



Pestizide – eine Einführung

Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte

Impressum

© 2021, NABU-Bundesverband

1. Auflage 09/2021

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e.V.

Charitéstraße 3

10117 Berlin

Tel.: +49 (0)30.28 49 84-0

Fax: +49 (0)30.28 49 84-20 00

NABU@NABU.de

www.NABU.de

Text & Redaktion

Dr. Verena Riedl, Christina Focke

Lektorat

Ursula Schmidt

Lektorat UBA

Dr. Philip Schmitz

Umweltbundesamt

Fachgebiet IV 1.3-1 Pflanzenschutz / Ökotoxikologie

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Gestaltung

süßes + saures, Berlin

Druck

Kuthal Print GmbH & Co. KG, Mainaschaff;

gedruckt auf FSC-Recyclingpapier

Artikelnummer

NB5551

Bildnachweise

Titel: Dusan Kostic, hedgehog94/stock.adobe.com; S. 4: NABU/Philip Scholl; S. 6: Dusan Kostic, Maridav/stock.adobe.com; S. 9: JackF/stock.adobe.com; S. 10: Josef/stock.adobe.com; S. 13: W. Hoppe; S. 15: Artyom Belozyorov/stock.adobe.com; S. 16: pierre aden/EyeEm/stock.adobe.com; S. 17: slay19/stock.adobe.com; S. 18: Horst/stock.adobe.com; S. 22: RHJ/stock.adobe.com; S. 25: Vladimir Melnik/stock.adobe.com; S. 26: volkerladwig, dima_pics/stock.adobe.com; S. 30: frank29052515/stock.adobe.com; S. 32: Vogel/Neuntöter, NABU/CEWE/Karl-Heinz Epperlein; S. 33: Scisetti Alfio/stock.adobe.com; S. 34: Carola Vahldiek/stock.adobe.com; S. 35: schankz/stock.adobe.com; S. 36: Eric Isselée/stock.adobe.com; S. 37: Natasha Bolbot/stock.adobe.com; S. 38: BAHADIR YENICERI/stock.adobe.com; S. 39: JAH/stock.adobe.com; S. 40: C.Pavletic/stock.adobe.com; S. 42: Microgen/stock.adobe.com; S. 46: Yen-yu Shih/stock.adobe.com; S. 48: Bläuling auf Kleeblüte, NABU/CEWE/Frank Langheim; S. 50: Wellnhofer Designs/stock.adobe.com; S. 51: Sebastian Hennigs/NABU

Förderhinweis

Gefördert durch das Umweltbundesamt und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Die Mittelbereitstellung erfolgt auf Beschluss des Deutschen Bundestages. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
1. Pestizide im Überblick	7
2. Mittel für alles? Wo Pestizide eingesetzt werden	11
3. Gekommen, um zu bleiben? Eintragspfade und Umweltbelastung	19
4. Zu Risiken und (Neben-)Wirkungen	23
5. Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen	33
6. Wie werden Pestizide geprüft?	41
7. Höchste Zeit, etwas zu verändern	49
Quellen	52

Vorwort



Klimawandel, Artensterben, Plastikmüll und Schadstoffe – die Bedrohungen für Mensch, Natur und Umwelt sind zahlreich. Einige sind auf den ersten Blick erkennbar: So führt der Klimawandel zu zunehmend extremen Wetterereignissen. Satellitenbilder zeigen uns Kontinente aus Plastik in den Weltmeeren. Auch die Folgen sind teilweise direkt erkennbar: Zahlreiche Starkregenereignisse führen zu großflächigen Überschwemmungen, während Meeresbewohner durch Plastikmüll an unseren Stränden verenden. Wie bewusst sind wir uns aber der Gefahren für die Umwelt, deren Auswirkungen wir nicht auf den ersten Blick erkennen können? Obwohl beispielsweise die scheinbar „unsichtbaren“ Umweltprobleme, die von Pestiziden ausgehen, schon lange bekannt sind. Bereits 1962 warnte Rachel Carson in ihrem gleichnamigen Buch vor einem „stummen Frühling“. Seitdem wurde der großflächige Einsatz von Pestiziden immer wieder mit dem Rückgang von Insekten und mit negativen Folgen für Vögel und Säugetiere in Verbindung gebracht. Die „Krefelder Studie“ zeigte 2017 den dringenden umweltpolitischen Handlungsbedarf auf. Doch obwohl die Umweltgefährdung durch Pestizide – wie auch diese Broschüre zeigt – durch zahlreiche wissenschaftliche Erkenntnisse belegt ist, wird ihren Risiken noch immer nicht annähernd entschieden genug begegnet.

Seit etwa sechs Jahrzehnten werden jedes Jahr zehntausende Tonnen an chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln in Deutschland in die Umwelt ausgebracht. Dieser großflächige Einsatz geht mit der Veränderung der Agrarlandschaft mit vergrößerten Anbauflächen und wenigen Strukturelementen wie Hecken und Säumen einher. Den ökologischen Preis für den erzielten Systemwandel zahlen wir seit vielen Jahren mit zunehmenden Umweltschäden und dem Verlust der biologischen Vielfalt – einschließlich einer drastischen Dezimierung unserer Insektenpopulationen. Mit jeder Tier- und Pflanzenart, die wir so oft unbemerkt für immer verlieren, gefährden wir die Stabilität unserer Ökosysteme – und damit unsere Lebensgrundlage und die der zukünftigen Generationen.

Pestizide werden eingesetzt, um unerwünschte Mikroorganismen, Tier- und Pflanzenarten zu beseitigen. Sie schädigen aber auch sogenannte Nicht-Zielorganismen. Dabei kommt es zum einen zu einer direkten Schädigung, wenn diese empfindlich gegenüber den Wirkstoffen sind. Meist schädigen Pestizide die Umwelt jedoch dadurch, dass ihre Auswirkungen zu Kettenreaktionen führen, die sich im Nahrungsnetz ausbreiten. Denn geschädigte Individuen interagieren mit einer Vielzahl an weiteren Organismen eines Ökosystems. Der flächendeckende Einsatz von Herbiziden hat so beispielsweise nicht nur zu einer Verarmung an Ackerbegleitkräutern und Gräsern geführt, sondern nimmt auch einer Vielzahl an Organismen die Lebensgrundlage – ihre Nahrung und den Lebensraum.

Wenn Organismen bereits geschwächt sind, weil sie kaum mehr Futter finden, sich ihr Lebensraum in einem schlechten ökologischen Zustand befindet oder weitere Belastungen vorliegen, reagieren sie um ein Vielfaches empfindlicher auf Pestizide. In Gewässern und Böden werden beispielsweise regelmäßig sogenannte Pestizid-Cocktails, d. h. Mischungen verschiedener Pestizide, nachgewiesen. Das führt dazu, dass sich viele einzelne kleine Effekte akkumulieren und sich die Wirkungen der einzelnen Pestizide gegenseitig sogar deutlich verstärken können. Infolgedessen können sich auch die Struktur und die Prozesse von Ökosystemen langfristig verändern.

Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und nahezu alle Nahrungsgefüge eines Ökosystems haben jedoch nicht nur die in der Landwirtschaft verwendeten Pestizide, sondern auch solche, die sich in Biozidprodukten befinden. Sie werden auf vielfältige Weise in industriellen und beruflichen Anwendungen sowie in privaten Haushalten eingesetzt. Ein Problem dabei ist, dass Biozidprodukte in ihren Nutzungsbereichen meist nicht als schädlich für die Umwelt wahrgenommen werden.

Aus all diesen Gründen müssen wir den übermäßigen Einsatz von Pestiziden und den in der Folge durch zahlreiche Studien belegten Artenrückgang verstärkt auf die Agenden der Handelnden rücken. Wir brauchen dringend einen Paradigmenwechsel im Umgang mit Pestiziden, um das Ziel des europäischen „Green Deals“ zur Halbierung der Umweltrisiken durch den Einsatz von Pestiziden bis zum Jahr 2030 zu erreichen. Alle Beteiligten müssen ihren Beitrag leisten – von der Politik über produzierende Unternehmen bis hin zu Handel, Anwender*innen und Konsument*innen. Die Widerstände gegen eine echte Agrarreform zeigen jedoch leider, dass die Politik noch dringend ambitionierter und mutiger werden muss.

Mit dieser Broschüre möchten wir die Leser*innen darüber informieren, was Pestizide, Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte sind, wo sie eingesetzt werden und durch welche Mechanismen sie zu langfristigen ökologischen Schäden führen. Zudem geben wir einen Ausblick, was jede*r Einzelne bereits heute tun kann, um den Umgang mit Pestiziden verantwortungsvoller zu gestalten.

Ralf Schulte
Leiter des Fachbereichs Naturschutzpolitik beim NABU



1. Pestizide im Überblick

Pestizide sind Wirkstoffe, die zur Abwehr, Regulation und Bekämpfung von sogenannten Schadorganismen eingesetzt werden. Als Schadorganismen werden Ernte- oder Vorratsschädlinge, „Unkräuter“ oder Organismen bezeichnet, die Krankheiten übertragen oder verursachen können.

Zu den Pestiziden zählen die bekanntesten ...

Herbizide gegen „Unkräuter“,
Insektizide gegen Insekten,
Fungizide gegen Pilze.

... und die weniger bekannten

Akarizide gegen Spinnen und Milben,
Bakterizide gegen bakterielle Schaderreger,
Rodentizide gegen Nager,
Molluskizide gegen Schnecken.

Wenn im Volksmund von Pestiziden gesprochen wird, sind meist Pflanzenschutzmittel gemeint. Der Begriff Pestizid ist aber kein Synonym, sondern bezeichnet die Wirkstoffe, die u. a. in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten enthalten sind. Das Pestizid verleiht die schädlingsbekämpfende Wirkung, während Zusatzstoffe wie Wirkverstärker und Lösemittel die Anwendbarkeit und die Leistungsfähigkeit von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten verbessern. So werden etwa die Haftfähigkeit oder die Verteilung der Wirkstoffe auf Oberflächen oder im Zielorganismus erhöht sowie der Abbau der Mittel verlangsamt. Die Wirkung des natürlich vorkommenden Giftes Pyrethrum kann beispielsweise durch die Zugabe von Wirkungsverstärkern um das Dreißigfache erhöht werden, weil sich der Abbau des Wirkstoffs durch den Zusatzstoff verlangsamt.

1.1 Pflanzenschutzmittel oder Biozidprodukt – wozu der Unterschied?

Die Hauptkriterien zur Unterscheidung zwischen Pflanzenschutzmitteln und Bioziden sind der Anwendungszweck und der Anwendungsbereich der Produkte.

Pflanzenschutzmittel sollen Pflanzenwuchs unterdrücken oder Kulturpflanzen, Ernte und Erzeugnisse vor Pilz- und Virenkrankheiten oder Tierfraß schützen. Sie werden überwiegend in der Land- und Forstwirtschaft genutzt. Pflanzenschutzmittel kommen aber auch in Haus- und Kleingärten, in Parks, anderen öffentlichen Grünflächen und an Gleisanlagen zum Einsatz. In Deutschland werden ca. 30.000 Tonnen Pestizide pro Jahr für die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln verkauft¹.

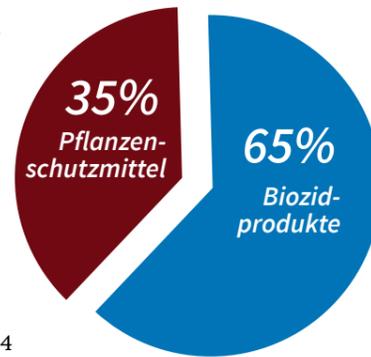
Biozidprodukte begegnen uns in sehr vielen Bereichen unseres täglichen Lebens, und zwar immer dann, wenn Material (inkl. Gebäude) oder die Gesundheit von Mensch oder Tier geschützt werden sollen. Sie sind aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche in Desinfektionsmittel (inkl. desinfizierende Reinigungsprodukte), Schutzmittel (z. B. Holzschutzmittel und biozidhaltige Kühlflüssigkeiten, Lacke und Farben), Schädlingsbekämpfungsmittel (z. B. Anti-Mücken-Sprays) und sonstige Biozidprodukte (z. B. Anti-Fouling-Produkte für Bootanstriche) unterteilt. Schätzungen zufolge werden in Deutschland ca. 55.000 Tonnen Pestizide pro Jahr für die Herstellung von Biozidprodukten verkauft².

Obwohl sich die Wirkstoffe in beiden Produktgruppen zum Teil gegen die gleichen Schadorganismen richten, regulieren die EU (Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 und Verordnung (EU) Nr. 528/2012) und Deutschland (Pflanzenschutzgesetz und Chemikaliengesetz) Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte unterschiedlich. Zudem unterliegen sie auch verschiedenen Anwendungsbestimmungen. Aus diesem Grund ist es möglich, dass manche Pestizide für die Anwendung als Biozidprodukt eine Zulassung erhal-

ten, obwohl eine Nutzung der gleichen Stoffe als Pflanzenschutzmittel verboten ist. Dasselbe Rodentizid kann beispielsweise zum Einsatz als Biozidprodukt zur Bekämpfung von Nagern im Siedlungsbereich zugelassen sein, aber nicht zur Bekämpfung von Wühlmäusen im Agrarbereich, wenn es nicht als Pflanzenschutzmittel zugelassen ist.

1.2 Wie viele Pestizide gibt es?

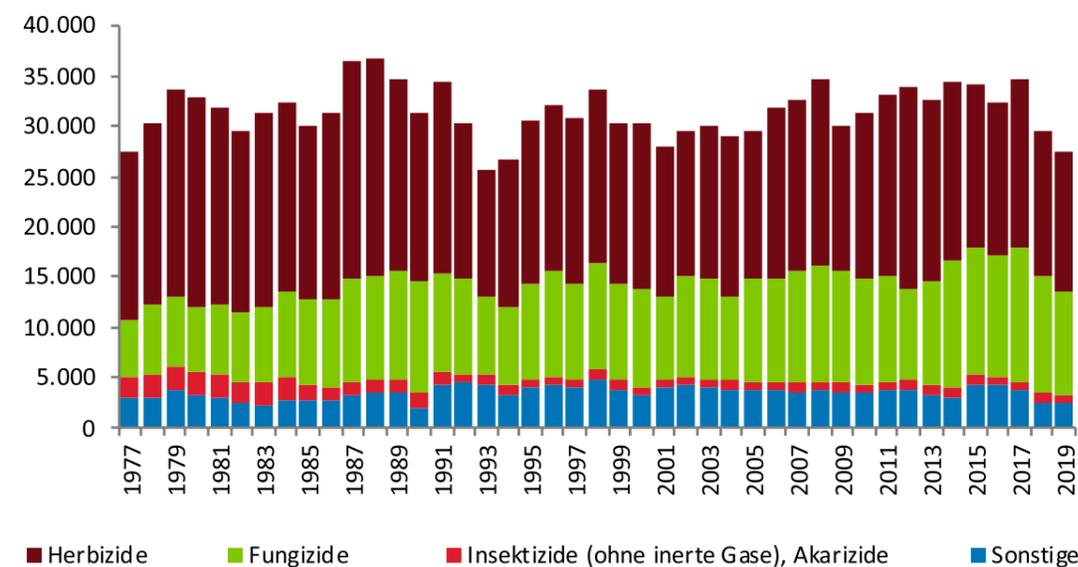
Im Juni 2021 waren 289 Wirkstoffe in über 930 Pflanzenschutzmitteln zugelassen. Letztere können allerdings unter mehreren Handelsnamen vertrieben werden, sodass die Mittel unter ca. 1760 verschiedenen Handelsbezeichnungen auf dem Markt sind. So wird beispielsweise der Wirkstoff Glyphosat in unterschiedlich formulierten Pflanzenschutzmitteln unter 85 verschiedenen Handelsbezeichnungen vertrieben. Dazu zählen gartenkraft® Unkraut-frei, Plantex® und das bekannte Roundup®.³ Bei den Biozidprodukten waren 283 Wirkstoffe in 753 Biozidprodukten zugelassen (Stand: 06/2021)⁴. Darüber hinaus sind über 40.000 weitere Biozidprodukte gemeldet und dürfen noch zulassungsfrei bis 2024 verkauft und verwendet werden. Der Grund dafür sind Übergangsregelungen bis zur Genehmigungsentscheidung der EU-Kommission, die alle alten Wirkstoffe in Biozidprodukten noch einer systematischen Prüfung unterziehen muss.



Jährliche Wirkstoff-Absatzmengen für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte in Deutschland^{1,2}; Grafik: NABU

1.3 Wie viele Pflanzenschutzmittel werden verkauft?

Hersteller, Vertreiber und Importeure müssen die Art und die Menge verkaufter Pflanzenschutzmittel sowie der enthaltenen Wirkstoffe zur Auswertung angeben. Im Jahr 2019 wurden 27.496 Tonnen Wirkstoffe in Deutschland verkauft. In dieser Zahl sind inerte Gase nicht enthalten, die im Vorratsschutz verwendet werden und aufgrund ihrer Eigenschaften sehr reaktionsträge sind und sich an nur wenigen chemischen Reaktionen beteiligen. Die Menge der Wirkstoffe schwankt seit über 40 Jahren um wenige Tausend Tonnen um die 30.000 Tonnen-Marke¹.



Pflanzenschutzmittel: Wirkstoffabsatz in Tonnen in Deutschland¹; Grafik: NABU



Auswahl von Pflanzenschutzmitteln im Handel.

Die Wirkstoffmenge zuzüglich etwa 50.000 Tonnen Zusatzstoffen entsprach einer Gesamtabsatzmenge von 81.473 Tonnen Pflanzenschutzmitteln. Davon entfällt etwa die Hälfte auf Herbizide (52 Prozent), etwa ein Drittel auf Fungizide (33 Prozent), knapp sieben Prozent auf Wachstumsregler und etwa fünf Prozent auf Insektizide und Akarizide (ohne Gase im Vorratsschutz).¹ Welche Mittel wann, wo und in welchen Mengen gleichzeitig in Tankmischungen oder nacheinander in Spritzserien eingesetzt wurden bzw. werden, wird von Landwirt*innen in Spritzbüchern eingetragen, die Teil der sogenannten „Schlagkarteien“ sind. Ein Problem ist jedoch, dass diese Anwendungsdaten weder zentral erfasst noch auf Bundesebene ausgewertet werden.

1.4 Wie viele Biozidprodukte werden verkauft?

Für Biozidprodukte wurden bisher weder die Absatz- noch die Einsatzmengen erfasst. Laut der neuen Bioziddurchführungs-Verordnung (ChemBiozidDV) werden ab 2022 aber Vorschriften zur Meldung des Inlandabsatzes von Biozid-Produkten festgeschrieben. Damit wird eine große Regelungslücke geschlossen. Der Gesamtverbrauch von Bioziden in Deutschland konnte bislang nur analog zu Verbrauchszahlen anderer Staaten auf ca. 55.000 Tonnen Wirkstoff pro Jahr geschätzt werden. Davon werden etwa drei Viertel (74 Prozent) als Desinfektionsmittel zur Algenbekämpfung, für die Hygiene im Veterinär-, Lebensmittel- und Futtermittelbereich oder die menschliche Hygiene verwendet. Etwa ein Viertel (25 Prozent) wird zum Schutz von Holz, Beschichtungen oder für Flüssigkeiten in Kühlsystemen genutzt. Etwa ein Prozent des Gesamtverbrauchs entfällt auf Schädlingsbekämpfungsmittel (z. B. Gifte in Rattenködern) und sonstige Biozidprodukte wie Antifouling-Produkte².



2. Mittel für alles? Wo Pestizide eingesetzt werden

2.1 Landwirtschaft

Knapp über die Hälfte der Landesfläche Deutschlands (etwa 51 Prozent) wird landwirtschaftlich genutzt⁵. Auf dieser Fläche werden über 90 Prozent der verkauften Menge an Pflanzenschutzmitteln zur Sicherung oder Steigerung des landwirtschaftlichen Ertrags eingesetzt. So hat insbesondere die Verwendung von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln seit 1950 zu mindestens einer Verdoppelung der Erntemenge pro Hektar aller Feldfrüchte geführt⁶. Je nach Anbauform, Kultur und klimatischen Verhältnissen können die Menge und die Anzahl der eingesetzten Mittel variieren. Statistiken zeigen, dass in den letzten Jahren vor allem Mais-, Raps- und Getreide-Monokulturen die deutschen Agrarflächen dominierten. Diese werden im Vergleich zu Sonderkulturen wie Obst zwar weniger häufig gespritzt, doch auf sehr viel größeren Flächen angebaut.

Die Rangliste der Wirkstoffe mit dem höchsten Inlandsabsatz nach Menge im Jahr 2019 führen Kohlendioxid, Glyphosat, Schwefel, Chlormequat und Mancozeb an¹. Während das Gas Kohlendioxid als Insektizid vor allem im Vorratsschutz genutzt wird, ist Glyphosat mit etwa 5.000 Tonnen das meistverkaufte Herbizid in Deutschland. Schwefel wird als Fungizid gegen Mehltau und Schorf angewendet, Chlormequat als Wachstumsregulator, beispielsweise um die Standfestigkeit von Getreide zu erhöhen, und das Breitbandfungizid Mancozeb zur Bekämpfung von Krankheitserregern im Gemüse- und Ackerbau.

Pflanzenschutzmittel dienen in der Landwirtschaft vor allem dazu, Unkräuter und Schädlinge fern zu halten und die Arbeit zu erleichtern. Oft werden sie schon vor der Aussaat eingesetzt, z. B. zur Unkrautentfernung am Boden oder zur präventiven Behandlung von Saatgut. Außerdem werden Pflanzenschutzmittel häufig genutzt, um einen in der Zukunft möglichen Schädlingsbefall zu unterbinden. Zudem können zeitintensive Arbeitsschritte alternativer Methoden durch den Einsatz von Pestiziden umgangen werden. So werden Herbizide häufig bei der pfluglosen Bodenbearbeitung angewendet und ersetzen die mechanische Beikrautregulierung wie beispielsweise das Grubbern oder das Pflügen der Flächen. Als Gründe für die pfluglose Bearbeitung werden meist die Zeitersparnis, der Erosionsschutz und der Humusaufbau durch Anreicherung organischer Masse im Oberboden genannt. So soll Kohlenstoff gebunden und die Erosion des Bodens minimiert werden. Neue Untersuchungen zeigen allerdings, dass die Speicherung von Kohlenstoff bei pflugloser und wendender Bodenbearbeitung ähnlich hoch ist, der Kohlenstoff bei wendender Bearbeitung in tieferen Bodenschichten gespeichert wird und der Ausstoß von Lachgas mehr als 60 Prozent geringer ist.

