



Pestizide im Überblick

Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte



Was sind Pestizide?

Pestizide (Lat. pestis „Seuche“ und caedere „töten“) sind Wirkstoffe, die zur Abwehr, Regulation und Bekämpfung von sogenannten Schadorganismen eingesetzt werden (z. B. gegen Mikroorganismen, Ernte- oder Vorratsschädlinge, „Unkräuter“ oder Krankheitsüberträger).

Zu den Pestiziden zählen die bekannten ...

- Herbizide gegen „Unkräuter“,
- Insektizide gegen Insekten,
- Fungizide gegen Pilze und Sporen.

... und die weniger bekannten

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

Der Begriff Pestizid ist aber kein Synonym für Pflanzenschutzmittel, 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.

Pflanzenschutzmittel oder Biozidprodukt – wozu der Unterschied?

Die Wirkstoffe in beiden Produktgruppen richten sich zwar oft gegen die gleichen Schadorganismen, Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte unterliegen aber verschiedenen Anwendungsbestimmungen und Regulierungen. Wenn ein Rodentizid beispielsweise als Biozidprodukt, nicht aber als Pflanzenschutzmittel zugelassen ist, dann darf es zwar zur Bekämpfung von Nagern im Siedlungsbereich eingesetzt werden, nicht aber zur Bekämpfung von Wühlmäusen in der Land- und Forstwirtschaft. Die Hauptkriterien zur Unterscheidung sind der Anwendungszweck und -bereich:

→ Pflanzenschutzmittel werden immer dann eingesetzt, wenn Pflanzenwuchs unterdrückt oder Kulturpflanzen, Ernte und Erzeugnisse vor Pilz- und Virenkrankheiten oder vor Tierfraß geschützt werden sollen. Pflanzenschutzmittel werden überwiegend in der Land- und Forstwirtschaft genutzt. Sie kommen aber auch in Privatgärten, Parks und an Gleisanlagen zum Einsatz. In Deutschland werden ca. 30.000 Tonnen Pestizide pro Jahr für die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln verkauft.¹

→ Biozidprodukten begegnen wir in sehr vielen Bereichen unseres täglichen Lebens – immer dann, wenn Material (inkl. Gebäude) oder die Gesundheit von Mensch oder Tier geschützt werden sollen. Sie werden aufgrund der vielfältigen Anwendungsbereiche in Desinfektionsmittel (inkl. desinfizierende Reinigungsprodukte), Schutzmittel (z. B. Holzschutzmittel, Kühlflüssigkeiten, Lacke und Farben), Schädlingsbekämpfungsmittel (z. B. Anti-Mücken-Sprays) und sonstige Biozidprodukte (z. B. Anti-Fouling-Anstriche an Booten) untergliedert. Schätzungen zu Folge werden in Deutschland ca. 55.000 Tonnen Pestizide pro Jahr für die Herstellung von Biozidprodukten verkauft.²





Mittel für alles – wo werden Pestizide eingesetzt?

Die Anwendungsbereiche von Pestiziden sind vielfältig – ob als Pflanzenschutzmittel oder Biozidprodukt, ob im Garten, auf Äckern, im Wald, in der Kanalisation oder im Haushalt.

Land- und Forstwirtschaft

Der Agrarsektor ist mit etwa 95 Prozent der verkauften Menge der größte Anwender von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland.¹ Je nach Anbauform, Kultur und klimatischen Verhältnissen variieren die Menge und die Anzahl der eingesetzten Pflanzenschutzmittel. Sie werden im konventionellen und eine sehr begrenzte Auswahl auch im biologischen Anbau angewendet. Chemisch-synthetische Mittel im konventionellen Anbau haben seit 1950 zur landwirtschaftlichen Intensivierung und zu mindestens einer Verdoppelung der Erntemenge beigetragen³. In Forsten und Wäldern werden Pestizide etwa gegen die spätblühende Traubenkirsche, Käferarten (z. B. Borkenkäfer), Nachtfalterraupen (z. B. Eichenprozessionsspinner) und Wühlmäuse eingesetzt.

