PD Dr. Eva Knop, Universität Bern und Universität Zürich, Mitglied Wissenschaftlicher Beirat Forum Biodiversität Schweiz

Prof. Dr. Edward Mitchell, Professur für Bodenbiodiversität, Universität Neuchâtel, Mitglied Wissenschaftlicher Beirat Forum Biodiversität Schweiz

PD Dr. Gilberto Pasinelli, Stellvertretender Wissenschaftlicher Leiter Schweizerische Vogelwarte Sempach, Mitglied Wissenschaftlicher Beirat Forum Biodiversität Schweiz

Dr. Daniela Pauli, Leiterin Forum Biodiversität Schweiz, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)

Prof. Dr. Loïc Pellisier, Professur für Landschaftsökologie, ETH Zürich und WSL, Mitglied Wissenschaftlicher Beirat Forum Biodiversität Schweiz

Redaktion

Dr. Ivo Widmer, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forum Biodiversität Schweiz, Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT).

Kontakt

Prof. Dr. Florian Altermatt, Präsident Forum Biodiversität Schweiz, 058 765 55 92, florian.altermatt@ieu.uzh.ch

Dr. Daniela Pauli, Leiterin Forum Biodiversität Schweiz, 031 306 93 40, daniela.pauli@scnat.ch

Zitiervorschlag

Akademien der Wissenschaften Schweiz (2019) Insektenschwund in der Schweiz und mögliche Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft.

SCNAT – vernetztes Wissen im Dienste der Gesellschaft

Die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) mit ihren 35 000 Expertinnen und Experten 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 ist das wissenschaftliche Kompetenzzentrum der SCNAT für die Biodiversität in der Schweiz.