Wie viel Pflanzenschutzmittel pro Fläche eingesetzt wird, ist unterschiedlich und hängt von den Angaben der Behandlungsmenge ab. Zum Beispiel kann mit 15 Tonnen des Herbizids Florasulam etwa die gleiche Fläche behandelt werden wie mit 5.000 Tonnen Glyphosat. Das heißt aber nicht, dass es deshalb umweltverträglicher ist (siehe dazu Abschnitt 4.4 Die Menge macht das Gift?).

Nach der Aussaat führen Landwirt*innen meist oberflächliche Pflanzenspritzungen durch. Dabei gelten für jedes Pflanzenschutzmittel bestimmte Höchsteinsatzmengen, die nicht überschritten werden dürfen. Allerdings sind die Gesamtanzahl und Menge von insgesamt ausgebrachten Pestiziden je Hektar und Jahr nicht beschränkt. Das führt dazu, dass Pestizide in der Praxis oft gleichzeitig in Tankmischungen angewendet werden oder sich nach wiederholter Ausbringung im Verlauf einer Saison in der Umwelt mischen, z. B. im Boden (siehe dazu Abschnitt 6.3 Geprüft ist nicht gleich sicher – Schwachstellen im Prüfsystem). Zudem können sich Wirkstoffe auch in Böden anreichern, weil Wirkstoffe z. T. lange Halbwertszeiten aufweisen und deshalb nur sehr langsam abgebaut werden (siehe dazu Kapitel 3 Gekommen um zu bleiben? Eintragungspfade und Umweltbelastung).

Pflanzenschutzmittel werden aufgrund ihres Ursprungs und ihrer Verwendbarkeit in der konventionellen und ökologischen Landwirtschaft in chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel und in Naturstoffe bzw. Pflanzenschutzmittel natürlicher Herkunft unterteilt. Im konventionellen Anbau dürfen alle Stoffe, egal welchen Ursprungs, angewendet werden. Im ökologischen Anbau stehen hingegen nur die Naturstoffe zur Verfügung.

- **Chemisch-synthetische Pestizide** werden künstlich entwickelt. Ihre Wirkungsweise ist zum Teil – wie im Fall von Neonikotinoiden und Pyrethroiden – biologischen Pestiziden wie Nikotin und Pyrethrum nachempfunden, aber die Wirksamkeit wird chemisch optimiert und meist um ein Vielfaches erhöht.
- Zu den **Pestiziden natürlicher Herkunft** zählen Stoffe, die in der Natur durch Pflanzen, Tiere oder Mikroorganismen erzeugt werden oder natürlich vorkommen. Das Bakterium *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) bzw. dessen Toxine (Gifte) werden beispielsweise zur Bekämpfung von Stechmücken und Schmetterlingsraupen eingesetzt. Zu den natürlich vorkommenden Stoffen zählen Kupfer-, Eisen- oder Schwefelverbindungen, die aufgrund ihrer Stoffeigenschaften gegen Schadorganismen wirken. Schwefel wird beispielsweise seit vielen Jahrhunderten als Fungizid gegen Pilzkrankheiten genutzt und Kohlendioxid ist im Vorratsschutz von großer Bedeutung.

Obwohl manche Pflanzenschutzmittel aus natürlich vorkommenden Stoffen bestehen, heißt das nicht automatisch, dass diese Mittel weniger giftig sind als chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel. Der Einsatz von Pestiziden ist darüber hinaus per se ein Eingriff in das Ökosystem und führt meist zu indirekten Effekten (siehe Abschnitt 4.6 Pestizide wirken direkt und indirekt). Nebenwirkungen für Nicht-Zielorganismen wie Bienen und andere Nützlinge sind daher – auch bei natürlichen Pflanzenschutzmitteln – nicht ausgeschlossen. Insbesondere die intensive, konventionelle Landwirtschaft setzt bisher nicht (ausreichend) auf ackerbauliche und pflegerische Maßnahmen, breite Fruchtfolgen oder eine Stärkung natürlicher Ökosysteme zur Nützlingsförderung, sodass diese intensive Art der Landbewirtschaftung nur dank hoher Dünge- und Pflanzenschutzmittelgaben möglich ist. In nachhaltigeren Bewirtschaftungssystemen wie Streuobstbau, Agroforstsystemen und Ökolandbau kann hingegen weitestgehend oder ganz auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verzichtet werden. Das liegt daran, dass Pflanzen primär durch vorbeugende und nicht-chemische Methoden geschützt werden. Alle Maßnahmen, wie eine diversifizierte Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, regional angepasste Sortenwahl sowie die Förderung von Nützlingen, sind darauf ausgerichtet, die Ausbreitung von Schadern zu begrenzen, sodass Pflanzenschutzmittel oft gar nicht erst nötig sind.

2.2 Forstwirtschaft

Auf knapp einem Drittel der Landesfläche (knapp 30 Prozent) stellt die Forstwirtschaft die zweitgrößte Flächennutzungsform in Deutschland dar⁵. Auch hier werden Pestizide verwendet, aber im Vergleich zur Landwirtschaft in geringeren Mengen. Ein Problem ist auch hier, dass Informationen zu Pestizideinsätzen in Kommunal- und Privatwäldern nicht auf Bundesebene erfasst und ausgewertet werden, sondern nur bei den Waldbesitzenden und ggf. den Unteren Forstbehörden vorliegen.

Pestizide richten sich im Wald beispielsweise gegen die spätblühende Traubenkirsche, Käferarten (Borken-, Rüssel- und Prachtkäfer), Nachtfalterraupen (z. B. Eichenprozessionsspinner) oder Wühlmäuse (Feld-, Rötel- und Schermäuse). Die Bekämpfung von Organismen kann durch eine direkte Spritzung der Bäume manuell oder mit Bodenfahrzeugen stattfinden. Auch Fallensysteme mit Botenlockstoffen und Insektiziden werden eingesetzt. Als forstschädlich eingestufte Nager, die Schäden an Baumwurzeln und Rinden von jungen Bäumen verursachen können, werden beispielsweise mit Rodentizidködern im Boden bekämpft. Auch vom Borkenkäfer befallene Baumstämme, die in sogenannten Holzpoltern gestapelt sind, werden häufig präventiv mit Pestiziden behandelt, wenn sie nicht kurzfristig aus dem Wald abtransportiert oder entrindet werden können. Dies soll eine weitere Ausbreitung und Vermehrung der Borkenkäfer verhindern.



Das gestapelte, nicht entrindete Holz wird mit Pestiziden behandelt, um die weitere Ausbreitung und Vermehrung von Käfern einzudämmen.

Besonders umweltschädlich ist das Versprühen von Pflanzenschutzmitteln aus der Luft. Nach § 18 des Pflanzenschutzgesetzes ist die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln mit Hubschraubern an sich verboten, dennoch können zuständige Landesbehörden eine Anwendung genehmigen. Das nationale Recht schränkt das Ermessen der zuständigen Behörde lediglich dahingehend ein, dass Hubschraubereinsätze nur zur Bekämpfung von Schadorganismen im Weinbau in Steillagen (nur Fungizide) und im Kronenbereich von Wäldern (nur Insektizide) genehmigt werden sollen. Die Umweltrisiken sind besonders hoch, weil Pestizide in die Umgebung verwehen, Lebensräume großflächig kontaminieren und andere im Wald lebende Tiere schädigen, die gar nicht bekämpft werden sollen.

Mit dem Hubschrauber ausgebracht werden etwa die Wirkstoffe Lambda cyhalothrin (im Pflanzenschutzmittel KARATE® FORST flüssig), Tebufenozid (im Pflanzenschutzmittel MIMIC®) und der Wirkstoff *Bacillus thuringiensis* (Bta) toxin (in Pflanzenschutzmitteln wie XenTari®, Lizetan® Raupen- & Zünslerfrei, FlorBac®). Das Breitbandinsektizid Lambda cyhalothrin ist hochgiftig für Säugetiere und Fische und schädigt Gliedertiere an Land und im Wasser, wie Insekten, Spinnen und Krebstiere. Das Insektizid Tebufenozid wird zur Bekämpfung von Schmetterlingen eingesetzt, wirkt aber nicht spezifisch allein gegen die zu bekämpfenden Organismen. Es löst eine verfrühte Häutung von noch unreifen Larvenstadien aus und kann auch Populationen anderer Insekten schädigen. Die Toxine von Bta wirken auf eine Vielzahl von Schmetterlingsarten, indem sie die Darmwand der Raupen zerstören und die Tiere dadurch töten.

Mit dem **Klimawandel** werden die Winter voraussichtlich milder, die Trockenheit nimmt zu und die Vegetationszeiten werden länger. Das begünstigt einerseits die Vermehrung einzelner als forstschädlich eingestufte Organismen, andererseits macht es die Wälder anfälliger für deren Befall. Wirtschaftswälder aus Fichte und Kiefer zeigen besonders wenig Anpassungsfähigkeit, weil sie oft an Standorten angebaut wurden, auf denen sie von Natur aus nur als Teil von Mischbaumwäldern oder gar nicht vorkommen würden.

Prognostizierte Massenvermehrungen von Insektenraupen werden dann meist mit Pflanzenschutzmitteln bekämpft, obwohl die **grundlegenden Probleme naturferner Forste** dadurch nicht behoben werden. Der Einsatz von Gift kann das natürliche Zusammenbrechen von Massenpopulationen sogar verlangsamen, weil die Selbstregulierungsfähigkeit der Wälder und meist auch die Bestände natürlicher Gegenspieler wie Fledermaus- und (Greif-)Vogelarten langfristig geschädigt werden.

2.3 Schutzgebiete

Die meisten Schutzgebiete (mit Ausnahme von streng geschützten Kernzonen) werden entgegen weitverbreiteter Auffassung land- oder forstwirtschaftlich genutzt. Weil Schutzgebiete aber insbesondere Rückzugsräume für Tiere und Pflanzen bieten und die Artenvielfalt erhalten und fördern sollen, schreibt die EU Richtlinie 2009/128/EG vor, dass der Pestizideinsatz in Schutzgebieten minimiert oder verboten werden sollte. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatschG) schreibt allerdings erst seit seiner Novellierung im Rahmen des Insektenschutzpaketes ein Anwendungsverbot von zwei Biozidprodukt-Untergruppen (Holzschutzmittel und Schädlingsbekämpfungsmittel gegen Insekten und Spinnen) ab März 2022 vor. Dies gilt in Naturschutzgebieten, Nationalparks, Nationalen Naturmonumenten, Naturdenkmälern und in gesetzlich geschützten Biotopen im Sinne des § 30 BNatschG. Die Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung (PflSchAnwV) schränkte bis vor kurzem lediglich die Anwendung von besonders bedenklichen Pflanzenschutzmitteln in den genannten Schutzgebieten ein. Seit der Novellierung ist auch die Anwendung von Herbiziden und Insektiziden, die als bienengefährlich oder bestäubergefährlich eingestuft werden, verboten.

Die Regelungen der PflSchAnwV gelten auch in Flora-Fauna-Habitat (FFH)- Gebieten. Allerdings nur, wenn sie auch den oben genannten Schutzgebietskategorien entsprechen. Wenn nicht, dann sind z. B. der Garten-, Obst- und Weinbau sowie der Anbau von Hopfen und anderen Sonderkulturen in FFH-Gebieten von den neuen Verboten ausgenommen. Auf Ackerflächen in FFH-Gebieten sollen bis Juli 2024 freiwillige Vereinbarungen zur Einhaltung der neuen Verbote führen. In Vogelschutzgebieten sieht die PflSchAnwV hingegen nach wie vor gar keine einschränkenden Regelungen vor. Auch Bußgelder bei Verstößen gegen die Auflagen werden in der PflSchAnwV und im BNatschG nicht festgelegt. Zudem ist der Einsatz von anderen Pestiziden wie Fungiziden, die mengenmäßig nach Herbiziden am meisten verkauft werden, oder Rodentiziden ebenfalls nicht eingeschränkt. Die zuständigen Landesbehörden können über die Bundesgesetzgebung hinausgehende Vorschriften in Schutzgebieten bestimmen. Sie können aber auch Ausnahmen von den genannten Verboten genehmigen. Beispielsweise ist in Natura-2000-Gebieten und auf Rastplätzen von Zugvögeln der Rodentizideinsatz meist während des Vogelzugs verboten. Häufig werden aber bei akuten Massenvermehrungen von Mäusen Ausnahmegenehmigungen erteilt, sodass Rodentizide trotzdem ausgebracht werden.

Mit Ausnahme von Herbiziden können Pestizide in den meisten Schutzgebieten de facto nahezu in gleichem Umfang eingesetzt werden wie außerhalb. Die Anwendung und die Umweltgefährdung werden nicht systematisch erfasst und ausgewertet und die rechtlichen Rahmenbedingungen garantieren keinen ausreichenden Schutz vor den negativen Auswirkungen von Pestiziden. Auch ein aktuelles Gutachten zeigt, dass das aktuelle Bundesrecht beim Pestizideinsatz weder den Erhaltungszustand, noch die Empfindlichkeit von Tier- und Pflanzenarten und von geschützten Biotopen ausreichend beachtet. Die Regelungen führen weder zur Erfüllung von europarechtlichen Anforderungen, noch zur Erreichung naturschutzfachlicher und gesetzlicher Schutzziele.⁷

Stechmückenbekämpfung erfolgt beispielsweise seit über 20 Jahren auch in zahlreichen Naturschutzgebieten des Rheingebiets mit dem Toxin des Mikroorganismus *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti). Das biologische Pestizid wird dazu auch mithilfe von Hubschraubern ausgebracht. Die Toxine des Bakteriums schädigen jedoch nicht nur Stechmückenlarven, sondern beeinträchtigen auch andere Arten. Innerhalb des Anwendungsbereichs wird dies in Kauf genommen. Obwohl das als Biozidprodukt ausgebrachte Bti andere Mückenarten nicht negativ beeinflussen sollte, werden auch nicht-stechende und somit harmlose Mücken um bis zur Hälfte reduziert und vielen weiteren Organismen damit die Nahrungsquelle entzogen.⁸

2.4 Siedlungsbereich

Etwa neun Prozent der deutschen Landesfläche fällt unter die Kategorie Siedlungsfläche. Pestizide finden dort vielfach in Haushalten, Gärten und auf öffentlichen Flächen wie Sport- und Spielplätzen Anwendung.

Haushalt

Im Haushalt spielen Pflanzenschutzmittel eine eher untergeordnete Rolle. Biozide kommen hingegen in den meisten Haushalten vor. In Tierarzneimitteln etwa dienen sie der Bekämpfung von Parasiten wie Flöhen und Läusen bei Haustieren wie Hund und Katze. „Versteckte“ Verwendung finden Biozide auch in Funktionswäsche, Matratzen, Bettwäsche, Möbeln, Vorhängen und Teppichen, die oft bereits während der Herstellung mit Akariziden und Insektiziden behandelt werden, um sie vor Schädlingen wie Milben, Motten und Käfern zu schützen. Auch als „antibakteriell“ gekennzeichnete Produkte wie Müllbeutel, Kunststoffbretter, Türklinken, Lichtschalter oder Sportkleidung sind häufig mit desinfizierenden Stoffen ausgerüstet⁹. Diese Produkte werden gemäß EU Biozid Verordnung (528/2012) als behandelte Waren ohne primäre Biozidfunktion definiert. Das heißt, dass die bioziden Eigenschaften zwar absichtlich zugesetzt wurden, diese aber nicht die wesentliche Funktion der Ware darstellen. Im Gegensatz zu Produkten mit primärer Biozidfunktion liegt die Angabe von umweltrelevanten Auswirkungen von behandelten Gebrauchsgegenständen deshalb im Ermessen der Hersteller. Lediglich die Wirkstoffe müssen auf den Etiketten angegeben werden.



Schädlingsbekämpfungsmittel wie Insektensprays kommen in Haushalten viel zu oft zum Einsatz.

Biozidprodukte mit primärer Biozidfunktion wie desinfizierende Wasch- und Reinigungsprodukte oder Schädlingsbekämpfungsmittel (z. B. Anti-Motten-Mittel, Ratten- oder Mäusegift) sind im Einzelhandel meist frei verkäuflich. Studien zufolge wird der Begriff Biozid inhaltlich häufig falsch verstanden. So halten die meisten Befragten die Mittel für harmlos und ihnen ist nicht bewusst, dass Pestizide in den Produkten enthalten sind. Aus diesem Grund wurde Ende Juni 2021 das Biozid-Recht konkretisiert und mit der Biozid-Durchführungsverordnung wurden erstmals nationale Regelungen zur Abgabe von Biozid-Produkten vorgegeben. Durch eine verkäuferseitige Aufklärung über die Risiken und Alternativen des Biozideinsatzes und einen erwerberseitigen Nachweis über die Sachkunde der Biozid-Anwendung soll die neue Durchführungsverordnung sicherstellen, dass Abgabebeschränkungen eingehalten werden. Die neuen Vermarktungsregelungen sollen allerdings erst ab 2025 in Kraft treten. Im Vergleich dazu besteht die Verpflichtung für eine sachkundige Verkaufsberatung verknüpft mit einem Selbstbedienungsverbot bei Pflanzenschutzmitteln schon seit Jahren.

Vor allem ist auch die sorglose und steigende Verwendung von Desinfektionsmitteln in privaten Haushalten bedenklich, weil viele der Stoffe leicht wasserlöslich sind und in Kläranlagen nicht vollständig entfernt werden¹⁰. In der Umwelt können ausgewaschene Wirkstoffe zur steigenden Resistenzbildung von Keimen beitragen und die Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln in Arztpraxen und Krankenhäusern verringern⁹.

Öffentliche Flächen

Auf Grünanlagen, in Parks, Spiel- und Sportplätzen werden Pestizide zur Pflege und Instandhaltung eingesetzt. Außerhalb von landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen wie Verkehrswegen und befestigten Flächen dürfen Pflanzenschutzmittel nur mit Ausnahmegenehmigung angewendet werden. Wenn straßenbegleitendes Grün allerdings regelmäßig gepflegt wird, wird dieses zu gärtnerisch genutzter Fläche gezählt und der Einsatz ist etwa als industrielle Vegetationskontrolle an Autobahnen und an Eisenbahnen erlaubt. Auch Biozidprodukte werden auf öffentlichen Flächen regelmäßig eingesetzt. Dies kann beispielsweise zum Schutz von Material oder zur Bekämpfung von potenziellen Krankheitsüberträgern erfolgen.

Nager werden insbesondere im urbanen Umfeld und in der Kanalisation häufig mit Rodentiziden bekämpft.



Rodentizidhaltige Fraßköder werden in der Kanalisation, an Mülldeponien, in und an Gebäuden, in Parks und auf Golfplätzen verwendet. Die meisten Rodentizide wirken als Antikoagulantien und hemmen die Blutgerinnung der Nager, die nach Aufnahme des Fraßgifts innerlich verbluten und sterben. Anders als bei Pflanzenschutzmitteln ist der Verzicht auf Biozidprodukte in Städten und Kommunen schwieriger, weil der Einsatz zum Gesundheitsschutz und zur Vermeidung von Materialschäden zum Teil notwendig und gesetzlich vorgeschrieben ist. Die vom Umweltbundesamt und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) koordinierte Initiative „Pestizidfreie Kommune“ zeigt aber, dass eine Flächenbewirtschaftung ganz oder teilweise ohne Pestizide möglich ist und bundesweit in über 550 Städten bereits praktiziert wird.

Haus- und Kleingarten

Allein im Jahr 2019 kauften Freizeitgärtner*innen rund 4.400 Tonnen Pflanzenschutzmittel¹. Das entspricht etwa fünf Prozent des jährlichen Gesamtabsatzes an Pflanzenschutzmitteln in Deutschland, obwohl die Fläche von Haus- und Nutzgärten im Vergleich zur landwirtschaftlich genutzten Fläche nur einem Bruchteil entspricht. Am häufigsten setzen Freizeitgärtner*innen Insektizide ein, die bereits in sehr geringen Mengen hochwirksam sind. Die Anwendung in Haus- und Kleingärten darf darüber hinaus ohne Sachkundenachweis erfolgen, was bei falscher Anwendung große Risiken für die Umwelt und die Anwender*innen darstellt. Trotzdem ist die Verwendung von knapp einem Drittel, d.h. 521 von 1.760 zugelassenen Pflanzenschutzmitteln, auch im Haus- und Kleingarten erlaubt (Stand: 06/2021)³. Die aufgedruckten Anwendungsbestimmungen, Hinweise und Auflagen eines jeden Mittels müssen deshalb unbedingt gelesen und bei der Anwendung beachtet werden.



Farben, Lacke und Schutzmittel enthalten oft Biozide, um Holzfassaden, Mauerwerk und Baumaterialien vor Schädlingen und Schimmel zu schützen.

Gleiches gilt auch für Biozidprodukte wie Insektensprays, Ameisengift oder Produkte zum Schutz von Baumaterialien wie Holz, Kunststoff oder Dichtungsbahnen, die häufig in Haus und Garten zum Einsatz kommen. Insbesondere Oberflächen, die Regen ausgesetzt sind, werden oft routinemäßig mit Farben und Lacken behandelt, die Bewuchs hemmende Wirkstoffe wie Algizide und Fungizide enthalten. So enthalten auch viele Farben und Putze für Fassaden, Gartenmöbel oder Holzvertäfelungen Biozide, um Schäden durch Mikroorganismen wie Schimmel vorzubeugen. Hersteller empfehlen dabei fast immer, die Produkte mehrmals aufzutragen. Der Grund dafür ist, dass viele Wirkstoffe allmählich bei Regen von behandelten Oberflächen abgewaschen werden. Sie gelangen so in großer Menge in die Umwelt.