Schutzgebiete

Die Anwendung besonders bedenklicher Wirkstoffe ist in Schutzgebieten zwar eingeschränkt, der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten aber weitestgehend zugelassen. Stechmücken werden beispielsweise seit über 20 Jahren auch in Naturschutzgebieten des Rheingebiets mit dem biologischen Bt-Toxin bekämpft. Dabei können auch nicht stechende Zuckmücken bis zur Hälfte reduziert und vielen Fischen, Amphibien, Vögeln und weiteren Tieren damit das Futter genommen werden.⁴

Haushalt

Biozidprodukte wie desinfizierende Wasch- und Reinigungsprodukte, Anti-Motten- oder Anti-Mäuse-Gift sind im Einzelhandel meist frei verkäuflich. Viele Gebrauchsgegenstände wie Möbel, Vorhänge und Teppiche werden schon während der Herstellung mit Insektiziden ausgestattet, um sie vor Motten und Käfern zu schützen. Auch als „antibakteriell“ gekennzeichnete Oberflächen und Produkte wie Müllbeutel, Küchenutensilien oder Sportkleidung werden häufig mit desinfizierenden Stoffen ausgerüstet. Die steigende Verwendung von Desinfektionsmitteln in privaten Haushalten ist bedenklich, denn die Stoffe gelangen über Kläranlagen in die Umwelt, tragen zur steigenden Resistenzbildung von Keimen bei und mindern die Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln in Ärzte- und Krankenhäusern.

Haus- und Gartenbereich

Im Jahr 2019 wurde über ein Fünftel der Pflanzenschutzmittel mit insektizider Wirkung an Freizeitgärtner verkauft¹. Und das, obwohl Insektizide schon in sehr geringen Mengen hochwirksam sind und ihre Anwendung in Haus- und Kleingarten ohne Sachkundenachweis erfolgen darf. Auch Biozidprodukte wie Insektensprays oder Farben für Fassaden, Gartenmöbel und Holzvertäfelungen mit Algiziden (gegen Algen) und Fungiziden werden in Haus und Garten verwendet, um etwa Schimmelbewuchs vorzubeugen. Viele der Wirkstoffe werden bei Regen von den Oberflächen ausgewaschen und gelangen in die Umwelt⁵.

Öffentliche Flächen

Auf Grünanlagen, Spiel- und Sportplätzen werden Pestizide oftmals zur Pflege und Instandhaltung eingesetzt. Die Bekämpfung von potenziellen Krankheitsüberträgern wie Ratten erfolgt beispielsweise oft mit rodentizidhaltigen Fraßködern.





Wie stark ist die Umwelt belastet?

Das ist schwer zu beurteilen bzw. weitgehend 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 Einrichtungen und Privathaushalten in die Umwelt gelangen. Auch Monitoringprogramme erfassen nur einen geringen Anteil an Wirkstoffen. Beispielsweise sind nur 61 von den etwa 280 zugelassenen Wirkstoffen für Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte in der Oberflächengewässerverordnung geregelt. Die Umweltbelastungen durch nicht gelistete Pestizide wie auch Gefahren durch Pestizidkombinationen werden nicht systematisch erfasst.

Wie gelangen Pestizide in ...

Gewässer

Pflanzenschutzmittel gelangen beispielsweise mit dem Regen in tiefere Bodenschichten, in das Grundwasser oder in angrenzende Fließgewässer und Seen. Grenzwerte werden an landwirtschaftlich genutzten Standorten fast vier Mal häufiger überschritten als an landwirtschaftlich nicht genutzten Standorten.⁶ Biozidprodukte gelangen überwiegend über Regenwasserabflusskanäle und Kläranlagen in die Umwelt. Bei Regen werden sie beispielsweise von Hausfassaden, Baumaterialien oder Gartenmöbeln ausgewaschen, die mit Materialschutzmitteln behandelten wurden. Anschließend gelangen Biozidprodukte über die Kanalisation in die Gewässer⁵. Selbst wenn Abwässer in Kläranlagen behandelt werden, können viele Wirkstoffe und deren Rückstände nicht vollständig entfernt werden, sodass die Pestizidkonzentrationen in der Nähe von Kläranlagenabläufen bis zu dreimal höher sein können als in weiter entfernten Bereichen⁷.