Literatur

1. IPBES. *The assessment report of the intergovernmentalscience-policy platform on biodiversity and ecosystem services on pollinators, pollination and food production.* (2016).
2. Hallmann, C. A. et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* **12**, (2017).
3. Powney, G. D. et al. Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nat. Commun.* **2019** **10**, 1018 (2019).
4. Lubini, V. et al. *Rote Listen Eintagsfliegen, Steinfliegen, Köcherfliegen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Umwelt-Vollzug Nr. 1212* (Bundesamt für Umwelt, Bern, und Schweizer Zentrum für die Kartographie der Fauna, Neuenburg., 2012).
5. Monnerat, C., Barbalat, S., Lachat, T. & Gonseth, Y. *Rote Liste der Prachtkäfer, Bockkäfer, Rosenkäfer und Schröter. Gefährdete Arten der Schweiz. Umwelt-Vollzug Nr. 1622* (2016).
6. Wermeille, E., Chittaro, Y. & Gonseth, Y. *Rote Liste Tagfalter und Widderchen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2012. Umwelt-Vollzug Nr. 1403* (2014).
7. Monnerat, C., Thorens, P., Walter, T. & Gonseth, Y. *Rote Liste der Heuschrecken der Schweiz. Umwelt-Vollzug 0719* (2007).
8. Gonseth, Y. & Monnerat, S. *Rote Liste der gefährdeten Libellen der Schweiz. Hrsg. BUWAL-Reihe Vollzug Umwelt.* (2002).
9. Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biol. Conserv.* **232**, 8–27 (2019).
10. Bernhardt, E. S., Rosi, E. J. & Gessner, M. O. Synthetic chemicals as agents of global change. *Front. Ecol. Environ.* **15**, 84–90 (2017).
11. Beketov, M. A., Kefford, B. J., Schäfer, R. B. & Liess, M. Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **110**, 11039–11043 (2013).
12. Ochsenbein, U., Berset, J., Scheiwiller, E. & Guthruf, K. Mikroverunreinigungen in Aaretalgewässern. Ein Risiko? *Aqua Gas* **11**, 68–79 (2012).
13. Lachat, T. et al. *Wandel der Biodiversität in der Schweiz seit 1900. Ist die Talsohle erreicht?* (Haupt, 2010).
14. Fischer, M. *Zustand der Biodiversität in der Schweiz 2014. Hrsg.: Forum Biodiversität Schweiz et al.* (2015).
15. Stanley, J. & Preetha, G. *Pesticide toxicity to non-target organisms: Exposure, toxicity and risk assessment methodologies. Pesticide Toxicity to Non-target Organisms: Exposure, Toxicity and Risk Assessment Methodologies* (2016).
16. van der Sluijs, J. P. et al. Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **22**, 148–154 (2015).
17. Moschet, C., Vermeirssen, E. L. M., Seiz, R., Pfefferli, H. & Hollender, J. Picogram per liter detections of pyrethroids and organophosphates in surface waters using passive sampling. *Water Res.* **66**, 411–422 (2014).
18. Sánchez-Bayo, F., van den Brink, P. J. & Mann, R. M. *Ecological Impacts of Toxic Chemicals. Ecological Impacts of Toxic Chemicals* (2011).
19. Humann-Guillemot, S. et al. A large-scale survey of house sparrows feathers reveals ubiquitous presence of neonicotinoids in farmlands. *Sci. Total Environ.* **660**, 1091–1097 (2019).
20. Munz, N. A., Fu, Q., Stamm, C. & Hollender, J. Internal Concentrations in Gammarids Reveal Increased Risk of Organic Micropollutants in Wastewater-Impacted Streams. *Environ. Sci. Technol.* (2018).
21. Mitchell, E. A. D. et al. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. *Science* **358**, 109–111 (2017).
22. Gossner, M. M. et al. Land-use intensification causes multitrophic homogenization of grassland communities. *Nature* **540**, 266–269 (2016).
23. Schuldt, A. et al. Multiple plant diversity components drive consumer communities across ecosystems. *Nat. Commun.* **10**, 1460 (2019).
24. Nijssen, M. E., WallisDeVries, M. F. & Siepel, H. Pathways for the effects of increased nitrogen deposition on fauna. *Biol. Conserv.* **212**, 423–431 (2017).
25. Kunz, W. *Species conservation in managed habitats: The myth of a pristine nature.* (John Wiley & Sons, 2016).
26. Lethmate, J. Ein globales Eutrophierungsexperiment: Stickstoff-Regen. *Biol. unserer Zeit* **35**, 108–117 (2005).
27. Öckinger, E., Hammarstedt, O., Nilsson, S. G. & Smith, H. G. The relationship between local extinctions of grassland butterflies and increased soil nitrogen levels. *Biol. Conserv.* **128**, 564–573 (2006).
28. Stevens, C. J., David, T. I. & Storkey, J. Atmospheric nitrogen deposition in terrestrial ecosystems: Its impact on plant communities and consequences across trophic levels. *Funct. Ecol.* **32**, 1757–1769 (2018).
29. van der Linde, S. et al. Environment and host as large-scale controls of ectomycorrhizal fungi. *Nature* **558**, 243–248 (2018).
30. Gove, B., Power, S. A., Buckley, G. P. & Ghazoul, J. Effects of herbicide spray drift and fertilizer overspread on selected species of woodland ground flora: Comparison between short-term and long-term impact assessments and field surveys. *J. Appl. Ecol.* **44**, 374–384 (2007).