3. Gekommen, um zu bleiben? Eintragspfade und Umweltbelastung

Wie stark unsere Umwelt mit Pestiziden belastet ist, ist schwer zu beurteilen bzw. unbekannt. Zum einen werden die Anwendungsdaten von Pflanzenschutzmitteln nicht zentral erfasst, nicht ausgewertet und nicht verfügbar gemacht. Zum anderen wird nicht erfasst, wie viele und welche Biozide aus öffentlichen oder industriellen Einrichtungen und Haushalten in die Umwelt gelangen. Informationen zum Einsatz von Pestiziden würden Rückschlüsse darüber zulassen, welche Gebiete und Gewässerabschnitte durch erhöhte Pestizidbelastung besonders gefährdet sind.

Einsatzdaten sind allerdings auch für die Wasserwirtschaft nicht frei zugänglich, obwohl eine Datengrundlage zu Umwelteinträgen dabei helfen könnte, Grundwasser-Messprogramme gezielt auf potenziell gefährliche Wirkstoffe und Metaboliten (Abbauprodukte) auszurichten. Bestehende Monitoringprogramme erfassen bisher nur einen geringen Anteil an Wirkstoffen. Zudem gibt es kein pestizidspezifisches Monitoring in potenziell betroffenen Ökosystemen und Organismen. Beispielsweise ist in der Oberflächengewässerverordnung nur das Monitoring von 61 der 289 zugelassenen Wirkstoffe für Pflanzenschutzmittel und 283 zugelassenen Wirkstoffe für Biozidprodukte geregelt (Stand 06/2021). Die Umweltbelastungen durch nicht gelistete Pestizide sowie die Gefahren durch Pestizidkombinationen werden nicht systematisch erfasst¹¹. Diese Datenlücken stellen große Risiken für Natur und Umwelt dar, weil Wirkstoffe in der Umwelt nicht als Einzelstoffe, sondern in Kombination vorliegen. Entweder, weil sie zusammen angewendet werden (z. B. in Tankmischungen), oder, weil sie aus verschiedenen Quellen in die Umwelt gelangen (z. B. Kläranlagen, Spritzungen und Bodenrückstände). Die Wirkungen von Wirkstoffkombinationen weichen sehr häufig und oft stark von denen einzelner Wirkstoffe ab.

3.1 Gewässer

Pflanzenschutzmittel gelangen mit dem Regen in tiefere Bodenschichten, in das Grundwasser oder in angrenzende Fließ- und Standgewässer. Grenzwerte werden an landwirtschaftlich genutzten Standorten fast vier Mal häufiger überschritten als an landwirtschaftlich nicht genutzten Standorten¹². In einem bundesweiten Monitoringprogramm zeigte sich, dass 81 Prozent der untersuchten Kleingewässer die regulatorisch festgelegten Grenzwerte, z. T. sogar um mehr als das 100-fache, überschritten und 83 Prozent die ökologischen Ziele nach dem europäischen Wasserrecht nicht erfüllten^{13,14}.

Eine weitere bedeutende Eintragsquelle sind Kläranlagenabläufe und Regenwasserabflusskanäle. So gelangen Pflanzenschutzmittel nach dem Befüllen und Reinigen von Feldspritzen, nach versehentlichem Verschütten auf gepflasterten Flächen oder durch die Entsorgung von nicht verwendeten Rückständen direkt in die Abwassersysteme. Auch die Rückstände von Biozidprodukten gelangen nach erfolgter Schädlingsbekämpfung in Privathäusern oder Gärten ins Abwasser. Doch können viele Wirkstoffe aus Abwässern von Haushalten, Industriebetrieben und Krankenhäusern in Kläranlagen nicht wirksam entfernt werden.

Zu den Wirkstoffen mit den höchsten (in über 90 Prozent) Wiederfindungsraten in Ablaufproben von 29 untersuchten kommunalen Kläranlagen zählen Triclosan, 1,2,4-Triazol, Terbutryn und DEET. Triclosan wird als Desinfektionsmittel in Zahnpasta, Deodorants, Seifen, Haushaltsreinigern und Waschmitteln eingesetzt, während 1,2,4-Triazol als Materialschutz- oder Konservierungsmittel genutzt wird. Der Wirkstoff DEET wird hingegen im Handel als Bestandteil von Insekten- und Zeckensprays, den sogenannten Repellentien, vertrieben und auf die Haut aufgetragen.¹⁵ In einer weiteren Untersuchung von Kläranlagenabläufen in ländlichen und vorstädtischen Gebieten Mitteldeutschlands wurden diese häufig als ausschließliche Quellen für die Belastung mit den Insektiziden Acetamiprid und Imidacloprid in nahe gelegenen Fließgewässern identifiziert. In fünf der sieben untersuchten Kläranlagen wurden in den nahe gelegenen Oberflächengewässern sogar dreifach höhere Insektizid- und Fungizidkonzentrationen gemessen als an weiter entfernten Standorten.¹⁶

Bei Regen werden Biozide zudem meist von Hausfassaden, Baumaterialien oder Gartenmöbeln ausgewaschen, die mit Materialschutzmitteln behandelt wurden. Sie gelangen dann über die Siedlungsentwässerung in die Gewässer. Eine Untersuchung von Regenwasserkanälen in Berlin zeigte, dass die Grenzwerte für Wirkstoffe wie Carbendazim (Fungizid als Pilzhemmer z. B. in Silikondichtstoffen), Terbutryn (Algizid als Algenhemmer) und Diuron (Herbizid als Hemmer von Pflanzenbewuchs) an einigen Standorten überschritten wurden¹⁷. So können durch die Auswaschung beispielsweise aus der Fassadenputzfarbe von Gebäuden je nach Fassadenfläche, Windrichtung und Niederschlag die Biozid-Grenzwerte in Bächen schon innerhalb von drei Jahren überschritten werden¹⁸.

3.2 Luft und Boden

Im Gegensatz zu Untersuchungen bei Gewässern gibt es nur wenige Studien über die Belastung von Luft und Boden mit Pestiziden und deren Abbauprodukten. Auch gibt es in Deutschland kein systematisches Monitoring zur Belastungsanalyse von landwirtschaftlich genutzten Böden mit Pflanzenschutzmitteln. Es fehlen zudem rechtlich verbindliche Grenzwerte für Böden. So ist es europaweit nicht gesetzlich vorgeschrieben, landwirtschaftlich genutzte Böden systematisch auf Rückstände und den Abbau von Pestiziden zu untersuchen. Ebenso wenig werden Biozidrückstände erfasst. Pestizide können in angrenzende Felder und Gärten gelangen sowie über große Distanzen verwehen. In einer bundesweiten Pilotstudie zur Verbreitung von Pestiziden über die Luft wurden an fast drei Viertel der 163 Messstandorte zwischen fünf und 34 Wirkstoffe festgestellt. Neben häufig eingesetzten Herbiziden wie Glyphosat und Pendimethalin wurden auch Rückstände von langlebigen Pestiziden wie DDT nachgewiesen, die seit Jahrzehnten in Deutschland verboten sind. Eine Belastung mit mehreren Pestiziden gleichzeitig gilt deshalb an nahezu allen Standorten in Deutschland als wahrscheinlich.¹⁹

Auch in Böden sind Pestizide und deren Abbauprodukte oft noch Jahrzehnte nach der Ausbringung nachweisbar und liegen meist als Wirkstoffcocktails vor. Eine europaweite Studie wies beispielsweise 166 verschiedene Pestizidrückstände in über 80 Prozent der untersuchten Bodenproben nach²⁰. Proben von Schweizer Agrarflächen ergaben, dass einige Pestizide auch mehr als 13 Jahre nach deren Ausbringung noch nachgewiesen werden können²¹. Auch in Naturschutzgebieten gibt es nur wenige Informationen

über den Eintrag von Pestiziden in Böden. In einem kürzlich veröffentlichten Forschungsbericht wurden beispielsweise 53 verschiedene Pestizide in Pflanzen und Böden innerhalb von 15 beprobten Naturschutzgebieten und 66 verschiedene Pestizide in drei umliegenden Pufferzonen gefunden. Am häufigsten wurden sowohl in Naturschutzgebieten als auch in den Pufferzonen Fungizide und deren Metaboliten erfasst.²²

3.3 Organismen

Selbst Wildtiere sind häufig mit Pestiziden belastet. Bei ihnen werden oft Stoffe nachgewiesen, die sich schlecht abbauen (persistent) und schnell im Organismus anreichern können (bioakkumulierend). Diese Eigenschaften erfüllen viele blutgerinnungshemmende Rodentizide, die auf landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowie in Kanalisationen, in Kellerräumen, auf Mülldeponien oder auf landwirtschaftlichen Betrieben zur Nagerbekämpfung genehmigungsfrei verwendet werden dürfen. Die gängige Praxis ist es, Fraßköder mit Rodentiziden am Draht in Entwässerungssysteme einzubringen. Dies führt dazu, dass diese blutgerinnungshemmenden Mittel ins Abwasser und die Gewässer gelangen. Wildtiere können die Stoffe dann über das Wasser oder über die Nahrung aufnehmen. In untersuchten Gebieten waren beispielsweise fast alle Fische (97 Prozent), über die Hälfte der Füchse (bis zu 85 Prozent in Landkreisen mit hohem Rodentizideinsatz) und etwa ein Drittel (32 Prozent) der Mäusebussarde, Rotmilane und Schleiereulen mit mindestens einem Rodentizid-Wirkstoff belastet. Die Expert*innen der Umweltrisikobewertung stuften das Vergiftungsrisiko von blutgerinnungshemmenden Rodentiziden für Nicht-Zieltiere deshalb als sehr hoch ein. Trotzdem dürfen sie aufgrund mangelnder Alternativen zur Nagetierbekämpfung unter Einhaltung bestimmter Auflagen weiterhin angewendet werden.²³

Neben Leberproben von Wirbeltieren erlauben Analysen von Bienenbrot Rückschlüsse darüber, welche und wie viele Pestizide von bestäubenden Insekten in der Umwelt und insbesondere von Bienen mit der Nahrung aufgenommen werden. Bienenbrot besteht hauptsächlich aus Blütenpollen und wird in den Waben staatenbildender Bienen als Nahrung für Arbeiterbienen und für die Brut eingelagert. Untersuchungen von 2018 zeigen, dass 120 von 130 untersuchten Bienenbrotproben insgesamt 44 Fungizide, 21 Herbizide und 17 Insektizide enthielten. Sogar die Wirkstoffe DEET und Icaridin waren in 22 Proben nachweisbar.²⁴

Schematische Darstellung möglicher Eintragspfade von Pflanzenschutzmitteln und Bioziden in Gewässer und Boden.

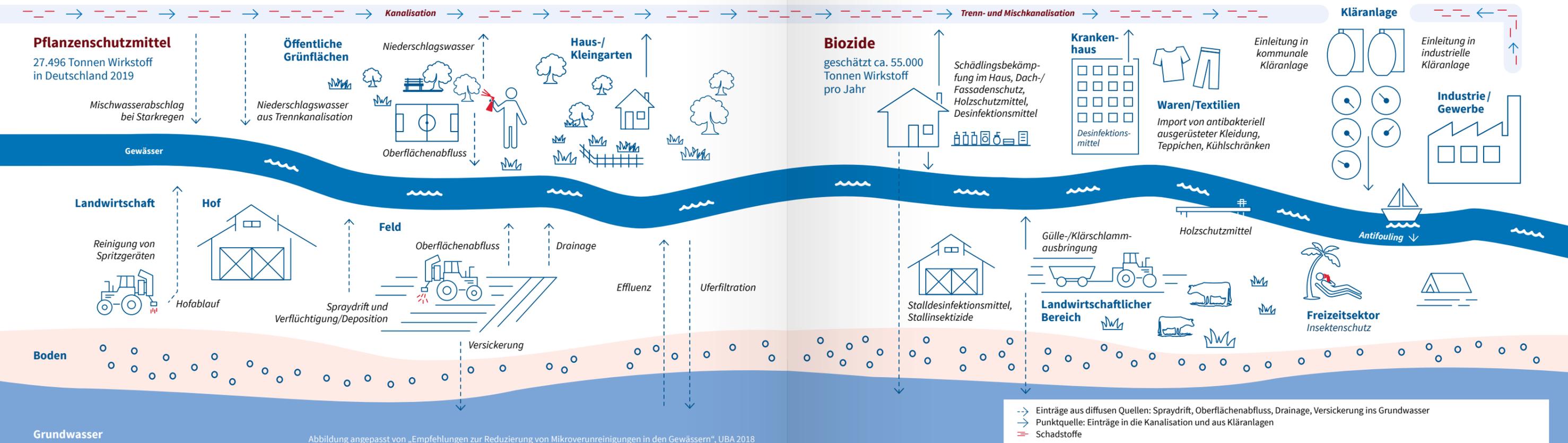


Abbildung angepasst von „Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern“, UBA 2018

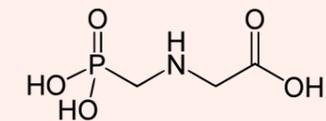


4. Zu Risiken und (Neben-)Wirkungen

Die Wirkung von Pestiziden hängt primär davon ab, welche Enzyme bzw. Stoffwechselprozesse gestört werden. Diese laufen in verwandten Arten aufgrund physiologischer Ähnlichkeiten zu Zielorganismen oft gleich oder strukturell sehr ähnlich ab. Deswegen schädigen Pestizide nicht nur Zielarten, sondern meist auch sogenannte Nicht-Zielorganismen, die Empfindlichkeiten gegenüber den Wirkstoffen aufweisen.

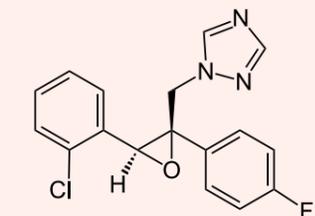
Herbizide ...

... zielen auf das Zellwachstum, die Photosynthese oder den Stoffwechsel von Ackerbegleitkräutern, den sogenannten „Unkräutern“, ab. Beispielsweise schädigen Photosynthese hemmende Herbizide meist alle in einem behandelten Bereich vorhandenen Pflanzen und Algen, die Photosynthese betreiben. Glyphosat ist eines der bekanntesten und meistverkauften Herbizide. Es ist in 85 Pflanzenschutzmitteln enthalten, wovon 38 in Haus- und Kleingärten zulässig sind (Stand 07/2021³, Bild: Glyphosat).



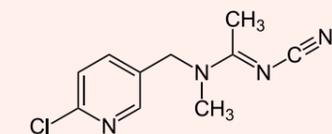
Fungizide ...

... greifen überwiegend in Stoffwechselreaktionen zur Energiegewinnung oder zum Zellaufbau ein. Sie wirken meist unspezifisch auf verschiedene taxonomische Gruppen. Studien zeigen, dass Fische häufig weniger empfindlich auf Fungizide reagieren als Algen, höhere Pflanzen und wirbellose Tiere. Keine Gruppe an Nicht-Zielorganismen lässt sich allerdings als deutlich empfindlichste zuordnen²⁵. Der Verbrauch an Fungiziden nimmt vor allem bei feuchtem Klima und dichten Beständen zu, weil sich die Gefahr von Pilzinfektionen erhöht (Bild: Epoxiconazol).



Insektizide ...

... beeinträchtigen meist die Muskulatur und das Nervensystem. Zu den Insektiziden zählen bspw. die Neonikotinoide, Organophosphate und Pyrethroide. Neonikotinoide bilden einen natürlichen Neurotransmitter (Botenstoff) nach, der die Übertragung von Nervenimpulsen in Insekten stimuliert. Anders als der Neurotransmitter können Neonikotinoide aber nicht mehr vom Rezeptor (nimmt Botenstoffe auf und wandelt diese in Signale um) getrennt werden. Organophosphate hemmen hingegen ein Enzym, das den Neurotransmitter vom Rezeptor trennt, während Pyrethroide die Natriumkanäle der Nervenzellen blockieren. In der Folge treten Muskelkrämpfe, Lähmungen und der Tod des Insekts ein (Bild: Acetamiprid).



Neonikotinoide (Insektizide) wirken meist systemisch, d. h. die Pflanze nimmt das Pestizid über die Wurzeln von dem behandelten Saatgut oder über das Bewässerungssystem auf und verteilt es während des Wachstums vom Stängel bis in die Blattspitze. Insekten werden abgewehrt oder getötet, sobald sie in die Pflanze beißen oder daran saugen. Neonikotinoide galten einst als weitgehend ungefährlich für Bienen, bis sich 2008 herausstellte, dass sich Pestizidstaub von behandeltem Saatgut abrieb, auf blühenden Pflanzen absetzte und zu massiven Bienenschäden führte. Die Anwendung einiger neonikotinoider Wirkstoffe wurde erst etwa zehn Jahre später und nach langem Ringen im Freiland verboten und auf das Gewächshaus beschränkt. Doch obwohl die Gefährdung bestäubender Insekten durch Neonikotinoide mittlerweile hinreichend belegt ist, sorgen Notfallzulassungen dafür, dass diese Pestizide weiterhin verwendet werden können. Ein Beispiel dafür ist der Wirkstoff Thiamethoxam zur Saatgutbeize von Zuckerrüben im Jahr 2021. Das Neonikotinoid Acetamiprid ist noch regulär in 11 Pflanzenschutzmitteln verkäuflich (9 davon für Haus- und Kleingärten, Stand: 07/2021)³, obwohl Acetamiprid stark wasserlöslich und hochgiftig für Vögel und Bodenorganismen wie Regenwürmer ist.

Neonikotinoide werden auch in **Veterinärarzneimitteln** verwendet. Imidacloprid wirkt etwa als Lösung auf dem Rücken von Hund und Katze gegen Parasiten wie Flöhe. Oral verabreicht tötet Nitenpyram Flöhe, sobald sie das Insektizid über das Blut der Nutz- oder Haustiere aufnehmen. In Biozidprodukten werden Acetamiprid, Imidacloprid und Thiamethoxam in Ködern, Gels und an hängenden Kartonagen gegen Stubenfliegen, Ameisen und Schaben eingesetzt.⁴

4.1 Wie nehmen Organismen Schadstoffe auf?

Wie viel und wie schnell ein Organismus Schadstoffe aufnimmt, hängt von vielen Faktoren ab. Dazu zählen die Dauer des Kontakts, die Menge des Schadstoffs, die Stoffwechselrate oder wie und wie lange ein Organismus lebt. Es hängt auch davon ab, ob der Schadstoff über die Körperoberfläche, die Nahrung und/oder die Luft aufgenommen wird. Im Boden oder im Gewässer lebende Organismen nehmen im Wasser gelöste Schadstoffe beispielsweise hauptsächlich über die Körperoberfläche auf. Manche Schadstoffe lagern sich aber auch vermehrt im Sediment ab und werden dann durch Filtration von Bodenpartikeln wieder aufgenommen. Vögel nehmen Schadstoffe hingegen vermehrt durch die Nahrung zu sich. Auch die Beschaffenheit und Größe der Körperoberfläche der Organismen bestimmen, wie schnell und in welchem Ausmaß Schadstoffe aufgenommen werden. Bodenlebende Weichtiere wie Schnecken oder Regenwürmer nehmen Schadstoffe schneller auf als Insekten, weil diese von einem Chitinpanzer geschützt sind. Kleine Organismen wie Mikroorganismen, Algen oder Zooplankton nehmen Schadstoffe schneller und in größerer Menge auf als größere Organismen, weil ihre Körperoberfläche im Verhältnis zum Körpervolumen besonders groß ist. Auch das Umweltverhalten des Stoffs und die Eigenschaften des Ökosystems sind wichtige Faktoren. So bestimmen beispielsweise die Abbaugeschwindigkeit und die Wasserlöslichkeit eines Stoffs, die Größe und die Fließgeschwindigkeit eines Gewässers oder dessen Entfernung zu Zuläufen, ob, wie und wie lange Organismen dem Stoff ausgesetzt sind.

4.2 Was geschieht mit Schadstoffen im Organismus?

Über das Blut oder die Hämolymphe in wirbellosen Tieren bzw. Leitgefäßsysteme bei Pflanzen werden Schadstoffe zu verschiedenen Geweben und Organen transportiert. Am Zielort verursachen sie eine direkte Wirkung oder reichern sich in Geweben und Organen an. Die schrittweise Anreicherung von Umweltschadstoffen im Organismus bezeichnet man als Bioakkumulation. Die Konzentration von organischen Pestiziden im Organismus kann deshalb nach einiger Zeit sogar die Umgebungskonzentration übersteigen. Durch diese Anreicherung in den Fettreserven eines Lebewesens wird die Fähigkeit des Wirkstoffs, eine biologische Wirkung auszulösen, zunächst verringert.



Gespeicherte Schadstoffe können mit dem Abbau der Fettreserven im Winter, während Migrationsbewegungen und nach der Geburt von Jungtieren in größeren Mengen freigesetzt werden, zu Vergiftungserscheinungen führen und mit der Muttermilch direkt an die Jungen weitergegeben werden.

Vergiftungserscheinungen treten erst dann auf, wenn Säugetiere im Winter, während Migrationsbewegungen, wie etwa dem Vogelzug, oder nach der Geburt von Jungtieren vermehrt Fettreserven abbauen und dadurch eine größere Menge an Schadstoffen auf einmal im Körper freisetzen. Während dies zum einen zur Entgiftung von Muttertieren führen kann, werden die Schadstoffe andererseits über die Muttermilch direkt an die Jungen weitergegeben. Im Gegensatz zur Bioakkumulation beschreibt die Biomagnifikation die Anreicherung von Schadstoffen entlang der Nahrungskette. Wenn Organismen gefressen werden, werden die darin angereicherten Stoffe von niederen Nahrungsstufen zu höheren weitergegeben. Die Konzentrationen in Tieren nehmen deshalb in der Regel entlang der Nahrungskette zu. Räuber an der Spitze von Nahrungsnetzen weisen besonders hohe Werte auf.

Eines der bekanntesten **Beispiele der Anreicherung von Schadstoffen entlang der Nahrungskette** ist das Insektizid Dichlordiphenyltrichlorethan, kurz DDT. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es besonders fettlöslich und langlebig ist. Seit Anfang der 1950er-Jahre wurde es als Wunderwaffe gegen Insekten aller Art in Haus, Garten und Landwirtschaft angepriesen. Erst viele Jahre später fand man heraus, dass sich das Pestizid in Nahrungsketten anreicherte und die Fähigkeit von Vögeln beeinträchtigte, intakte Eierschalen zu bilden. Die Eierschalen waren so dünn, dass sie während der Brut brachen. Viele Greifvogelarten, darunter Seeadler, Geier und Wanderfalken, wurden so an den Rand der Ausrottung gebracht oder ihr Bestand dramatisch reduziert. Die Verwendung wurde mit dem DDT-Gesetz 1972 in Deutschland verboten und international auf wenige Ausnahmen beschränkt. In Südafrika wird DDT beispielsweise immer noch gegen Malaria übertragende Mücken eingesetzt und verursacht weiterhin schädliche Auswirkungen auf Vogelpopulationen sowie die menschliche Gesundheit²⁶. Selbst in den entlegensten Regionen der Erde reichert sich DDT weiter an. So wurden in Fischen der Antarktis 2016 höhere DDT-Konzentrationen gemessen als in den 1990er-Jahren²⁷.

In der Regel führen Stoffwechselprozesse dazu, dass Schadstoffe vom Körper abgebaut und ausgeschieden werden. In Wirbeltieren (Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel, Säugetiere) findet der Abbau zum größten Teil in der Leber, bei wirbellosen Tieren (z. B. Weichtiere, Spinnentiere, Insekten, Krebstiere) im funktionsähnlichen Hepatopankreas statt. Dadurch kann bei geringer Schadstoffkonzentration den Vergiftungserscheinungen und der Bioakkumulation entgegengewirkt werden. Bei manchen Stoffen hat der Abbau durch Stoffwechselprozesse jedoch die gegenteilige Wirkung, sodass giftigere Abbauprodukte entstehen als deren Ausgangsstoffe. So wirkt nicht der aufgenommene Stoff selbst toxisch, sondern erst die durch Stoffwechselprozesse gebildeten Abbauprodukte. Diese Prozesse sind u. a. bei Pestiziden kritisch, weil das Umweltrisiko vor deren Zulassung bewertet wird, mögliche Umweltschäden durch Abbauprodukte hingegen kaum getestet werden.

4.3 Die Bildung von Resistenzen

Pestizide werden von verschiedenen Tier- und Pflanzenarten unterschiedlich schnell aufgenommen, umgewandelt und ausgeschieden. Es gibt aber bei Individuen der gleichen Art – so beispielsweise auch beim Menschen – spontan auftretende oder genetisch verankerte Unterschiede. Dadurch sind manche Individuen besser in der Lage, bestimmte Wirkstoffe zu tolerieren, als ihre Artgenossen. Wenn Pestizide auf Agrarflächen eingesetzt werden, haben anfangs einige wenige vorangepasste Organismen einen Vorteil gegenüber ihren Artgenossen ohne Resistenzen. Durch die wiederholte Anwendung von Pestiziden mit dem gleichen Wirkmechanismus werden so nur schlechter angepasste Individuen beseitigt und der Anteil resistenter Individuen nimmt weiter zu. Wie schnell es zur Entwicklung von Resistenzen kommt bzw. wie schnell ein Großteil einer Population immun gegenüber einem Pestizid wird, hängt u. a. davon ab, wie lange die Individuen leben, wie schnell sie sich fortpflanzen, sich verbreiten und wie oft wirkungsgleiche Mittel angewendet werden.

Resistenzen von Schadorganismen gegen Pestizide mit bekannten Wirkmechanismen wurden in den vergangenen Jahrzehnten durch den häufigen Einsatz wirkungsgleicher Wirkstoffe gefördert. Zum Beispiel wiesen laut dem Herbicide Resistance Action Committee (HRAC) weltweit bereits im Jahr 2011 197 Beikrautarten eine Resistenz gegen eines oder mehrere Herbizide auf. Zehn Jahre später, im Jahr 2021, waren es schon 250 Beikrautarten, die gegen 23 der 26 bekannten Wirkmechanismen und gegen 167 verschiedene Herbizide resistent waren. Deutschland liegt mit 33 Fällen herbizidresistenter Beikrautarten in Europa auf dem dritten Platz nach Spanien mit 43 und Frankreich mit 56 gemeldeten Fällen.²⁸

Um das Risiko von Resistenzbildung, Ernteverlust und Ertragsseinbußen zu minimieren und nachhaltig zu wirtschaften, muss nicht-chemischer Pflanzenschutz Vorrang vor der chemischen Kontrolle von Schadorganismen mit Pestiziden erhalten. **Präventive Strategien und nicht-chemische Maßnahmen** wie vielfältigere Anbausysteme, die Verwendung von unempfindlichem Saatgut und eine stärkere Nutzung ökologischer Wechselwirkungen können ein erhöhtes Aufkommen von Schadorganismen bereits im Vorfeld verringern. Eine Schlüsselrolle kommt einer vielgliedrigen Fruchtfolge zu. Darunter versteht man den abwechslungsreichen Anbau verschiedener Kulturpflanzen in zeitlicher Abfolge auf einer Anbaufläche. Die in den letzten Jahrzehnten zunehmenden Möglichkeiten des chemischen Pflanzenschutzes führten jedoch zu einer zeitlichen Verengung der Fruchtfolgen. Wenn allerdings häufig oder ausschließlich die gleichen Kulturpflanzen in dichten Beständen über viele Jahre hinweg in sogenannten Monokulturen angebaut werden, wird schädlichen Organismen jahrelang ein „Schlaraffenland“ geboten und deren massenhafte Vermehrung begünstigt. Eine Ausbreitung kann u. a. mit vielgliedrigen Fruchtfolgen unterbunden werden, da den Organismen nicht genug Zeit geboten wird, sich bis zum Erreichen von Schadschwellen zu vermehren. Als Schadschwelle wird die Befallsdichte mit „Unkräutern“ und Ernteschädlingen bezeichnet, ab der eine Bekämpfung aus ökonomischer Sicht sinnvoll erscheint, d. h. ab wann die Ertragsausfälle höhere Kosten verursachen können als die Bekämpfung der Schaderreger.

4.4 Die Menge macht das Gift?

Etwa die Hälfte der Gesamtabsatzmenge an Pflanzenschutzmitteln sind Herbizide. Pauschale Rückschlüsse, dass von den am meisten verkauften Pflanzenschutzmitteln das größte Umweltrisiko ausgeht, sind aber nicht möglich. Der Grund dafür ist, dass Pestizide je nach Wirkmechanismus entweder in sehr hohen oder schon bei sehr kleinen Dosen die gleiche Wirkung erzielen können. Die Absatzmenge eines Wirkstoffs lässt also keine Aussagen darüber zu, welche Gefahr davon ausgeht, d. h. wie giftig dieser für Nicht-Zielorganismen ist und wie sich der Stoff in der Umwelt verhält.



In den Jahren 2012 bis 2015 wurde zum Beispiel jährlich eine etwa 20-fach höhere Menge des Herbizids Glyphosat (5.095 Tonnen) verkauft als vom Herbizid Diflufenican (253 Tonnen). Vergleicht man jedoch nach drei Wochen die Toxizität (Giftigkeit) der Herbizide Glyphosat und Diflufenican, beispielsweise auf den Standard-Testorganismus Wasserfloh, so schädigt Diflufenican (0,052 mg/l) die Tiere bereits bei einer 240-fach geringeren Konzentration als Glyphosat (12,5 mg/l). Auch Auswirkungen auf Fische treten bereits bei etwa 66-fach geringeren Konzentrationen auf (Glyphosat 1,0 mg/l vs. Diflufenican 0,015 mg/l).²⁹

Nicht nur die Toxizität auf Nicht-Zielorganismen, sondern auch die Toxizität zwischen nicht-wirkungsgleichen Pestiziden, also zwischen Herbiziden, Fungiziden und Insektiziden, unterscheidet sich stark. Insektizide sind schon in sehr geringen Mengen hochwirksam. Sie sind deshalb keinesfalls weniger schädlich für die Umwelt als Herbizide, obwohl auf Insektizide nur etwa fünf Prozent der Gesamtabsatzmenge entfallen. Das Gefährdungspotenzial durch einen Wirkstoff wird von der Toxizität und dem Umweltverhalten angezeigt. Es gibt aber keinen Aufschluss darüber, wie wahrscheinlich die Organismen den Pestiziden in der Umwelt ausgesetzt sind. Weder die Absatzmenge noch das Gefährdungspotenzial lassen pauschale Rückschlüsse darüber zu, wie die Pestizide in der Umwelt eingesetzt bzw. wie viele Wirkstoffe auf welcher Fläche verteilt werden. Diese Informationen sind aber wichtig, um die Wahrscheinlichkeit einschätzen zu können, dass Organismen in der Umwelt mit dem Wirkstoff in Berührung kommen. Vergleicht man zum Beispiel die Flächen, die in den Jahren 2012 bis 2015 mit Glyphosat (3.382.363 Hektar) und mit Diflufenican (2.940.931 Hektar) behandelt wurden, so sind diese annähernd gleich groß, obwohl von Diflufenican 20 Mal weniger verkauft wurde. Man braucht daher eine etwa 20-fach höhere Menge an Glyphosat als Diclofenican, um die gleiche Fläche zu behandeln.

Neben der Menge, der Toxizität und der behandelten Fläche ist auch die Anzahl der Behandlungen wichtig. Denn mit steigender Intensität des Einsatzes steigt in der Regel auch die Exposition, d. h. die Menge an Pestiziden insgesamt und die Wahrscheinlichkeit, dass die Organismen diesen ausgesetzt sind. Um Aussagen über das Risikopotenzial treffen zu können, also über die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wirkstoff in der Umwelt negative Auswirkungen auslöst, sind deshalb sowohl Kenntnisse über die Gefahr (Toxizität und das Umweltverhalten des Wirkstoffs) als auch über die Exposition notwendig (siehe auch Kapitel 6 Wie werden Pestizide geprüft?). Zudem können weitere Umweltfaktoren (siehe Abschnitt 4.5 Pestizide wirken selten allein), indirekte Effekte (siehe Abschnitt 4.6 Pestizide wirken direkt und indirekt) und Mischungen (siehe Kapitel 3 Gekommen um zu bleiben? Eintragungspfade und Umweltbelastung) das Risikopotenzial stark erhöhen und die Abläufe im Ökosystem beeinflussen (siehe Abschnitt 4.7 Pestizide beeinflussen Prozesse im Ökosystem).

4.5 Pestizide wirken selten allein

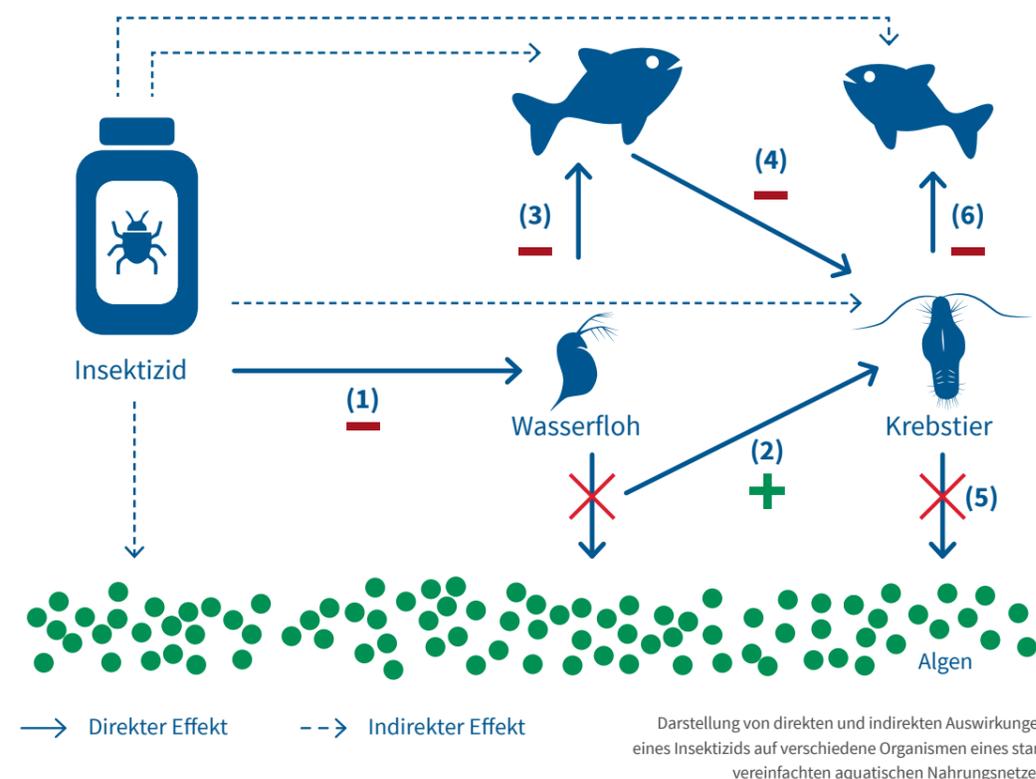
Wenn Individuen durch Pestizide geschwächt sind, reagieren sie oftmals um ein Vielfaches empfindlicher auf verschiedene Einflussfaktoren, die in Ökosystemen gleichzeitig bestehen. Dazu zählen abiotische Faktoren wie Temperatur, pH-Wert, Niederschlag und biotische Faktoren wie Individuen der gleichen oder anderer Arten, die die Organismen durch Interaktionen beeinflussen können. Das geschieht beispielsweise, wenn sie um Lebensraum, Fortpflanzungspartner oder Futter mit anderen Individuen konkurrieren, mit ihnen in einer Räuber-Beutebeziehung stehen oder von Parasiten befallen sind. Organismen können Stress nur bis zu einem bestimmten Ausmaß tolerieren und reagieren immer empfindlicher, je mehr Stressfaktoren sie ausgesetzt sind. Durch Pestizide geschwächte Zooplanktongemeinschaften reagieren beispielsweise um bis zu hundert Mal empfindlicher auf ein verringertes Nahrungsangebot oder erhöhten Wettbewerbsdruck mit Artgenossen. Zudem können sich auch die Wirkungen von Pestiziden gegenseitig verstärken, sodass diese überdurchschnittlich stark auf Organismen wirken. Je mehr Wirkstoffe gleichzeitig ausgebracht werden oder sich noch als Rückstände im Ökosystem befinden, desto stärker können diese auf Organismen wirken³⁰. Abiotische Faktoren wie etwa der natürliche und gute ökologische Zustand von Gewässerabschnitten können jedoch auch dazu beitragen, die negativen Effekte von Pestiziden auf Populationen abzumildern.

4.6 Pestizide wirken direkt und indirekt

Der Aufbau und die Prozesse in der Natur sind zu komplex, um sie als Ganzes auf einmal zu erfassen. Die Auswirkungen auf verschiedene Bestandteile des Ökosystems – von der Zelle bis zum Organismus – werden deshalb oft zunächst einzeln betrachtet. Untersucht werden dazu meist die direkten Effekte, d. h. wie sich ein Pestizid direkt auf einen Organismus auswirkt. Organismen interagieren in Ökosystemen allerdings mit einer Vielzahl an weiteren abiotischen und biotischen Faktoren. Zu letzteren zählen Individuen der gleichen oder anderer Arten wie konkurrierende Individuen, Beutearten und/oder Fressfeinde. Werden die Wechselwirkungen mit diesen Individuen in der Folge eines direkten Effekts verändert, spricht man von indirekten Effekten.

Ein direkter Effekt eines Insektizids in einem Gewässer kann beispielsweise die langfristige Reduktion der Fortpflanzungsfähigkeit von Wasserflöhen sein (1). Konkurrierende Krebstierchen können vom direkten Effekt des Insektizids – dem Zusammenbruch der Wasserflohpopulation – profitieren, wenn sie selbst unempfindlich gegenüber dem Insektizid sind. Grund dafür ist, dass weniger Konkurrenz um die gemeinsame Nahrung (Algen) herrscht und sich das Nahrungsangebot für Krebse deshalb erhöht (2). Der Eintrag des Insektizids hätte somit einen indirekten, positiven Effekt auf Krebstierchen. Es wären aber auch die Fressfeinde der Wasserflöhe betroffen (3), weil ihre Nahrung dezimiert wurde. Um nicht zu verhungern, müssten die Fressfeinde von Wasserflöhen deshalb auf Krebstierchen als Futterquelle ausweichen (4). Das würde den anfänglichen Vorteil der weniger empfindlichen Krebstierchen schnell aufheben, weil diese nun nicht nur von ihren eigenen, sondern auch von den Fressfeinden der Wasserflöhe gefressen würden. Der verringerte Bestand der Krebse könnte sich einerseits positiv auf das Algenwachstum auswirken (5), hätte aber auch Auswirkungen auf die ursprünglichen Räuber der Krebstierchen (6), weil diese so weniger Nahrung zur Verfügung hätten.

In diesem einfachen Beispiel würde das Insektizid direkt zum Rückgang der Wasserflöhe und indirekt zum Rückgang von Krebstierchen und beiden Räuberarten sowie zu einer raschen Vermehrung von Algen führen. In realen Systemen sind nachgelagerte Prozesse weitaus komplexer und ziehen eine Vielzahl an Auswirkungen auf weitere Organismen nach sich, die nicht auf den ersten Blick erkennbar sind.



Indirekte Effekte

- sind oftmals nur sehr schwer und nicht anhand der Stoffeigenschaften herzuleiten und treten aufgrund vielfacher Vernetzung der Bestandteile von Ökosystemen häufiger auf. Sie führen zu sehr viel **weitreichenderen Auswirkungen** als die direkten Auswirkungen des Pestizids.
- können sich **über mehrere Stufen hinweg** im Nahrungsnetz ausbreiten und die Zusammensetzung, Struktur und Dynamik eines Ökosystems verändern.
- können auch dann noch auftreten, wenn die **Ursache** – das Pestizid – **schon nicht mehr nachweisbar** ist. Beispielsweise führt die Beseitigung von Ackerbegleitkräutern auf großen Flächen dazu, dass vielen Lebewesen das Futter und der Lebensraum entzogen wird.
- sind **nicht in Zulassungsprozessen abgebildet** und dürfen nach juristischer Argumentation der Antragsteller auch nicht betrachtet werden (siehe Abschnitt 6.3 Geprüft ist nicht gleich sicher – Schwachstellen im Prüfsystem).

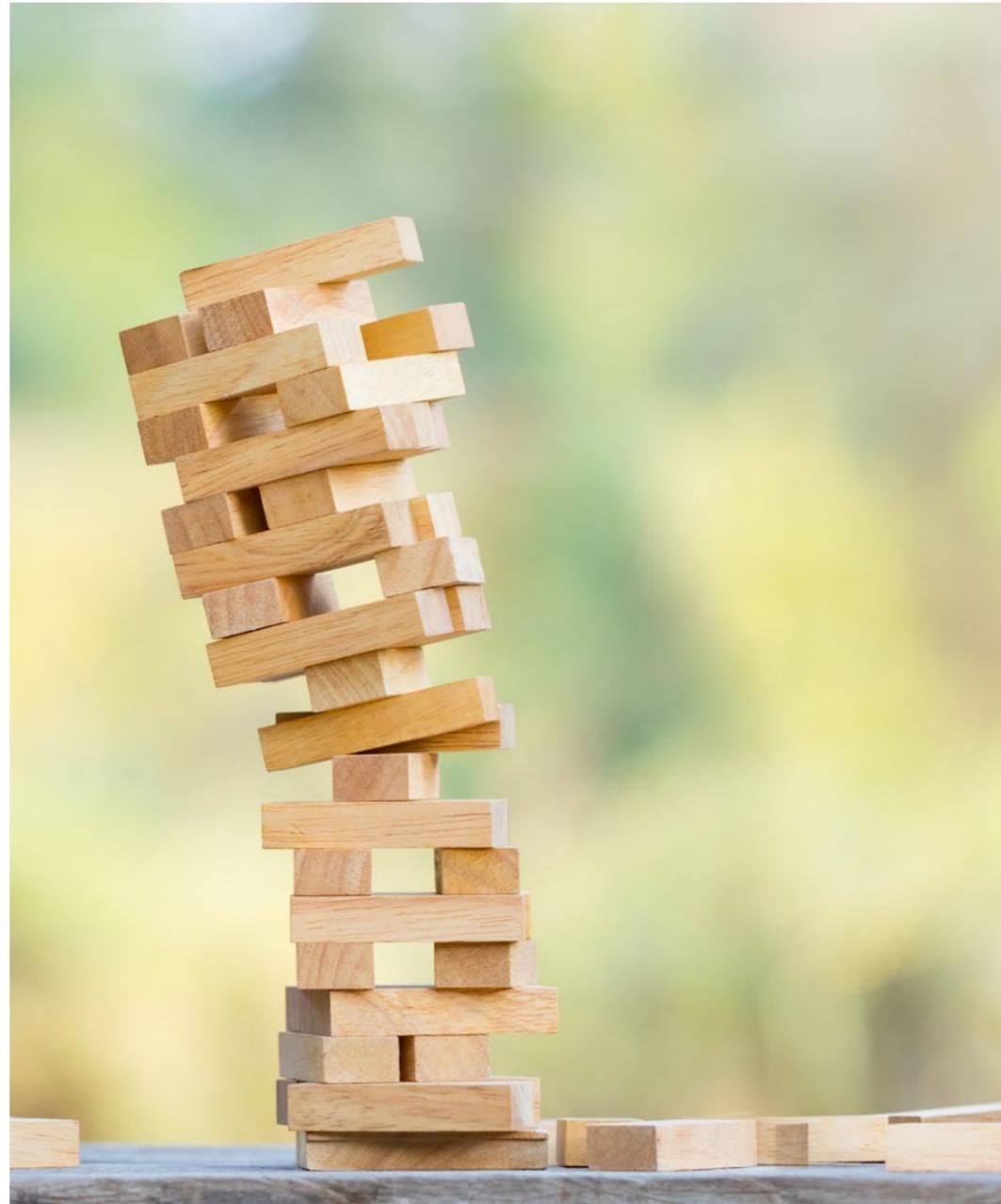
4.7 Pestizide beeinflussen Prozesse im Ökosystem

Der Artenreichtum unserer Natur ist untrennbar mit der Leistungsfähigkeit unserer Ökosysteme gekoppelt. Um zu verstehen, wie Schadstoffe Ökosysteme aus dem Gleichgewicht bringen und deren Funktionsfähigkeit beeinträchtigen können, ist zunächst ein Verständnis davon nötig, wieso die biologische Artenvielfalt eine so große Rolle für die Funktionsfähigkeit eines Ökosystems spielt.