31. Hiltbrunner, E., Schwikowski, M. & Körner, C. Inorganic nitrogen storage in alpine snow pack in the Central Alps (Switzerland). *Atmos. Environ.* **39**, 2249–2259 (2005).
32. Humbert, J. Y., Ghazoul, J. & Walter, T. Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. *Agric. Ecosyst. Environ.* **130**, 1–8 (2009).
33. Sullivan, S. M. P., Hossler, K. & Meyer, L. A. Artificial lighting at night alters aquatic-riparian invertebrate food webs. *Ecol. Appl.* **29**, (2019).
34. Knop, E. *et al.* Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* **548**, 206–209 (2017).
35. Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W. & Hopkins, J. The ecological impacts of nighttime light pollution: A mechanistic appraisal. *Biol. Rev.* **88**, 912–927 (2013).
36. BAFU (Bundesamt für Umwelt). Auswirkungen von künstlichem Licht auf die Artenvielfalt und den Menschen. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Moser 09.3285. 1–22 (2012).
37. Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K. & Tockner, K. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends Ecol. Evol.* **25**, 681–682 (2010).
38. Burdon, F. J. *et al.* Agriculture versus wastewater pollution as drivers of macroinvertebrate community structure in streams. *Sci. Total Environ.* **659**, 1256–1265 (2019).
39. Weston, D. P., Schlenk, D., Riar, N., Lydy, M. J. & Brooks, M. L. Effects of pyrethroid insecticides in urban runoff on Chinook salmon, steelhead trout, and their invertebrate prey. *Environ. Toxicol. Chem.* **34**, 649–657 (2015).
40. Hallmann, C. A., Foppen, R. P. B., Van Turnhout, C. A. M., De Kroon, H. & Jongejans, E. Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature* **511**, 341–343 (2014).
41. Baxter, C. V., Fausch, K. D. & Saunders, W. C. Tangled webs: Reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshw. Biol.* **50**, 201–220 (2005).
42. Fox, R. *et al.* Long-term changes to the frequency of occurrence of British moths are consistent with opposing and synergistic effects of climate and land-use changes. *J. Appl. Ecol.* **51**, 949–957 (2014).
43. Warren, M. *et al.* Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature* **414**, 65–69 (2001).
44. Knaus, P., S. Antoniazza, S. Wechsler, J. Guélat, M. Kéry, N. Strebel, T. S. *Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016: Verbreitung und Bestandesentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein. Schweizerische Vogelwarte Sempach*, 2018. (2018).
45. Noriega, J. A. *et al.* Research trends in ecosystem services provided by insects. *Basic Appl. Ecol.* **26**, 8–23 (2017).
46. Akademien der Wissenschaften Schweiz (2014). *Bienen und andere Bestäuber: Bedeutung für Landwirtschaft und Biodiversität. Swiss Academies Factsheets 9 (1)*. (2014).
47. Garibaldi, L. A., Aizen, M. A., Cunningham, S. A., Harder, L. D. & Klein, A. M. *Incremental contribution of pollination and other ecosystem services to agricultural productivity. Pollination Services to Agriculture: Sustaining and Enhancing a Key Ecosystem Service* (2016).
48. Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A. & Klein, A. M. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Ann. Bot.* **103**, 1579–1588 (2009).
49. Klein, A.-M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **274**, 303–313 (2006).
50. Bommarco, R., Kleijn, D. & Potts, S. G. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends Ecol. Evol.* **28**, 230–238 (2013).
51. Memmott, J., Waser, N. M. & Price, M. V. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **271**, 2605–2611 (2004).
52. Oliver, T. H. *et al.* Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions. *Trends Ecol. Evol.* **30**, 673–684 (2015).
53. Mäder, P. *et al.* Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* **296**, 1694–1697 (2002).
54. Birkhofer, K. *et al.* Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biol. Biochem.* **40**, 2297–2308 (2008).
55. Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M. & Vandenbulcke, F. Pesticides and earthworms. A review. *Agron. Sustain. Dev.* **34**, 199–228 (2014).
56. Filsler, J. *et al.* Soil fauna: Key to new carbon models. *Soil* **2**, 565–582 (2016).
57. Bowler, D. E., Heldbjerg, H., Fox, A. D., Jong, M. & Böhning-Gaese, K. Long-term declines of European insectivorous bird populations and potential causes. *Conserv. Biol.* **cobi.13307** (2019).
58. Hart, J. D. *et al.* The relationship between yellowhammer breeding performance, arthropod abundance and insecticide applications on arable farmland. *J. Appl. Ecol.* **43**, 81–91 (2006).
59. Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G. & Jennings, N. V. Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: Effects of agricultural intensification on bat foraging. *Conserv. Biol.* **18**, 1283–1292 (2004).