Prinzipiell sind der Aufbau und die Funktionen eines Ökosystems vergleichbar mit denen eines Unternehmens, das Dienstleistungen erbringt oder Wirtschaftsgüter produziert. Die kleinste organisatorische Einheit entspricht im Unternehmen einer Arbeitsstelle und im Ökosystem einem Organismus (z. B. Mikroorganismus, Tier oder Pflanze). In einem Unternehmen sind verschiedene Mitarbeiter*innen in aufeinander abgestimmten Teams und Prozessen organisiert. Sie sind für die Warenannahme, Produktion oder den Absatz zuständig. In Ökosystemen übernehmen beispielsweise spezialisierte „Zerstörer“-Arten (Destruenten) den Abbau von abgestorbenem organischen Material, andere Arten speichern Kohlenstoff, filtern Wasser oder stellen Nahrung und Lebensraum bereit. Alle Teams bzw. Arten sind durch verschiedene Prozessabläufe miteinander verbunden, und jedes Glied des Netzes erfüllt eine von mehreren aufeinander abgestimmten Aufgaben. Deshalb ist keine der Arten ohne weiteres durch eine andere ersetzbar.

Nur wenn alle Posten besetzt sind, ist das Unternehmen bzw. das Ökosystem funktionsfähig und ein reibungsloser Prozessablauf ist möglich. Je weniger Mitarbeiter*innen sich an Prozessabläufen beteiligen, weil sie möglicherweise durch Krankheit ausfallen, desto weniger kann das Unternehmen leisten. In einem Ökosystem ist es ähnlich – führt Schadstoffbelastung zur Schädigung und dem allmählichen Verlust empfindlicher Arten, nimmt die Funktionsfähigkeit des Ökosystems ab. Die Schädigung bzw. der Verlust von Arten oder Mitarbeiter*innen in Schlüsselgruppen (z. B. Manager*innen im Unternehmen) hätte schneller „sichtbare“ Folgen für das System als der Verlust anderer. Der schleichende Verlust letzterer und die infolgedessen eingeschränkte Funktionsfähigkeit des Systems könnte zunächst sogar unbemerkt bleiben. Grund dafür ist, dass in einer Firma der Verlust einzelner Mitarbeiter*innen die Produktionsabläufe zunächst nicht zum Erliegen bringen, wenn andere Mitarbeiter*innen mit ähnlicher Funktion deren Aufgaben kompensieren. Ähnlich würden die Aufgaben verlorener Organismen anfangs u. U. noch durch häufiger vorkommende und widerstandsfähigere Arten mit ähnlichen Ökosystemfunktionen ausgeglichen. Damit ein Ökosystem unter konstanten Bedingungen funktionieren kann, darf aber eine bestimmte Anzahl an Arten nicht unterschritten werden. Es ist nicht bekannt, wie viele und welche Arten für die Funktionsfähigkeit eines Ökosystems ausschlaggebend sind, da eine solche Betrachtung auf Grund der Komplexität der Parameter kaum möglich ist. Ebenso nicht, ob diese Arten, die unter den heute vorherrschenden Umweltbedingungen die Funktionsfähigkeit eines Ökosystems sicherstellen, die gleichen sind, die dies auch unter zukünftigen Umweltbedingungen tun werden.

Eine Prognose darüber, wie stark sich der Bestand nachgeordneter Nahrungsstufen infolge eines Pestizideintrags verändern wird und wie widerstandsfähig ein Ökosystem gegenüber Schadstoffen ist, bleibt aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren eine große Herausforderung. Um die Frage nach den Risiken von Pestiziden für Ökosysteme beantworten zu können, reicht es daher nicht aus, die Menge und die Toxizität der vorliegenden Pestizide sowie die behandelte Fläche und die Anzahl der Behandlungen zu berücksichtigen. Ein betroffenes Ökosystem muss als Gesamtsystem betrachtet werden. Genau das wird im Zulassungsprozess aber nicht getan (siehe Abschnitt 6.3 Geprüft ist nicht gleich sicher – Schwachstellen im Prüfsystem).



Die fortschreitende Schädigung und der Verlust von Arten bringen Ökosysteme zunehmend aus dem Gleichgewicht und beeinträchtigen ihre Funktionsfähigkeit – dies hat für die Umwelt, die Natur und uns Menschen unberechenbare Folgen.

Wirkungen und Schädigungen im Überblick – Fachbegriffe erklärt

Wirkung	Schädigung
Art und Zeit	Direkt: Die Wirkung schädigt das Lebewesen selbst.
	Indirekt: Die Wirkung wird durch veränderte Wechselbeziehungen mit weiteren Organismen infolge eines direkten Effekts verursacht.
	Akut: Die Wirkung tritt sofort oder kurze Zeit nach dem Kontakt mit dem Schadstoff auf.
	Chronisch: Die Wirkung führt meist nicht zum Tod (s. u. subletal) und tritt nach längerem Kontakt mit geringen Schadstoffkonzentrationen über einen längeren Zeitraum auf.
	Reversibel: Die Wirkung tritt auf, solange der Schadstoff an die Rezeptoren gebunden ist oder anderswo am Wirkort vorliegt. Rezeptorbindungen können jedoch gelöst und Stoffwechselfunktionen sowie Zell- oder Organschäden durch Reparaturprozesse regeneriert werden.
	Irreversibel: Die Wirkung schädigt den Organismus langfristig, weil die Schädigungen durch Reparaturprozesse nicht rückgängig gemacht werden können.
Intensität	Letal: Die Schädigung ist so stark, dass sie zum Tod des Organismus führt.
	Subletal: Der Organismus wird geschädigt (z. B. Stoffwechselprozesse, Verhalten oder Fortpflanzungsfähigkeit), aber die Schädigung führt nicht zum Tod.
Mechanismus	Selektiv: Die Wirkung zielt auf spezifische Stoffwechselprozesse, Zelltypen und/oder auf bestimmte Arten ab.
	Nicht selektiv: Die Wirkung ist nicht zielgerichtet und beeinträchtigt mehrere Stoffwechselprozesse, Zelltypen und Arten.
Ökologische Relevanz	Auswirkung auf die Ökosystemstruktur: Strukturveränderungen treten auf, wenn die Schädigung zu Veränderungen der Artenvielfalt, Populationsdichte (Anzahl der an einem bestimmten Ort vorhandenen Individuen der gleichen Art) sowie Wechselbeziehungen zwischen Organismen im Ökosystem führt. Strukturveränderungen können zu Einschränkungen der Funktionsfähigkeit des Ökosystems führen.
	Auswirkung auf Ökosystemfunktionen: Schädigungen von Ökosystemfunktionen, wie z. B. die Produktion von Biomasse durch Pflanzen, die Filtrierung von Wasser oder die Speicherung von Kohlenstoffdioxid, können zu grundlegenden Veränderungen des Zustands der Ökosysteme selbst führen.



5. Auswirkungen auf Nicht-Zielorganismen

Pestizide vernichten nicht nur die zu bekämpfenden Tiere und Pflanzen, sondern schädigen auch Nicht-Zielorganismen. Eine genaue quantitative Bestimmung der Pestizide als Einflussgröße auf den Artenverlust ist in der Umwelt aufgrund der vielen sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren aber meist nicht möglich. Zum Beispiel führen auch der verstärkte Anbau von wenigen Kulturarten, der Verlust von Strukturelementen wie Hecken und Sträuchern und die vergrößerten Anbauflächen dazu, dass immer weniger Nahrung und Lebensraum für eine Vielzahl an Organismen vorhanden ist. Diese im Zusammenhang mit der intensivierten Landnutzung häufig aufgeführten Faktoren können die seit Jahrzehnten dokumentierten Artenrückgänge allerdings nicht allein erklären. Pestizide sind als einer der zentralen Verursacher für den Rückgang der Insektenpopulationen sowie für Verluste der Artenvielfalt mitverantwortlich³¹⁻³³. Die umfangreiche Literatur kann in der vorliegenden Broschüre nicht gänzlich abgebildet werden. Deshalb stellen wir nachfolgend anhand ausgewählter Beispiele die Auswirkungen von Pestiziden auf einige Artengruppen dar.

5.1 Auswirkungen auf Ackerbegleitflora

Flächen mit hohem Naturwert wie artenreiches Magergrünland, extensiv bewirtschaftete Äcker, Weinberge und Brachen verfügen meist über eine höhere Artenvielfalt. Sie beherbergen seltene, spezialisierte Tier- und Pflanzenarten, die in der intensiv genutzten Landschaft keine Überlebenschancen mehr haben. Der High Nature Value Farmland Indikator, der den Zustand dieser Flächen abbildet, zeigt seit etwa zehn Jahren rückläufige Werte. Eine wesentliche Ursache für den Rückgang der meisten heute in ihrem Bestand bedrohten Wildkräuter und Gräser ist der flächendeckende Einsatz von Herbiziden. Diese beeinflussen die Artenzusammensetzung und die Häufigkeit von Wildkräutern und Gräsern sowohl auf Äckern wie auch auf angrenzenden, unbehandelten Flächen.

Etwa ein Drittel der typischen Ackerwildkrautarten ist gefährdet und ihr Bestand hat in den letzten Jahren massiv abgenommen. Wo ehemals noch 20 bis 30 Arten an Ackerkräutern zu finden waren, sind es heute noch etwa fünf bis sieben Arten – dabei handelt es sich oft um herbizidtolerante Gräser und andere Generalisten.³⁴

Die bislang umfassendste Auswertung von Pflanzendaten aus Deutschland zeigt, dass über 70 Prozent der mehr als 2.000 untersuchten Gräser- und Kräuterarten seit den 1960er-Jahren rückläufige Entwicklungen von durchschnittlich 15 Prozent verzeichnen. Dieser Trend zeichnet sich auf einer Fläche über ganz Deutschland hinweg ab und zu den Verlierern zählen zum großen Teil Arten, die zur Ackerbegleitflora zählen, wie die Saat-Wucherblume, der Echte Frauenspiegel und der Große Klappertopf. Invasive Neophyten, also neu eingeführte Arten ohne natürliche Feinde, wie zum Beispiel das Schmalblättrige Greiskraut, konnten sich hingegen ausbreiten. Diese Zunahme kann die nachgewiesenen Bestandsrückgänge anderer standorttypischer einheimischer Arten nicht ausgleichen, was weitreichende negative Folgen für nachgelagerte Nahrungsstufen und die Zusammensetzung des Ökosystems verursacht.³⁵



Großer Klappertopf

5.2 Auswirkungen auf Insekten

Circa 70 Prozent aller Tierarten in Deutschland sind Insekten wie Käfer, Bienen, Wespen, Ameisen, Schmetterlinge oder Fliegen. Sie sind teilweise oder ganz für die Bestäubung von etwa 80 Prozent der Nutzpflanzen sowie mehr als 90 Prozent der Wildpflanzen zuständig und gleichzeitig Futterquelle für eine Vielzahl an anderen Arthropoden, Fischen, Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugetieren. Die Insektenvielfalt ist deshalb für funktionierende Ökosysteme von extrem hoher Bedeutung. Dennoch gehen die Insektenbestände kontinuierlich zurück. Sogar in deutschen Naturschutzgebieten ist die Biomasse fliegender Insekten in den letzten 30 Jahren um 75 Prozent gesunken³⁶. Auch auf Wiesen, Weiden und im Wald wurden in nur zehn Jahren etwa 35 Prozent weniger Insektenarten gezählt³⁷. Laut Roter Liste sind von den etwa 7.800 bearbeiteten Insektentaxa bezogen auf ganz Deutschland knapp 5 Prozent der Insektenarten bereits ausgestorben. Weitere 7 Prozent sind vom Aussterben bedroht, 10 Prozent stark gefährdet, 12 Prozent gefährdet und 4 Prozent gelten als ebenfalls bestandsgefährdet. Mangels ausreichender Daten können letztere aber nicht eingestuft werden. Demnach ist weit mehr als ein Drittel (etwa 38 Prozent) der Insektenarten, die in der Roten Liste betrachtet werden, als ausgestorben oder bestandsgefährdet einzustufen.³⁸ Die 557 in der Roten Liste bewerteten Wildbienenarten sind überdurchschnittlich stark betroffen. Davon sind 48 Prozent der Arten als ausgestorben oder bestandsgefährdet einzustufen, nur etwa 37 Prozent gelten als ungefährdet³⁹. Die Ursachen dafür sind u. a., dass Lebensräume verloren gehen, es weniger Vielfalt in der Landschaft gibt und Pestizide in Böden und Gewässer eingetragen werden.

Pestizideinsätze bedrohen Insekten aber nicht nur, wenn sie überspritzt werden, sondern auch, wenn sie sich auf behandelten Bodenoberflächen bewegen und die Blüten behandelter Pflanzen besuchen oder deren Pollen und Nektar sammeln. Hummeln erzeugen zum Beispiel weniger Arbeiterbienen, Königinnen und Männchen, wenn sie ihr Futter in der Nähe oder auf Rapsfeldern suchen, die mit Neonikotinoiden behandelt wurden⁴⁰. Das Immunsystem, Lern-, Orientierungs- sowie Flugverhalten von Insekten kann bereits durch solch geringe Dosen geschwächt werden, wie sie mit dem Nektar und Pollen aufgenommen werden. In einer Erhebung im Jahr 2018 wurden Rückstände von 90 verschiedenen Wirkstoffen in 92 Prozent des untersuchten Bienenbrots nachgewiesen, das an junge Bienen verfüttert wird²⁴. Dies kann die Tiere anfälliger für Parasiten und Krankheiten machen, sodass sie die Überwinterung nicht überleben, zu leichter Beute für Fressfeinde werden oder die Route zu ihrem Staat oder ihrer Nistmöglichkeit nicht mehr finden^{41,42}.

Die Auswirkungen von Herbiziden auf Bestäuberorganismen sind komplexer als die von Insektiziden, weil sie die Artenzusammensetzung und die Häufigkeit der Futterpflanzen und den Lebensraum von Insekten beeinflussen. Das vermeintliche Ideal des „sauberen“ Ackers trägt dazu bei, dass Lebensraum

Ein Großteil der in Deutschland vorkommenden Wildbienen nistet im Boden. Sie werden nicht nur durch die Verunreinigung von Futter und Lebensraum geschädigt, sondern auch durch den Rückgang ihrer Futterquelle, der Ackerbegleitflora.



und Nahrung für Insekten extrem reduziert werden³⁴. Studien zeigen, dass insbesondere die Bestände von Bestäuberarten, die auf nur wenige Pflanzenarten spezialisiert sind, stark sinken.⁴³ Insekten, die weniger spezifische Anforderungen an ihren Lebensraum und an ihr Futter stellen, also flexibel auf eine breitere Auswahl von Nahrungs- oder Wirtspflanzen und Lebensräume ausweichen können, sind besser in der Lage, die Folgen von Herbizideinsätzen zu tolerieren.

5.3 Auswirkungen auf Bodenorganismen

Eine Vielzahl an Organismen wie Springschwänze, Milben, Fadenwürmer und Einzeller leben im Boden. In einem Gramm Ackerboden können sich etwa vier bis 16 Tausend verschiedene Bakterienarten und weit mehr als 100 Milliarden Individuen befinden. Tiere wie Regenwürmer durchlüften den Boden, vermischen Erdschichten, erhöhen den Nährstoffgehalt des Bodens und sind Nahrung für viele weitere Lebewesen wie Vögel oder Maulwürfe.



Regenwürmer und viele andere Bodenorganismen nehmen Pestizide besonders schnell auf.

Studien zu den Auswirkungen von Pestiziden auf Regenwürmer berichten beispielsweise von geringerer Futtermittelaufnahme, gestörten Stoffwechselprozessen, erhöhten Sterblichkeitsraten, verringerter Fruchtbarkeit und geringerem Wachstum der Würmer, wenn diese mit Pestiziden in Kontakt kommen. Dabei wirken sich insbesondere Insektizide und Fungizide negativ auf das Überleben und die Fortpflanzung der Tiere aus⁴⁴. Vor allem intensiv bewirtschaftete Böden werden stark durch den Einsatz von Pestiziden beeinträchtigt, sodass die Artenvielfalt in vielen landwirtschaftlich genutzten Böden Europas bereits als gefährdet eingestuft wird⁴⁵. Insektizide wirken zum Beispiel auch auf Springschwänze (Collembolen), die wesentlich an der Bildung von Humusschichten beteiligt sind, und Fungizide beeinträchtigen Bodenpilze, die wichtig für die Nährstoffzyklen sind. Aus diesem Grund wirken sich Pestizide auch negativ auf Bodenfunktionen und Prozesse wie Nährstoffkreisläufe, die Bindung von atmosphärischem Stickstoff und Kohlenstoff, die Zersetzung organischer Stoffe sowie in der Folge auf die Fruchtbarkeit der Böden aus.

Pestizide gelangen nicht nur durch oberflächliche Spritzungen auf und in Böden. Sie können sich im Boden auch von behandeltem Saatgut lösen und sich dann großflächig verteilen. Eine Studie wies beispielsweise von Saatgut abgelöste Neonikotinoide in etwa 90 bis 100 Prozent der Bodenproben auf behandelten Feldern

nach. Auch in zwei Meter entfernten, angrenzenden und unbehandelten Feldrändern konnten die Wirkstoffe noch in 50 bis 90 Prozent der Bodenproben sowie in bis zu 7 Prozent der dort wachsenden Wildkräuter nachgewiesen werden. Die Artenvielfalt der Bienen nahm deshalb mit steigender Neonikotinoid-Konzentration der Böden auch auf angrenzenden Feldrändern ab.⁴⁶ Viele Bodenorganismen können also auf behandelten wie auf unbehandelten Böden durch Pestizide geschädigt werden, wenn diese nicht durch direkte Spritzung, sondern mit Saatgutbehandlungen in den Boden gelangen. Dies gilt auch für Insekten wie Ameisen, Käfer, Schmetterlinge, Fliegen, Mücken und Zikaden, die ihre Larvalstadien im Boden verbringen oder darin nisten – so wie etwa 70 Prozent der in Deutschland lebenden und bodennistenden Wildbienenarten.

5.4 Auswirkungen auf Gewässerorganismen

Eine Vielzahl an Insekten wie Libellen, Mücken oder Käfer verbringt zumindest einen Teil des Lebens in Gewässern, meist in Larvalstadien. Mit weiteren Vertretern des Zooplanktons wie Wasserflöhen oder Flohkrebse sind Gewässerorganismen wichtige Futterquelle für eine Vielzahl an Tieren wie Insekten, Amphibien und Fischen. Die Artenvielfalt bestimmter wirbelloser Organismen in Fließgewässern in Deutschland und Frankreich wurde aber durch die Belastung mit Pestiziden regional bereits um bis zu 42 Prozent reduziert, und dies bei Konzentrationen, die nach den gültigen Rechtsvorschriften als nicht umweltschädlich gelten⁴⁷. Dies verdeutlicht, dass das tatsächliche ökologische Risiko im derzeitigen Zulassungsverfahren unterschätzt wird, wonach solche negativen Auswirkungen verhindert werden sollten (siehe Abschnitt 6.3 Geprüft ist nicht gleich sicher – Schwachstellen im Prüfsystem). Auch eine Auswertung von internationalen Pestizidstudien aus über 70 Ländern bestätigte, dass die Artenvielfalt von wirbellosen Gewässerorganismen regional bereits um etwa 30 Prozent geschrumpft ist⁴⁸.

Weitere Studien zeigen, dass Ökosystemfunktionen wie der Abbau von Laubstreu und die Primärproduktion in Süßwasserökosystemen schon bei bis zu 1.000-mal geringeren Pestizidkonzentrationen gestört werden als solchen, die in aquatischen Ökosystemen als unproblematisch gelten⁴⁹. Die Zersetzung von organischem Material ist in Ökosystemen ein wichtiger Prozess, der die Speicherung von Kohlenstoff sowie die Nährstoffkreisläufe beeinflusst. Untersuchungen an nachgelagerten Standorten von Kläranlagenabläufen zeigten, dass die Abbauraten von organischem Material wie Pflanzenresten schon um etwa die Hälfte (53 Prozent) verringert wird, weil die Pestizidbelastung die Artenzusammensetzung von wirbellosen Organismen um bis zu 40 Prozent reduzieren kann¹⁶. Auch Mikroben wie Bakterien und Pilze spielen beim Abbau von organischem Material in aquatischen wie auch in terrestrischen Ökosystemen eine wichtige Rolle. Sie können schon bei geringen Pestizidkonzentrationen geschädigt werden. So wurde in einer Studie eine bis zu 30 Prozent geringere mikrobielle Blätterzersetzung bei Kupfer- und Schwefelbelastung in Konzentrationsbereichen gemessen, die in Oberflächengewässern in der Nähe von landwirtschaftlich genutzten Flächen realistisch sind. Anorganische Fungizide wie etwa Kupfer und elementarer Schwefel sind sowohl für den konventionellen als auch für den ökologischen Landbau zugelassen. Kupfer führte zudem zu einer bis zu 60 Prozent geringeren Bakteriendichte und veränderte die Zusammensetzung der Pilzgemeinschaft. Veränderungen der Bakteriendichte, der Pilzbiomasse und der Zusammensetzung der Artengemeinschaft können dabei negative Auswirkungen auf nachgelagerte Nahrungsstufen wie etwa kleine wirbellose Tiere, die sich von den zersetzten Blättern ernähren, sowie auf die Funktionen des Ökosystems hervorrufen.⁵⁰

5.5 Auswirkungen auf Amphibien

Die Amphibienpopulationen gehen weltweit in alarmierender Geschwindigkeit zurück. Etwa ein Drittel aller Amphibienarten gilt als bedroht oder rückläufig. Allein in Deutschland steht etwa die Hälfte der Frösche, Lurche und Kröten auf der Roten Liste. Auch sie werden durch die bereits beschriebenen Netzwerkeffekte, so u. a. durch den Rückgang ihrer Futterquellen, geschädigt. Zudem nehmen Amphibien Pestizide besonders leicht über ihre durchlässige Haut auf und kommen in allen Lebensphasen direkt mit

Pestiziden in Kontakt. Viele Amphibienarten begeben sich im Frühjahr auf längere Wanderungen, auf denen sie häufig Felder durchqueren, die mit Pflanzenschutzmitteln behandelt wurden. Am (Laich-)Gewässer angekommen, sind die erwachsenen Tiere wie auch die sich entwickelnden Jungtiere im Embryonal- und Larvalstadium dann häufig den im Wasser gelösten Pestiziden ausgesetzt (siehe auch Kapitel 3 Gekommen um zu bleiben? Eintragspfade und Umweltbelastung). Selbst die Konzentrationen von seit Jahren verbotenen Pestiziden können in Oberflächengewässern noch so hoch sein, dass sie langfristige Auswirkungen auf die Fortpflanzungsfähigkeit und die Bestandsentwicklung haben. So ruft Atrazin beispielsweise eine verringerte Fruchtbarkeit und eine Verweiblichung von männlichen Fröschen hervor.



Amphibien sind von Pestiziden in vielerlei Hinsicht bedroht: ihre Haut ist besonders durchlässig, ihr Lebensraum und die Laichgewässer sind häufig belastet und sie finden immer weniger Futter.

In terrestrischen Habitaten wie Ackerfeldern und in Obstplantagen wird meist die komplette empfohlene Behandlungsmenge an Pestiziden eingesetzt. Bereits eine Studie aus dem Jahr 2013 zeigte, wie sich Behandlungsmengen, die für die landwirtschaftliche Nutzung empfohlen werden, auf Frösche auswirken. Der Studie zufolge starben bei zwei (Fungizide) von sieben getesteten Pflanzenschutzmitteln alle untersuchten Tiere innerhalb einer Woche. Zwischen 40 und 60 Prozent der Tiere starben bei drei weiteren Pflanzenschutzmitteln (Herbizid, Insektizid und Fungizid) innerhalb einer Woche.⁵¹ Die meisten der getesteten Pflanzenschutzmittel sind heute nicht mehr zugelassen. Die verwendeten Wirkstoffe sind allerdings teilweise noch in anderen zugelassenen Pflanzenschutzmitteln enthalten. Eine kürzlich veröffentlichte Studie zeigte zudem Sterblichkeitsraten von bis zu 60 Prozent, eingeschränkte Bewegungsfähigkeit, gestörtes Fressverhalten sowie geringere Überlebensraten von Jungtieren nach zwei Tagen, wenn Frösche etwa 50 Prozent der empfohlenen landwirtschaftlichen Einsatzmenge über die Haut von gespritzten Böden aufnahmen, ohne direkt überspritzt zu werden. Die getesteten Pflanzenschutzmittel sind mitunter die am meisten verwendeten Pflanzenschutzmittel im Weinbau in Deutschland, wo sie bis zu acht Mal pro Saison angewendet werden. Nachdem die Anwendung vieler Pflanzenschutzmittel mit zeitlicher Überschneidung zu Amphibienwanderungen erfolgt, sind Pestizide zweifellos einer der Hauptgründe für den weltweiten Rückgang der Amphibienpopulationen.⁵²



In frühen Entwicklungsphasen sind Tiere wie diese Kaulquappe besonders empfindlich gegenüber Pestiziden.



Der Kiebitz ist der traurige Spitzenreiter im Negativrekord der Bestandsentwicklung von Agrarvögeln – sein Bestand ist seit 1980 um 93 % eingebrochen.

5.6 Auswirkungen auf Vögel und Beutegreifer

Der Verlust von Brachflächen, die Verarmung von Ackerbegleitgräsern und der Rückgang der Insektenpopulationen spiegeln sich deutlich in den rückläufigen Bestandsentwicklungen vieler Vogelarten wider. Seit 1980 sind mehr als zehn Millionen Vogelbrutpaare aus der Agrarlandschaft verschwunden. Besonders stark betroffen sind Vogelarten, die sich von Insekten ernähren – hierzulande insbesondere Kiebitz, Rebhuhn, Grauammer und Feldlerche. Vor allem aufgrund des Einsatzes von Breitbandherbiziden und Insektiziden finden sie immer weniger Brutplätze und Nahrung oder werden direkt durch Pestizide geschädigt, wenn sie beschichtete Samen oder vergiftete Insekten fressen⁵³. In Folge dessen wird häufig eine geringere Fähigkeit zu jagen, sich fortzupflanzen oder zu migrieren festgestellt. Zugvögel, die mit Neonicotinoiden behandelte Samen konsumieren, nehmen beispielsweise weniger Futter zu sich, verlieren an Gewicht und müssen längere Zwischenstopps auf ihren Flugrouten einlegen. Die geschwächten Tiere werden so nicht nur Fressfeinden länger ausgesetzt, sondern es sinken auch ihre Fortpflanzungschancen, weil sie den Zielort später erreichen und die „besten“ Partner bereits vergeben sind.⁵⁴

Greifvögel können Pestizide auch mit Beutetieren aufnehmen – zum Beispiel über Wühlmäuse, die mit diesen Pestiziden bekämpft wurden, oder über Fische, die in belasteten Gewässern leben. Vergiftungen können daher sowohl in terrestrischen als auch in aquatischen Nahrungsketten auftreten. Beispielsweise müssen Rodentizide zwar unzugänglich für Nicht-Zieltiere wie Vögel im Boden platziert werden, damit diese nicht damit in Berührung kommen. Die Nager sterben meist aber erst einige Tage nach dem Verzehr der Köder. Vergiftete Beutetiere können deshalb vor ihrem Tod von Greifvögeln und anderen Räubern wie Füchsen und Mardern verzehrt werden (siehe Abschnitt 3.3 Organismen). Diese sterben meist nicht direkt durch die Pestizide, sondern erleiden Schäden, die zu Verhaltensänderungen, einem verzögerten Reaktionsvermögen und erhöhter Empfindlichkeit für Infektionskrankheiten führen können⁵⁵. Greifvögel und andere Mäusejäger können so von Pestiziden stark beeinträchtigt werden und im Bestand abnehmen. In diesem Zusammenhang können zukünftige Massenvermehrungen etwa von Wühlmäusen stärker ausfallen, weil die natürlichen Feinde durch vorherige Pestizideinsätze geschwächt und in ihrem Bestand dezimiert wurden.

Eine kürzlich veröffentlichte Studie zeigt, dass sich mit zunehmender Urbanisierung die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass sich Greifvögel wie Rotmilane und Habichte mit Rodentizidrückständen vergiften. Das liegt höchstwahrscheinlich daran, dass Raubvögel im städtischen Umfeld häufiger einer Rattenbekämpfung mit Rodentiziden ausgesetzt sind als Vögel im landwirtschaftlichen Raum einer Feldmausbekämpfung.⁵⁶

Nicht nur Pestizide gefährden unsere Natur und Umwelt. In den 1990er-Jahren führte Diclofenac, eines der am häufigsten verschriebenen Veterinär- und Humanarzneimittel, dazu, dass einige Greifvogelarten nahezu ausgerottet wurden. Bei Rindern wirkt es entzündungshemmend, doch verursacht es bei Geiern bereits in geringen Dosen Nierenversagen. Millionen von Geiern verzehrten die Rückstände des Arzneimittels in zuvor damit behandelten toten Rindern in Südasien. Der Bengalgeier, einst häufigster großer Greifvogel der Welt, war mit einem Rückgang um 99,9 Prozent am schlimmsten betroffen. Eine Wiederholung der ökologischen Katastrophe droht auch in Europa, weil Diclofenac für die Behandlung von Rindern, Schweinen und Pferden in Italien und Spanien zugelassen ist, wo etwa 80 Prozent der europäischen Geier leben⁵⁷.

5.7 Auswirkungen auf Fledermäuse

Von den 25 in Deutschland heimischen Arten sind drei akut vom Aussterben bedroht. Vier Arten gelten als stark gefährdet und weitere fünf stehen auf der Vorwarnliste. Fledermäuse haben einen besonders hohen Stoffwechsel und heimische Arten fressen ausschließlich Insekten. Ihr täglicher Bedarf an Insekten ist deutlich höher als der von Vögeln, sodass es die sinkenden Insektenbestände den Tieren besonders schwer machen, ihren hohen täglichen Energiebedarf zu decken. Mit dem hohen Bedarf an Insekten können sie aber auch größere Mengen an Pestiziden aufnehmen. Anfang der 1990er-Jahre wurde beispielsweise von erhöhten Pestizidrückständen in toten Jungtieren berichtet⁵⁸. Die Insekten wurden jedoch nicht direkt an die Jungtiere verfüttert, weil Fledermäuse zu den Säugetieren gehören. Die hohen Pestizidrückstände in den toten Jungtieren weisen darauf hin, dass die Pestizide von der Mutter aufgenommen und durch die Milch an die Jungtiere weitergegeben wurden.

Viele der damals zugelassenen, hochgiftigen und langlebigen Pestizide sind heute nicht mehr zugelassen. Dennoch bedrohen vor allem fettlösliche Pestizide Fledermäuse und andere Säugetiere weiterhin, weil sie die Stoffe in ihren Fettreserven speichern können. Diese werden im Winterschlaf oder während der Stillzeit der Jungtiere abgebaut und damit die gespeicherten Pestizide auf einmal mobilisiert. Die Tiere können so sich selbst wie auch ihre Jungtiere durch die Muttermilch vergiften⁵⁹. Neuere Pestizide wie das Neonicotinoid Imidacloprid können sich laut Studien negativ auf die Funktionen des Stimm-, Hör-, Orientierungs- und räumlichen Gedächtnissystems von Fledermäusen auswirken⁶⁰.

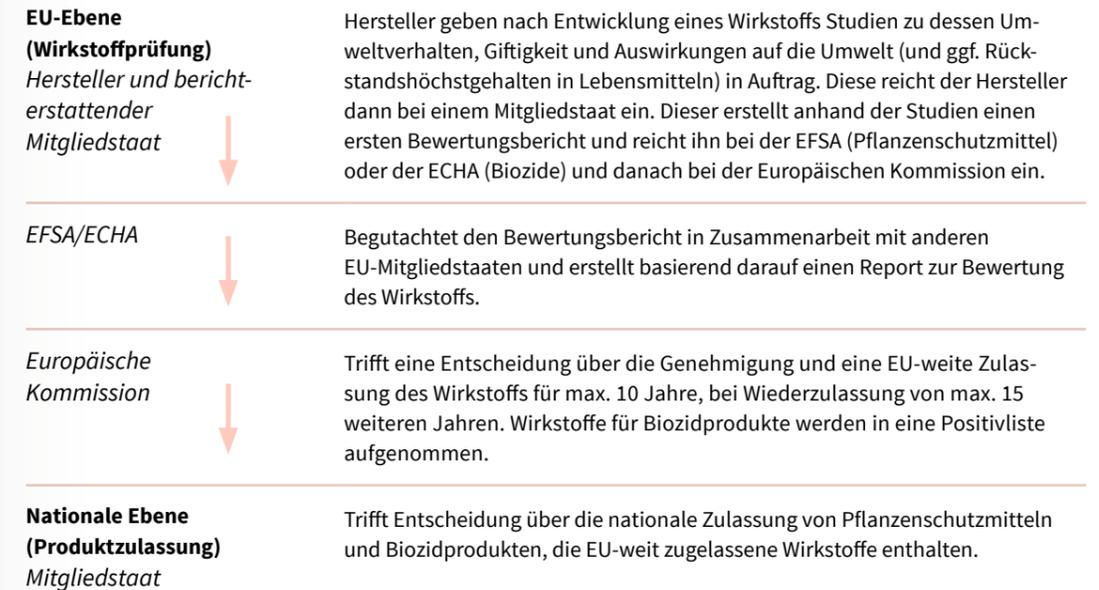


Das Risiko von Pestiziden für Fledermäuse wird – wie auch das für Amphibien und Reptilien – im Zulassungsverfahren nicht gesondert untersucht.



6. Wie werden Pestizide geprüft?

Das Zulassungsverfahren von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten verläuft zweistufig. Bevor Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte in Deutschland zugelassen werden, müssen die enthaltenen Wirkstoffe, also die Substanzen, die letztendlich die gewünschte Wirkung auf den Schadorganismus erzielen, auf EU-Ebene ein Prüfverfahren durchlaufen.



6.1 Was passiert auf EU-Ebene?

Bis Anfang bzw. Mitte der neunziger Jahre wurden Pflanzenschutzmittel und Biozide in der Europäischen Union (EU) weitgehend ungeprüft auf den Markt gebracht. Dies änderte sich mit Inkrafttreten der Pflanzenschutzmittel-Richtlinie (RL 91/414/EWG) im Juli 1991 und der Biozidprodukte-Richtlinie (RL 98/8/EG) im Februar 1998, als EU-weit einheitliche Prüfungs- und Bewertungsgrundlagen geschaffen wurden. Die Richtlinien wurden seither durch die Verordnungen (EG) Nr. 1107/2009 für Pflanzenschutzmittel und (EU) Nr. 528/2012 für Biozidprodukte abgelöst.

Die Industrie soll seither den Nachweis erbringen, dass Stoffe oder Produkte, die erzeugt oder in Verkehr gebracht werden, keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier sowie keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Deshalb müssen Hersteller zur Zulassung neuer Wirkstoffe auf EU-Ebene zunächst einen Zulassungsantrag stellen. Pflanzenschutzmittelhersteller tun dies bei der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) und Hersteller von Biozidprodukten bei der Europäischen Chemikalien Agentur (ECHA). Dazu reichen sie Studien zu Risiken für Verbraucher*innen, Anwender*innen und die Umwelt ein. Wirkstoffe, die fortpflanzungsgefährdend, erbgutschädigend oder krebserzeugend sind, sich im Nahrungsnetz anreichern oder in den Hormonhaushalt eingreifen, unterliegen sogenannten Ausschlusskriterien. Wenn mehrere dieser Kriterien erfüllt sind, ist eine Neuzulassung der Wirkstoffe nicht möglich. Im Falle von Wirkstoffen für Biozidprodukte wurden zu den Ausschlusskriterien allerdings auch Rückausnahmen formuliert. Das heißt, dass ein Wirkstoff verwendet werden kann, obwohl er die Ausschlusskriterien erfüllt, wenn er zwingend für die Bekämpfung von Gefahren

für Mensch, Tier oder Umwelt erforderlich ist. Dieser Fall kann beispielsweise für den Infektionsschutz eintreten oder wenn eine Nichtgenehmigung unverhältnismäßig negative Folgen für die Gesellschaft hätte.

Exposition

Um das Umweltrisiko zu bewerten, wird einerseits die Exposition bestimmt, also wie hoch die Pestizidkonzentration ist, der die Organismen voraussichtlich ausgesetzt sein werden. Für die Bestimmung der Exposition stützt man sich meist auf Modellvorhersagen, die prognostizieren, welche Menge des Pestizids bei bestimmungsgemäßer Anwendung in die Umwelt gelangt. Dafür werden Wirkstoffe in beantragten Formulierungen anhand von einem oder mehreren hypothetischen Anwendungsbeispielen betrachtet. Bei der Wiederzulassung von Wirkstoffen, die schon im Umlauf sind, können hingegen reale Messungen von Umweltkonzentrationen herangezogen werden.



Exposition und Effekte werden meist mithilfe von Computermodellen und mehr oder weniger komplexen Laborstudien untersucht.

Effekte

Andererseits wird ermittelt, ab welcher Konzentration voraussichtlich unannehmbare Auswirkungen auf Organismen auftreten. Dafür wird ein Schutzziel definiert, wie z. B. der Schutz von Nicht-Wirbeltier- und Wirbeltierpopulationen vor langfristigen Auswirkungen des Pestizids. Bei akuten Auswirkungen auf Vögel und Säuger gilt der Schutz hingegen dem Individuum. Das Risikobewertungssystem verläuft dabei oft mehrstufig und es werden mehrere oder unterschiedlich komplexe Tests herangezogen, die in verschiedenen Leitfäden beschrieben sind. So wird die Effektkonzentration mithilfe von standardisierten Laborstudien oder (Halb-)Freilandversuchen ermittelt. Letztere sind zwar realistischer als Labortests, sie sind aber in der Durchführung und Auswertung oft sehr anspruchsvoll, nur eingeschränkt nutzbar oder liefern nicht alle benötigten Daten. Deshalb werden sie von Herstellerfirmen im Vergleich zu einfacheren Laborversuchen nur selten durchgeführt.

Aufgrund der hohen Anzahl an Arten eines Ökosystems ist es außerdem unmöglich, die Auswirkungen auf alle Nicht-Zielorganismen zu bewerten. Aus diesem Grund werden für Toxizitätsstudien gemäß Stellvertreterprinzip repräsentative Vertreter für verschiedene Stufen des aquatischen und terrestrischen Nahrungsnetzes untersucht. Diese sollen stellvertretend für andere Arten der gleichen oder einer ähnlichen Pflanzen- oder Tiergruppe das Risiko abbilden. Zu diesen Stellvertreterarten zählen Grünalgen, höhere Pflanzen, Wasserflöhe, Regenwürmer, Honigbienen, Hummeln, Fische, Vögel und Säugerarten.

Risikobewertung – ein Vergleich von Exposition und Effekten

Die ermittelte Effektkonzentration oder Effektdosis der empfindlichsten Art wird zunächst durch einen Sicherheitsfaktor geteilt (z. B. ein Wert von 10 oder 100), weil sich im Zuge der Risikobewertung einige Unsicherheiten durch Auswirkungen ergeben, die im Verfahren nicht berücksichtigt werden (siehe dazu Abschnitt 6.3 Geprüft ist nicht gleich sicher – Schwachstellen im Prüfsystem). Diese Konzentration bzw. Dosis wird daraufhin mit der Umweltkonzentration verglichen und die EFSA oder ECHA verfasst eine Schlussfolgerung bezüglich des Wirkstoffs. Wenn keine unannehmbaren Auswirkungen zu befürchten sind, lässt die Europäische Kommission den Wirkstoff in der Regel für zehn Jahre zu. Nach dieser Zeit müssen Wirkstoffe unter Einbeziehung verbesserter Datengrundlagen oder gesteigerter Anforderungen erneut bewertet werden, um die Zulassung nicht zu verlieren. Wirkstoffe für Biozidprodukte werden in eine Positivliste, der sogenannten „Unionsliste“ genehmigter Wirkstoffe, aufgenommen. Wenn die Umweltkonzentration allerdings größer ist als die Effektkonzentration, werden weitere Tests durchgeführt und dann wird entschieden, ob der Wirkstoff nicht oder nur mit bestimmten Anwendungsaufgaben zugelassen wird. Erst danach können Zulassungsanträge für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte gestellt werden, die diese bereits bewerteten und genehmigten Wirkstoffe enthalten.

Auf den Produktlabels der fertig konfektionierten Pflanzenschutzmittel und Biozide müssen die enthaltenen Wirkstoffkombinationen und Zusatzstoffe ausgewiesen werden, die produktspezifische Zusammensetzung der Zusatzstoffe ist jedoch meist nicht bekannt. Sie werden auf EU-Ebene auch nicht in die Risikobewertung mit einbezogen, obwohl Zusatzstoffe die Eigenschaften von Wirkstoffen maßgeblich verändern und dazu führen können, dass Wirkstoffe viel giftiger wirken oder sich langsamer abbauen als zunächst angenommen.



6.2 Was passiert auf nationaler Ebene?

Liegen die Zulassungen für Wirkstoffe auf EU-Ebene vor, so ist es die Entscheidung der einzelnen Mitgliedstaaten, Mittel, die diese Wirkstoffe enthalten, auf nationaler Ebene zuzulassen. Bei Pflanzenschutzmitteln entscheidet in Deutschland das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), das dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft nachgeordnet ist, unter welchen Anwendungsaufgaben diese wie, wo und wann angewendet werden dürfen. Für Biozidprodukte ist in Deutschland die Bundesstelle für Chemikalien (BfC) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin zuständig, die im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales liegt.

Insgesamt werden Biozidprodukte nach Anwendungsbereich in 22 Produktarten unterteilt. In Deutschland dürfen Produktarten zur Bekämpfung von Vögeln, Fischen und gegen sonstige Wirbeltiere aber weder registriert noch zugelassen werden. Ausgenommen von diesem Verbot sind allerdings Schädlingsbekämpfungsmittel gegen Nagetiere (Rodentizide). Bei Biozidprodukten, die Altwirkstoffe enthalten, die bereits vor dem 14. Mai 2000 auf dem Markt waren, gelten Übergangsregeln. Sie dürfen bis 2024 noch zulassungsfrei verkauft und verwendet werden, weil die Europäische Kommission alle alten Wirkstoffe in Biozidprodukten noch einer systematischen Prüfung unterziehen muss. Daher sind in Deutschland zwar über 40.000 Biozidprodukte gemeldet, nicht alle wurden aber auf ihre Umweltrisiken getestet.

Folgende Behörden beraten das BVL und das BfC:

- Das Julius Kühn-Institut berät zu Giftigkeit und Wirksamkeit von Wirkstoffen und Pflanzenschutzmitteln sowie deren Auswirkungen auf Bienen. Es wird bei besonderen Fragestellungen auch bei Biozidprodukten hinzugezogen.
- Das Bundesamt für Risikobewertung berät zu gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Wirkstoffen, Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten auf Verbraucher*innen und Anwender*innen, legt Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit Mitteln und Produkten sowie Grenzwerte für Rückstandshöchstgehalte von Pflanzenschutzmitteln in Lebensmitteln fest.
- Das Umweltbundesamt fungiert bei der Produktzulassung von Pflanzenschutzmitteln als Einvernehmensbehörde und prüft das Risiko durch Wirkstoffe, Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte auf die Umwelt. Dabei werden die möglichen Auswirkungen von Rückständen auf Boden, Luft, Oberflächen- und Grundwasser und dort lebende Organismen untersucht. Für bestimmte Biozidproduktarten (Rodentizide, Insektizide, Repellentien und Trinkwasser-Desinfektionsmittel) ist das Umweltbundesamt auch für die Wirksamkeitsprüfung verantwortlich.
- Bei Biozidprodukten beraten zudem die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin sowie bei besonderen Fragestellungen die Bundesanstalt für Materialschutz und -prüfung und das Robert Koch-Institut.

Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes hat das Umweltbundesamt deshalb im Zulassungsverfahren auf nationaler Ebene eine herausragende Rolle, da es für die Prüfung und Bewertung des Risikos auf den Umwelt- und Naturhaushalt zuständig ist. Auswirkungen auf Organismen treten bei Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten, die direkt in der Umwelt angewendet werden oder indirekt dorthin gelangen, unweigerlich auf. Ähnlich zur Wirkstoffzulassung auf europäischer Ebene wird deshalb mittels Laborversuchen untersucht, ob die Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten als vertretbar eingestuft werden können. Dabei geht es insbesondere darum, „unannehbare Auswirkungen“ zu verhindern, das heißt, dass negative Effekte auf Organismen als akzeptabel eingestuft werden können, z. B. wenn sich die Populationen nach der Anwendung der Mittel und Produkte wieder erholen. Als „unannehbare Auswirkungen“ gelten hingegen Anwendungen, die langfristige Schäden zur Folge haben und/oder zu einer Destabilisierung des Ökosystems führen könnten. Eine rechtssichere Beweisführung von „unannehbaren Auswirkungen“ ist allerdings, ähnlich wie die Prognose darüber, wie stark sich der Bestand nachgeordneter Nahrungsstufen in Folge eines Pestizideintrags verändern wird (siehe dazu Abschnitt 4.7 Pestizide beeinflussen Prozesse im Ökosystem), bisher kaum möglich.

Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte enthalten meist mehrere Wirkstoffe sowie Beistoffe. Zudem unterscheiden sich die zur Behandlung notwendigen Mengen meist je nach Einsatz in verschiedenen Kulturen. Das Umweltbundesamt prüft die Umweltwirkungen daher für jede konkrete Art der Verwendung gesondert. Das betrifft beispielsweise den Einsatz eines bestimmten Pflanzenschutzmittels gegen den Echten Mehltau im Weinbau oder den Einsatz eines Biozidprodukts als Holzschutzmittel gegen Pilze im

Innenraum. Der enthaltene Wirkstoff (Fungizid) könnte in den beiden Produkten sogar der gleiche sein, muss aber anhand der Anwendungsbereiche unterschiedlich betrachtet werden. Um unannehbaren Auswirkungen der Mittel auf die Umwelt entgegenzuwirken, können Auflagen und Bedingungen für die Anwendung festgelegt werden. Diese Hinweise und Anwendungsbestimmungen, das heißt Vorschriften zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier, des Grundwassers oder des Naturhaushaltes, müssen von beruflichen wie auch von nicht-beruflichen Nutzer*innen (z. B. Hobbygärtner*innen oder bei Verwendung von Biozidprodukten im Haushalt) sorgfältig gelesen und bei der Anwendung beachtet werden.

6.3 Geprüft ist nicht gleich sicher – Schwachstellen im Prüfsystem

Die landwirtschaftliche Praxis wird nicht berücksichtigt, Pestizide werden einzeln geprüft

Das Zulassungsverfahren legt prognostizierte Umweltkonzentrationen zugrunde, die bei bestimmungsgemäßer Anwendung eines jeden Wirkstoffs oder Mittels auftreten. In der Praxis werden Pestizide aber gleichzeitig in Tankmischungen angewendet. Außerdem mischen sie sich nach wiederholter Ausbringung im Verlauf einer Saison im Boden oder in Gewässern, wenn sie durch Regenwasser oder Kläranlagenabläufe eingeleitet werden.

In seltenen Fällen werden Tankmischungen zwar vom Hersteller beantragt und geprüft, die meisten Tankmischungen erfolgen in der Praxis allerdings aufgrund von Erfahrungen der Landwirt*innen oder der Berater*innen. Über die Wechsel- sowie Kombinationswirkungen von Stoffgemischen, die letztendlich in der Umwelt vorliegen, ist nichts bekannt. Letztere sind in der Regel giftiger als die jeweiligen einzelnen Gemisch-Komponenten. Und auch auf der Agrarfläche selbst findet nach der Zulassung der Mittel keine Risikoabschätzung der vorliegenden Konzentrationen mehr statt. Vergleicht man dies mit Humanarzneimitteln, würde wahrscheinlich niemand einen Cocktail aus Medikamenten einnehmen, ohne vorher mit seinem Arzt über Risiken und Nebenwirkungen zu sprechen.

Theoretische Konzentrationen werden nicht durch reale Messungen abgesichert, Anwendungsbestimmungen kaum überprüft

Während der Risikobewertung im Zulassungsverfahren wird die ermittelte Effektkonzentration mit der berechneten Umweltkonzentration verglichen und eine Schlussfolgerung für Wirkstoffe, Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte getroffen. Es gibt allerdings kein nachgelagertes Monitoring, das überprüft, ob die theoretisch ermittelten Umweltkonzentrationen tatsächlich den Konzentrationen entsprechen, die sich später real in der Umwelt wiederfinden. Die theoretischen und realen Umweltkonzentrationen können sich allerdings deutlich unterscheiden. So sind die Konzentrationen, die in Oberflächengewässern gemessen werden, oftmals deutlich höher als die, die im Zulassungsverfahren zur Risikobeurteilung herangezogen und zur Berechnung von als sicher eingestuften Werten verwendet wurden (siehe Abschnitt 3.1 Gewässer). Diese Unterschiede zwischen theoretischen und realen Umweltkonzentrationen resultieren u. a. daraus, dass zur Abschätzung getroffene Annahmen u. U. nicht den realen und praktischen Bedingungen entsprechen. So werden zugelassene Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte oft anders oder in der Summe mit weiteren Mitteln häufiger angewendet als ursprünglich in der Risikobewertung einkalkuliert wurde.

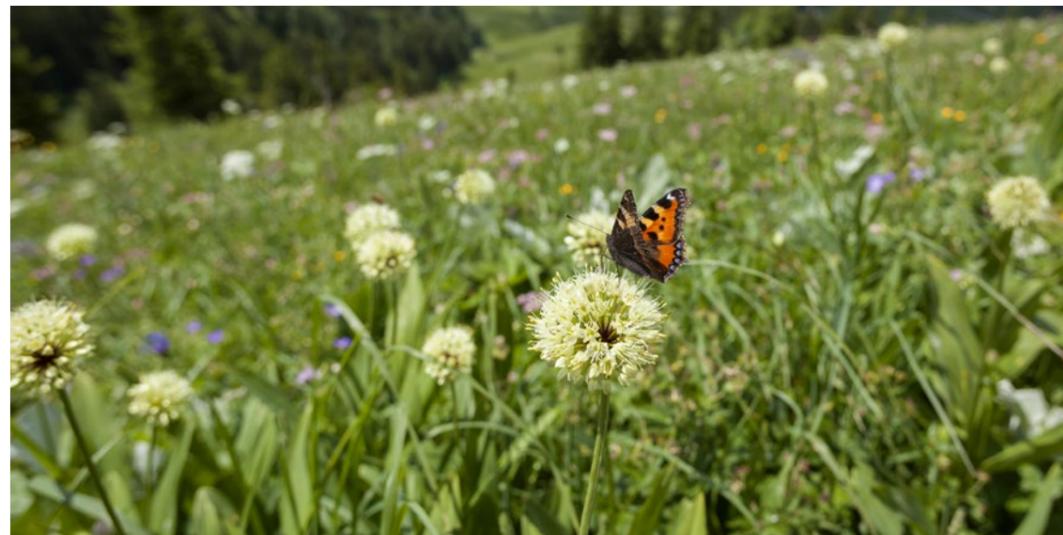
Zudem werden die Anwendungsbestimmungen nicht wirksam kontrolliert, die zur Minimierung negativer Auswirkungen der Mittel und Produkte auf die Umwelt erlassen wurden. Das liegt einerseits daran, dass Pflanzenschutzämter und -dienste der Länder personell unzureichend besetzt sind. Eine Kontrolle von Anwendungsbestimmungen oder von pflanzenschutzmittelsparsem Pflanzenbau kann daher nur in einem Bruchteil aller Betriebe geleistet werden. Im Jahr 2019 wurden Anwendungs- und/oder Betriebskontrollen beispielsweise in nur insgesamt 4.750 Betrieben der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft oder des Gartenbaus durchgeführt. Bei etwa 266.700 landwirtschaftlichen Betrieben in Deutschland ergibt sich daraus eine Kontrollquote von weniger als 1,8 Prozent der Betriebe. Auf drei Prozent der kontrollierten

Schläge wurden Anwendungsbestimmungen nicht eingehalten und in zehn Prozent der Betriebe im Lager Pflanzenschutzmittel vorgefunden, die EU-weit nicht mehr anwendbare Wirkstoffe enthalten.⁶¹

Auch private Anwender*innen sind sich oft nicht bewusst, dass einige der vorgenommenen Pflanzenschutzmittelanwendungen unzulässig sind. Viele Hausbesitzer*innen oder Hausmeister*innen benutzen Pflanzenschutzmittel beispielsweise auf befestigten Flächen wie Auffahrten, Wegen oder Bürgersteigen, um Wohnanlagen mit chemischen Mitteln unkrautfrei zu halten. Eine Anwendung ist auf diesen Flächen allerdings wegen der Gefahr einer Abschwemmung in Gewässer oder in die Kanalisation verboten. Trotz Warnhinweisen auf der Verpackung wurden im Jahr 2019 in einem Drittel der Kontrollen unzulässige oder genehmigungspflichtige Pflanzenschutzmittelanwendungen vorgenommen.⁶¹ Außerdem sind im Biozidrecht keine verbindlichen Regelungen zur Kontrolle von Anwendungsaufgaben festgeschrieben. Wohingegen bei Pflanzenschutzmitteln zumindest ordnungsrechtlich vorgeschrieben ist, dass Anwendungsbestimmungen überprüft werden müssen.

Zusammenhänge im Nahrungsnetz werden nicht berücksichtigt

Seit Inkrafttreten der Pflanzenschutzmittelverordnung ((EG) 1107/2009) ist die Biodiversität ein unabhängiges Schutzgut, das in die Risikoregulation von Pflanzenschutzmitteln integriert werden muss. Momentan konzentriert sich die Risikobewertung auf europäischer Ebene aber immer noch ausschließlich auf die direkten Wirkungen von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten und es gibt keine standardisierten und anerkannten Verfahren zur Berücksichtigung indirekter Wirkungen. Und das, obwohl es mittlerweile hinreichend Nachweise dazu gibt, dass insbesondere indirekte Effekte zu einem Rückgang der Biodiversität beitragen (siehe dazu Abschnitt 4.6 Pestizide wirken direkt und indirekt). Auch das Verwaltungsgericht Braunschweig hat in der Begründung seines Urteils⁶² vom September 2019 darauf verwiesen, dass vom Umweltbundesamt geforderte Biodiversitätsanwendungsbestimmungen nicht mit geltendem Recht vereinbar sind, da eine Berücksichtigung unannehmbarer Auswirkungen auf die Biodiversität durch indirekte Effekte momentan nicht möglich sei. Dies wurde damit begründet, dass es keine von der EFSA anerkannten wissenschaftlichen Methoden zur Bewertung dieser Effekte gebe. Daher werden zur Risikobewertung weiterhin nur die direkten Auswirkungen von Pestiziden und deren Formulierungen getestet, obwohl insbesondere indirekte Effekte im gesamten Nahrungsnetz zu negativen Auswirkungen führen. Damit stehen die umweltbezogenen Schutzziele der Europäischen Pflanzenschutzmittelverordnung grundlegend infrage und eine weitere Verschlechterung der biologischen Vielfalt in der Agrarlandschaft ist zu befürchten.



Obwohl der Rückgang der Biodiversität eine der größten Bedrohungen unserer Zeit darstellt, darf das Umweltbundesamt die indirekten Effekte von Pestiziden nicht in die Risikobewertung im Zulassungsverfahren einfließen lassen.

Was sind annehmbare Effekte?

Ein Hauptkriterium für die Zulassung von Pestiziden, egal welchen Ursprungs, ist deren Wirksamkeit. Mit einer Wirkung ist in den meisten Fällen jedoch auch mit Nebenwirkungen bzw. mit nachteiligen Wirkungen auf die Umwelt zu rechnen. Trotzdem werden negative Auswirkungen akzeptiert, wenn sie in Abwägung zum Nutzen des Pflanzenschutzmittels oder des Biozidprodukts als annehmbar eingestuft werden. Denn obwohl die Pflanzenschutzmittelverordnung ((EG) Nr. 1107/2009) schreibt, dass bei Erteilung einer Zulassung für Pflanzenschutzmittel das Ziel, die Gesundheit von Mensch und Tier sowie die Umwelt zu schützen, Vorrang vor dem Ziel haben sollte, die Pflanzenproduktion zu verbessern, und dafür nachgewiesen werden muss, dass keine unzulässigen Folgen für die Umwelt entstehen, fehlt ein wichtiger Punkt. In der Verordnung werden unzulässige oder unannehmbare Folgen auf Nicht-Zielarten nicht definiert. Weder die Pflanzenschutzmittelverordnung ((EG) Nr. 1107/2009) noch die Verordnung für Biozidprodukte ((EU) Nr. 528/2012) definieren, was unannehmbare Effekte sind bzw. was, wann, wo und wie lange vor den negativen Folgen von Pestiziden geschützt werden soll. Die Entscheidung, ob Folgen annehmbar sind, wird anhand eines Vergleichs der ermittelten Effekt- und Expositionswerte mit festgeschriebenen Risikofaktoren getroffen. Diese sind in verschiedenen Leitlinien für bestimmte Bereiche wie etwa Gewässer definiert. Die Zuverlässigkeit eines solchen Vergleichs ist allerdings aufgrund der beschriebenen Mängel und blinden Flecken im Prüfverfahren deutlich infrage zu stellen. In anderen Prüfbereichen, wie etwa Forstanwendungen, liegen aber oft keine festgeschriebenen Risikofaktoren vor und Risikomanager*innen treffen anhand der erbrachten Risikobewertung (Expositions- und Effektabschätzung) eine Einschätzung.

Zudem werden folgende Aspekte nicht ausreichend beachtet

- Organismen reagieren oft empfindlicher gegenüber Pestiziden, wenn sich die natürlichen Umweltfaktoren ändern, wie beispielsweise die Temperatur oder der pH-Wert im Wasser. Schwankungen von Umweltfaktoren werden in standardisierten Laborstudien allerdings nicht berücksichtigt (siehe Abschnitt 4.5 Pestizide wirken selten allein).
- Die Empfindlichkeiten zwischen Arten können sich zum Teil sehr stark unterscheiden. Beispielsweise sollte der große Wasserfloh als Stellvertreter das Risiko für Mückenlarven abbilden. Studien haben aber gezeigt, dass der Wasserfloh gegenüber dem Insektizid Thiacloprid bis zu tausendmal weniger empfindlich ist als viele Mückenlarven.⁶³
- Die langfristigen Auswirkungen, die nach einer kurzfristigen Exposition auftreten, werden nicht ausreichend erfasst. Dazu ist die Beobachtungsdauer in standardisierten Testverfahren meist zu kurz. Versuche mit Thiacloprid zeigten beispielsweise, dass Pestizide bereits in bis zu 50-fach geringeren Konzentrationen 50 Prozent der getesteten Süßwasserkrebse töten, wenn die Sterberate erst nach 19 Tagen anstatt nach der üblichen Versuchsdauer von wenigen Tagen gemessen würde.⁶³ Der Sicherheitsfaktor, der diesen Unterschied auffangen sollte, beträgt in Tests zur Bewertung der chronischen Toxizität aber nur 10.
- Die subletalen Auswirkungen, beispielsweise auf die Flucht-, Orientierungs-, Schwimm- oder Flugfähigkeit, werden nicht in Standardtests berücksichtigt. Laut Studien können schon Pestizidkonzentrationen, die regulär in der Umwelt vorliegen, die Schwimmgeschwindigkeit von Amphibien und Fischen um 35 Prozent, ihre Aktivität um 72 Prozent sowie die Überlebensfähigkeit der Tiere erheblich verringern.⁶⁴
- Die Risiken für einige Organismengruppen wie Pilze, Amphibien, Reptilien und Fledermäuse werden im Zulassungsverfahren gar nicht spezifisch betrachtet. Wie sich Pestizide auf diese Artengruppen auswirken, ist deshalb kaum bekannt. Zur Risikoabschätzung für Fledermäuse werden beispielsweise die Toxizitätsdaten von Vögeln und insektenfressenden Säugetieren wie der Spitzmaus herangezogen. Aufgrund ihrer langen Lebensdauer, besonders hoher Stoffwechselraten und kleiner Reproduktionsraten (nur ein Jungtier pro Jahr) unterscheiden sich Fledermäuse aber deutlich von Vögeln sowie anderen Säugetieren. Für diese Tiergruppe könnte das Risiko durch Pestizide daher deutlich höher sein als bisher angenommen.⁵⁹



7. Höchste Zeit, etwas zu verändern

Die Umweltbelastung mit Pestiziden treibt den Rückgang der Artenvielfalt weiter voran. Ambitionierte Maßnahmen seitens der Politik, der Hersteller sowie durch Handel und Anwender*innen müssen ein Umdenken im Umgang mit Pestiziden widerspiegeln. Dies betrifft die Verwendung von Pestiziden in der Land- und Forstwirtschaft, aber auch durch Freizeitgärtner*innen und Anwender*innen von Biozidprodukten in Haus und Garten. Vorbeugende und alternative Maßnahmen wie eine durchdachte Produktwahl können den Einsatz und den Umwelteintrag von Pestiziden stark reduzieren. Verbraucher*innen können hierdurch die Pestizidemissionen bereits erheblich verringern.

7.1 Lebensmittel

Lebensmitteleinzelhandel und Verbraucher*innen stellen an frisches Obst und Gemüse hohe qualitative und ästhetische Anforderungen. So sind das Aussehen, der Geschmack und die Kosten meist wichtiger für die Kaufentscheidung von Verbraucher*innen als die Nachhaltigkeit der Lebensmittel. In Deutschland stehen Überlegungen zum Einfluss der Produkte auf Umwelt und Klima erst an sechster Stelle⁶⁵. Mit der Erzeugung von „ästhetisch perfektem“ Obst und Gemüse geht aber oft ein erhöhter Aufwand an Pflanzenschutzmitteln einher. Schorfpilze lösen beispielsweise die wirtschaftlich wichtigsten Krankheiten in Apfel- und Birnenkulturen aus und verringern durch optische Makel und kürzere Lagerfähigkeit den Wert der Früchte. Dennoch beeinträchtigen die durch Krankheiten verursachten rauen oder fleckigen Fruchtschalen nicht die Verzehrbarekeit der Ware. Aldi Süd erlaubt deshalb bereits Obst und Gemüse mit optischen Makeln unter dem Namen „Krumme Dinger“ den Einzug ins Regal. Ferner hat Penny seine Qualitätsanforderungen gelockert und mit den „Biohelden“ Obst und Gemüse in das Sortiment aufgenommen, das äußerliche Makel aufweist, aber ohne den Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel angebaut wurde.⁶⁶

Auch die Unterstützung von Projekten zur Förderung von umweltverträglicherem Anbau zwischen Einzelhändlern in Deutschland und Produzenten im Ausland sind lohnenswert. Beispielsweise unterstützt das gemeinsame Projekt von EDEKA und WWF, konventionell wirtschaftende Zitrusfruchtproduzenten in Spanien bei der Optimierung ihrer Anbaumethoden. Im Fokus steht dabei neben einem schonenden Umgang mit Wasserressourcen insbesondere die Reduktion des Pestizideinsatzes durch die Förderung von Nützlingen zur natürlichen Schädlingsbekämpfung. Durch diese Umstellung konnten die Produzenten nicht nur die Bodenfruchtbarkeit erhalten und Wasser sparen, sondern auch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln durchschnittlich um über zwei Drittel pro Hektar senken. Zugleich erhalten sie für nachhaltiger produzierte Ware eine Extravergütung und haben mit EDEKA und Netto Marken-Discount garantierte Abnehmer für ihre Früchte.⁶⁷

Konsument*innen, die auf nachhaltigere Bewirtschaftungsformen achten, können daher mit ihrer Kaufentscheidung dazu beitragen, dass alternative, ökologisch nachhaltigere Pflanzenschutzmethoden vermehrt Anwendung finden. Es wird Obst und Gemüse erworben, das mit einem weitaus geringeren Pestizideinsatz produziert wurde als von intensiv bewirtschafteten Flächen stammende Produkte. Kein oder geringer Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft ist allerdings mit einem größeren Arbeits- und Zeitaufwand verbunden, weshalb die Kund*innen bereit sein müssen, höhere Preise für entsprechend verträglicher hergestellte Produkte zu zahlen. Der Kauf von regionalem und saisonalem Obst und Gemüse ist auch deshalb besser als der Import aus weiter entfernten Ländern, weil dort u. U. geringere Umweltauflagen für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln gelten.

7.2 Haus und Garten

Die Unterhaltung von Privatgärten ist auch ohne den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln durch vorbeugende Maßnahmen und robuste Pflanzenwahl möglich. Viele in Deutschland heimische Nützlinge wie Insekten (z. B. Marienkäfer, Flurfliegen, Schlupfwespen) oder Spinnentiere reduzieren schon durch ihre natürliche Lebensweise Schadorganismen. Auch sie können jedoch durch Pflanzenschutzmittel geschädigt werden. Das Julius Kühn-Institut stellt hierzu unter nueztlingsinfo.julius-kuehn.de eine Datenbank bereit. Jeder kann hier recherchieren, wie sich Wirkstoffe und Pflanzenschutzmittel auf einzelne Arten von Nützlingen auswirken. Praxistipps, wie man zum Beispiel robuste Sorten wählt, Nützlinge gegen Schädlinge einsetzt oder mechanisch und thermisch gegen Unkraut vorgeht, liefert das Umweltbundesamt (UBA) in seiner Broschüre „Gartenlust statt Gartenfrust“. Weitere Infos, wie man z. B. Pflanzen durch eine abwechslungsreiche Fruchtfolge gesund halten, Pilzkrankheiten im Garten vorbeugen und Nützlinge in den Garten locken kann, sowie etliches mehr, finden sich auch unter der Rubrik „Gifffrei Gärtnern“ auf www.NABU.de.



Im Garten sollte auf Pflanzenschutzmittel verzichtet und Krankheiten und Fressfeinden stattdessen mit natürlichen Maßnahmen vorgebeugt werden.

Biozidprodukte wie Schädlingsbekämpfungsmittel und Materialschutzmittel für Holz oder Fassaden sind ebenfalls meist vermeidbar. So kann bereits die Holz Auswahl den Einsatz von Bioziden überflüssig machen, und man kann mit Heißluft-, Hochfrequenz- oder Mikrowellenverfahren holzerstörende Insekten oder Mikroorganismen wirksam bekämpfen. Antifoulingprodukte, die zum Schutz vor Bewuchs an Gegenständen im Wasser eingesetzt werden, können durch biozidfreie Alternativen ersetzt werden. Dazu zählen Antihafbeschichtungen auf Silikonbasis oder veränderte Oberflächenstrukturen, die Organismen wenig Halt bieten. Auch die regelmäßige mechanische Entfernung von Bewuchs kann in den meisten Fällen ein Materialschutzmittel überflüssig machen. Detaillierte Informationen zu wichtigen Nützlingen und Schädlingen sowie zu vorbeugenden Maßnahmen und biozidfreien Alternativen liefert das UBA im frei zugängigen „Biozid-Portal“ unter www.biozid.info.

7.3 Haushalt und Wohnen

Obwohl Hygiene oft mit Desinfektion in Verbindung gebracht wird, ist es falsch anzunehmen, man könne keine ausreichende Hygiene ohne Desinfektion erreichen. Der Einsatz von Desinfektionsmitteln und antibakteriellen Reinigungsprodukten ist zwar in medizinischen Einrichtungen nicht infrage zu stellen,

weil sich dort insbesondere kranke oder immungeschwächte Menschen aufhalten. In Haushalten kann hingegen ausreichende Hygiene ohne extra Desinfektion durch regelmäßiges Händewaschen sowie die Reinigung von Oberflächen und Türklinken mit haushaltsüblichen Wasch- und Reinigungsmitteln erreicht werden. So raten auch das Umweltbundesamt, das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und das Robert Koch-Institut von der Verwendung von Desinfektionsmitteln sowie von antibakteriell ausgerüsteter Ware im Privatbereich ab.

Ebenso sind Biozidprodukte wie Schädlingsbekämpfungsmittel meist überflüssig oder ihr Einsatz wird durch vorbeugende Maßnahmen erst gar nicht notwendig. Dazu zählen im Privathaushalt beispielsweise die häufige Reinigung von Ess- und Wohnbereichen, die kühle und trockene Lagerung von Vorräten in dichten Behältern und das häufige Entfernen von Abfällen aus dem Haus. Einfache Maßnahmen wie häufiges Entlüften der Bettdecke und Matratze, das Anbringen von Zedernholzstücken und Lavendelsträußchen im Schrank oder von Moskitonetzen an Fenstern und über dem Bett helfen gegen Milben, Motten, Mücken und Fliegen. Eine in Ausnahmefällen notwendige Schädlingsbekämpfung sollte außerdem nur durch qualifizierte Fachkräfte durchgeführt werden. Zum Thema Schädlingsbekämpfungsmittel liefert das Biozid-Portal viele Informationen zu vorbeugenden Maßnahmen und biozidfreien Alternativen. Biozidproduktangaben, Informationen zu empfehlenswerten Labels und Umweltsiegeln sowie praktische Tipps für den Einkauf gibt das UBA in seinem „Einkaufswegweiser Biozidprodukte“.

7.4 Politisch aktiv werden

In einer Biodiversitätskrise mit wachsenden, teils irreversiblen Schäden ist ein „Weiter so“ unverantwortlich. Im Interesse zukünftiger Generationen müssen dringend ein Paradigmenwechsel im Umgang mit Pestiziden erfolgen und erkannte Missstände behoben werden. Der NABU hat dazu eine detaillierte NABU-Position Pestizide entwickelt, die Kernforderungen bündelt, dazu erforderliche Maßnahmen auflistet und den Hintergrund der Forderungen darstellt: www.NABU.de/NABU-Position-Pestizide.

Ein wichtiger Faktor für eine nachhaltigere Landwirtschaft ist eine Agrarpolitik, die relevante Regelungen und Anreize so setzt, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln minimiert und Landwirt*innen bei konkreten Naturschutzmaßnahmen sowie nachhaltigem Wirtschaften unterstützt werden. Der NABU setzt sich seit langem für eine entsprechende neue, naturverträglichere Agrarpolitik auf nationaler wie auch auf EU-Ebene ein. Unter www.NABU.de/Landwirtschaft stellt der NABU regelmäßig aktuelle Informationen rund um das Thema bereit und bietet unter Mitmachen.NABU.de die Gelegenheit, auch selbst aktiv zu werden.

Zudem setzen sich auch die NABU-Landesverbände aktiv gegen den Missbrauch von Pestiziden ein und fordern in Volksbegehren und -initiativen eine deutliche Reduktion des Einsatzes. Möglichkeiten, selbst aktiv zu werden, finden sich auch auf den Seiten der jeweiligen Landesverbände.



Quellen

1. BVL. Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2019. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Oktober, 1–17 (2020).
2. Rüdell, H. & Knopf, B. Vorbereitung eines Monitoring-Konzepts für Biozide in der Umwelt. Rep. FKZ 360, 36 (2012).
3. BVL. Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel. Verfügbar unter: <https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp>.
4. BAuA. Datenbank der zugelassenen Biozidprodukte. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Verfügbar unter: https://www.baua.de/DE/Themen/Anwendungssichere-Chemikalien-und-Produkte/Chemikalienrecht/Biozide/Datenbank-Biozide/Biozide_form.html?input_=8684642&wirkstoff.GROUP=1>p=8626784_list%253D3&prodart.GROUP=1&submit=Suchen&resourceId=8684648&wirkstoff=Imidac.
5. Statistisches Bundesamt (Destatis). Bodenfläche insgesamt nach Nutzungsarten in Deutschland. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Tabellen/bodenflaeche-insgesamt.html>.
6. Metz, R. Säkulare Trends der deutschen Wirtschaft. GESIS Datenarchiv, Köln. histat. (2005). Verfügbar unter: <https://histat.gesis.org/histat/de/table/details/BA435BFEEBCCB403BC68D2EED7FBA002>.
7. Mühlenberg, H., Möckel, S., & Sattler, C. (2021). Regelungen zur Anwendung von Pestiziden in Schutzgebieten. UBA Texte, 49, 161.
8. Allgeier, S., Brühl, C. & Frör, O. Entwicklung eines naturschutzkonformen Konzeptes zur Stechmückenbekämpfung am Oberrhein. (2019).
9. Sachverständigenrat für Umweltfragen. Impulse für eine integrative Umweltpolitik. (Eigenverlag, 2016).
10. Wieck, S. Biozide Wirkstoffe im Haushalt – Anwendungsmuster und Einträge in das Abwasser. (Leuphana Universität Lüneburg, 2018).
11. Ahting, M. u. a. Hintergrund: Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. UBA 1–60 (2018).
12. Szöcs, E., Brinke, M., Karaoglan, B. & Schäfer, R. B. Large Scale Risks from Agricultural Pesticides in Small Streams. Environ. Sci. Technol. 51, 7378–7385 (2017).
13. Müller, A. & Hitzfeld, K. Kleingewässermonitoring - Realitätscheck der Umweltrisikobewertung von Pflanzenschutzmitteln. Wasser und Abfall 37–42 (2020).
14. Liess, M. u. a. Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland streams. Water Res. 201, 117262 (2021).
15. Fuchs, S., Tshovski, S., Kaiser, M., Sacher, F. & Thoma, A. Belastung der Umwelt mit Bioziden realistischer erfassen - Schwerpunkt Einträge über Kläranlagen. Umweltbundesamt (UBA) Texte 169, 1–190 (2020).
16. Münze, R. u. a. Pesticides from wastewater treatment plant effluents affect invertebrate communities. Sci. Total Environ. 599–600, 387–399 (2017).
17. Wicke, D. u. a. Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 5, 394–404 (2017).
18. Burkhardt, M. Spurenstoffeinträge aus Baumaterialien in Gewässer. in Gewässerschutz - Wasser - Abwasser (2018).
19. TIEM Integrierte Umweltüberwachung. Pestizid-Belastung der Luft. (2020).
20. Silva, V. u. a. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. Sci. Total Environ. 653, 1532–1545 (2019).
21. Chiaia-Hernandez, A. C. u. a. Long-Term Persistence of Pesticides and TPs in Archived Agricultural Soil Samples and Comparison with Pesticide Application. Environ. Sci. Technol. 51, 10642–10651 (2017).
22. Buijs, J. & Mantingh, M. Insektenschwund und Pestizidbelastung in Naturschutzgebieten in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. (2020).
23. Regnery, J., Brinke, M., Schäfer, S. & Reifferscheid, G. Erforschung der Ursachen für die nachgewiesene Gewässerbelastung mit Rodentiziden (PBT-Stoffe) und Erarbeitung von Risikominderungsmaßnahmen zum Schutz der aquatischen Umwelt. Umweltbundesamt 37 (2020).
24. Rosenkranz, P. u. a. Deutsches Bienenmonitoring-„DeBiMo“. BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG 96 (2018).
25. Rico, A., Brock, T. C. M. & Daam, M. A. Is the Effect Assessment Approach for Fungicides as Laid Down in the European Food Safety Authority Aquatic Guidance Document Sufficiently Protective for Freshwater Ecosystems? Environ. Toxicol. Chem. 38, 2279–2293 (2019).
26. Bouwman, H. u. a. Evidence of impacts from DDT in pelican, cormorant, stork, and egret eggs from KwaZulu-Natal, South Africa. Chemosphere 225, 647–658 (2019).
27. Strobel, A., Schmid, P., Segner, H., Burkhardt-Holm, P. & Zennegg, M. Persistent organic pollutants in tissues of the white-blooded Antarctic fish *Champscephalus gunnari* and *Chaenocephalus aceratus*. Chemosphere 161, 555–562 (2016).
28. Heap, I. The International Herbicide-Resistant Weed Database. Verfügbar unter: www.weedscience.org.
29. Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. & Green, A. An international database for pesticide risk assessments and management. Hum. Ecol. Risk Assess. An Int. J. 22, 1050–1064 (2016).
30. Liess, M., Foit, K., Knillmann, S., Schäfer, R. B. & Liess, H.-D. Predicting the synergy of multiple stress effects. Sci. Rep. 6, 32965 (2016).
31. IPBES. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. in (Hrsg. Potts, S. G. u. a.) 556 (Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2016).
32. Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. Biol. Conserv. 232, 8–27 (2019).
33. Geiger, F. u. a. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. Basic Appl. Ecol. 11, 97–105 (2010).
34. BVL. Positionspapier des Fachbeirats Nachhaltiger Pflanzenbau. Mehr Verunkrautung wagen: Plädoyer für einen Perspektivwechsel in der Unkrautbekämpfung im Ackerbau. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2019).
35. Eichenberg, D. u. a. Widespread decline in Central European plant diversity across six decades. Glob. Chang. Biol. 1–14 (2020).
36. Hallmann, C. A. u. a. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS One 12, e0185809 (2017).
37. Seibold, S. u. a. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. Nature 574, 671–674 (2019).
38. Deutscher Bundestag. Insekten in Deutschland und Auswirkungen ihres Rückgangs: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. 1–12 (2017).
39. Rote-Liste Zentrum. Bienen (Hymenoptera: Apidae). Verfügbar unter: <https://www.rote-liste-zentrum.de/de/Bienen-Hymenoptera-Apidae-1733.html>.
40. Rundlöf, M. u. a. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. Nature 521, 77–80 (2015).
41. Siviter, H., Koricheva, J., Brown, M. J. F. & Leadbeater, E. Quantifying the impact of pesticides on learning and memory in bees. J. Appl. Ecol. 55, 2812–2821 (2018).
42. Menzel, R. & Tison, L. Mit den Waffen der Chemie gegen Insekten: Wie Neonicotinoide das Verhalten von bestäubenden Insekten beeinträchtigen. Biol. unserer Zeit 49, 198–206 (2019).
43. Biesmeijer, J. C. u. a. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science 313, 351–354 (2006).
44. Pelosi, C., Barot, S., Capowiez, Y., Hedde, M. & Vandenbulcke, OF. Pesticides and earthworms. A review. Agronomy for Sustainable Development 34 (2014).
45. Orgiazzi, A., Bardgett, R. D. & Barrios, E. Global soil biodiversity atlas. European Commission 2016.
46. Main, A. R., Webb, E. B., Goyne, K. W. & Mengel, D. Reduced species richness of native bees in field margins associated with neonicotinoid concentrations in non-target soils. Agric. Ecosyst. Environ. 287, (2020).

47. 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).
48. Stehle, S. & Schulz, R. Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. Proc. Natl. Acad. Sci. 112, 5750–5755 (2015).
49. Peters, K., Bundschuh, M. & Schäfer, R. B. Review on the effects of toxicants on freshwater ecosystem functions. Environ. Pollut. 180, 324–329 (2013).
50. Zubrod, J. P. u. a. Inorganic fungicides as routinely applied in organic and conventional agriculture can increase palatability but reduce microbial decomposition of leaf litter. J. Appl. Ecol. 52, 310–322 (2015).
51. Brühl, C. A., Schmidt, T., Pieper, S. & Alscher, A. Terrestrial pesticide exposure of amphibians: An underestimated cause of global decline? Sci. Rep. 3, 1135 (2013).
52. Adams, E., Gerstle, V. & Brühl, C. A. Dermal fungicide exposure at realistic field rates induces lethal and sublethal effects on juvenile European common frogs (*Rana temporaria*). Environ. Toxicol. Chem. (2020).
53. Jahn, T., Hötter, H., Oppermann, R., Bleil, R. & Vele, L. Protection of biodiversity of free living birds and mammals in respect of the effects of pesticides. Umweltbundesamt (UBA) Texte 30, 1–519 (2014).
54. Eng, M. L., Stutchbury, B. J. M. & Morrissey, C. A. A neonicotinoid insecticide reduces fueling and delays migration in songbirds. Science 365, 1177–1180 (2019).
55. Laakso, S., Suomalainen, K. & Koivisto, S. Literature review on residues of anticoagulant rodenticides in nontarget animals. (Nordic Council of Ministers, 2010).
56. Badry, A., Schenke, D., Treu, G. & Krone, O. Linking landscape composition and biological factors with exposure levels of rodenticides and agrochemicals in avian apex predators from Germany. Environ. Res. 193, 110602 (2021).
57. Green, R. E., Donazar, J. A., Sanchez-Zapata, J. A. & Margalida, A. Potential threat to Eurasian griffon vultures in Spain from veterinary use of the drug diclofenac. J. Appl. Ecol. 53, 993–1003 (2016).
58. Hofmann, K. & Heise, G. Vergiftung junger Mausohren (*Myotis myotis*) durch Pflanzenschutzmittel. Nyctalus (NF) 4, 85–87 (1991).
59. Stahlschmidt, P. & Brühl, C. A. Bats at risk? Bat activity and insecticide residue analysis of food items in an apple orchard. Environ. Toxicol. Chem. 31, 1556–1563 (2012).
60. Hsin, Wu, Lin, C.-L., Wang, S.-E. & Lu, C.-W. Effects of imidacloprid, a neonicotinoid insecticide, on the echolocation system of insectivorous bats. Pestic. Biochem. Physiol. 163, (2019).
61. BVL. Jahresbericht Pflanzenschutz- Kontrollprogramm 2019. Verfügbar unter: https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Fachmeldungen/04_pflanzenschutzmittel/2021/2021_04_07_Fa_Pflanzenschutzkontrollprogramm_2019.html.
62. Verwaltungsgericht Braunschweig. Zulassung von Pflanzenschutzmitteln im zonalen Zulassungsverfahren - Vom Umweltbundesamt geforderte Biodiversitätsanwendungsbestimmungen nicht mit geltendem Recht vereinbar. (2019).
63. Beketov, M. A. & Liess, M. Acute and delayed effects of the neonicotinoid insecticide thiacloprid on seven freshwater arthropods. Environ. Toxicol. Chem. 27, 461–470 (2008).
64. Shuman-Goodier, M. E. & Propper, C. R. A meta-analysis synthesizing the effects of pesticides on swim speed and activity of aquatic vertebrates. Sci. Total Environ. 565, 758–766 (2016).
65. European Commission. Special Eurobarometer 505 - Making our food fit for the future – Citizens' expectations. (2020).
66. BLE. Krummes Gemüse, Obst und Gemüse abseits der Norm. Ökolandbau.de (2020). Verfügbar unter: <https://www.oekolandbau.de/handel/marketing/sortiment/sortimentsgestaltung/krummes-gemuese/>.
67. WWF. An die Arbeit, fertig, los: Anbauprojekte von WWF und EDEKA. (2019). Verfügbar unter: <https://www.wwf.de/zusammenarbeit-mit-unternehmen/edeka/edeka-und-zitrusfruechte/>.

NABU vor Ort

NABU-Bundesverband

Charitéstraße 3
10117 Berlin
Tel. 030.28 49 84-0
Fax 030.28 49 84-20 00
NABU@NABU.de
www.NABU.de

**NABU-Institut für
Fluss- und Auenökologie**
Ferdinand-Lassalle-Straße 10
14712 Rathenow
Tel. 033 85.520 00 17
Fax 033 85.520 00 87
Rocco.Buchta@NABU.de

NABU Baden-Württemberg

Tübinger Straße 15
70178 Stuttgart
Tel. 07 11.9 66 72-0
Fax 07 11.9 66 72-33
NABU@NABU-BW.de
www.NABU-BW.de

NABU-Partner Bayern – Landesbund für Vogelschutz (LBV)

Eisvogelweg 1
91161 Hilpoltstein
Tel. 091 74.47 75-0
Fax 091 74.47 75-75
Info@LBV.de
www.LBV.de

NABU Berlin

Wollankstraße 4
13187 Berlin
Tel. 030.986 41 07 oder
9 86 08 37-0
Fax 030.986 70 51
LvBerlin@NABU-Berlin.de
www.NABU-Berlin.de

NABU Brandenburg

Lindenstraße 34
14467 Potsdam
Tel. 03 31.201 55-70
Fax 03 31.201 55-77
Info@NABU-Brandenburg.de
www.NABU-Brandenburg.de

NABU Bremen

Contrescarpe 8
28203 Bremen
Tel. 04 21.339 87 72
Fax 04 21.33 65 99 12
Info@NABU-Bremen.de
www.NABU-Bremen.de

NABU Hamburg

Klaus-Groth-Straße 21
20535 Hamburg
Tel. 040.69 70 89-0
Fax 040.69 70 89-19
NABU@NABU-Hamburg.de
www.NABU-Hamburg.de

NABU Hessen

Friedenstraße 26
35578 Wetzlar
Tel. 064 41.679 04-0
Fax 064 41.679 04-29
Info@NABU-Hessen.de
www.NABU-Hessen.de

NABU Mecklenburg-Vorpom- mern

Wismarsche Straße 146
19053 Schwerin
Tel. 03 85.59 38 98-0
Fax 03 85.59 38 98-29
LGS@NABU-MV.de
www.NABU-MV.de

NABU Niedersachsen

Alleestraße 36
30167 Hannover
Tel. 05 11.91 10 5-0
Fax 05 11.911 05-40
Info@NABU-Niedersachsen.
de
www.NABU-Niedersachsen.de

NABU Nordrhein-Westfalen

Völklinger Straße 7-9
40219 Düsseldorf,
Tel. 02 11.15 92 51-0
Fax 02 11.15 92 51-15
Info@NABU-NRW.de
www.NABU-NRW.de

NABU Rheinland-Pfalz

Frauenlobstraße 15–19
55118 Mainz
Tel. 061 31.140 39-0
Fax 061 31.140 39-28
Kontakt@NABU-RLP.de
www.NABU-RLP.de

NABU Saarland

Antoniusstraße 18
66822 Lebach
Tel. 068 81.93 61 9-0
Fax 068 81.93 61 9-11
LGS@NABU-Saar.de
www.NABU-Saar.de

NABU Sachsen

Löbauer Straße 68
04347 Leipzig
Tel. 03 41.23 33 13-0
Fax 03 41.23 33 13-3
Landesverband@NABU-
Sachsen.de
www.NABU-Sachsen.de

NABU Sachsen-Anhalt

Schleiufer 18a
39104 Magdeburg
Tel. 03 91.561 93-50
Fax 03 91.561 93-49
Mail@NABU-LSA.de
www.NABU-LSA.de

NABU Schleswig-Holstein

Färberstraße 51
24534 Neumünster
Tel. 043 21.537 34
Fax 043 21.59 81
Info@NABU-SH.de
www.NABU-SH.de

NABU Thüringen

Leutra 15
07751 Jena
Tel. 036 41.60 57 04
Fax 036 41.21 54 11
LGS@NABU-Thuringen.de
www.NABU-Thuringen.de

In den letzten Jahren ist der Einsatz von Pestiziden immer stärker ins Bewusstsein der Öffentlichkeit gerückt. Was genau sind aber Pestizide, Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte, von wem und in welchen Bereichen werden sie eingesetzt? Wie können sie die Artenvielfalt, Struktur und Prozesse in Ökosystemen langfristig verändern? Antworten auf diese Fragen bietet diese Broschüre.