Luft und Boden

Viele Pflanzenschutzmittel können über die Luft verwehen und Rückstände auch Jahre nach Zulassungsende noch beispielsweise an Baumrinden nachgewiesen werden. Auch Böden sind oft noch Jahrzehnte nach der Ausbringung mit Pestiziden und deren Abbauprodukten belastet. So wies eine europaweite Studie 166 verschiedene Pestizidrückstände in über 80 Prozent der untersuchten Bodenproben nach.⁸

Organismen

Pestizide, die sich schlecht abbauen (persistent) und schnell im Organismus anreichern (bioakkumulierend), werden häufig auch in Wildtieren nachgewiesen. Diese nehmen die Stoffe über das Wasser oder über die Nahrung auf. Rodentizide werden beispielsweise in Kanalisationen, in Kellerräumen, auf Mülldeponien oder auf landwirtschaftlichen Betrieben zur Nagetierbekämpfung verwendet. In untersuchten Gebieten waren 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. Trotzdem dürfen sie aufgrund mangelnder Alternativen zur Nagetierbekämpfung unter Einhaltung bestimmter Auflagen weiterhin angewendet werden.⁹

Zu Risiken und (Neben-)Wirkungen

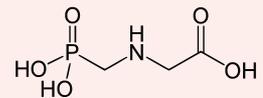
Die Menge oder der Ursprung eines Wirkstoffs erlauben keine pauschalen Rückschlüsse auf das Gefährdungspotenzial. Die Wirkung hängt primär davon ab, welche Prozesse im Organismus gestört werden. In verwandten Arten sind diese oft gleich oder strukturell sehr ähnlich. Deshalb schädigen Pestizide nicht nur Ziel-Arten, sondern meist auch sogenannte Nicht-Ziel-Organismen, 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 deshalb alle in einem behandelten Bereich vorhandenen Pflanzen und Algen, die Photosynthese betreiben.

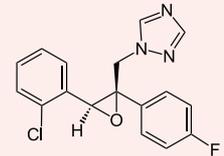
(Bild: Glyphosat)



Fungizide ...

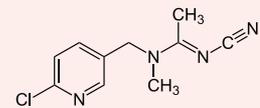
... greifen meist in Stoffwechselreaktionen zur Energiegewinnung oder zum Zellaufbau ein. Sie wirken oft unspezifisch auf verschiedene taxonomische Gruppen wie Algen, Pflanzen, Wirbellose und Wirbeltiere.¹⁰

(Bild: Epoxiconazol)



Insektizide ...

... beeinträchtigen meist das Nervensystem. Ihr Absatz beträgt zwar weniger als vier Prozent des Gesamtverbrauchs, sehr geringe Mengen reichen aber aus, um eine hohe Anzahl an Nicht-Ziel-Organismen zu schädigen. Gerade Nervengifte können auch auf Wirbeltiere wirken. (Bild: Acetamiprid)



Selbst wenn Organismen nicht direkt nach einem Pestizideinsatz sterben oder eine Schädigung zeigen, können sie langfristig beeinträchtigt sein. Das liegt daran, dass sie durch das Pestizid anfälliger oder empfindlicher für weitere Stressfaktoren werden (z. B. Fressfeinde oder Krankheitserreger). Zudem liegen Wirkstoffe so gut wie nie als Einzelstoffe, sondern in Kombinationen in der Umwelt vor. Ihre Wirkungen können sich gegenseitig verstärken. D. h. je mehr Wirkstoffe gleichzeitig ausgebracht werden oder sich noch als Rückstände im Ökosystem befinden, desto größer wird das Risiko für negative Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und das Ökosystem.

Warum ist es so wichtig, das Gesamtsystem zu betrachten?

Direkte Wirkungen auf die Fortpflanzung oder das Überleben empfindlicher Arten führen zu einer veränderten Dichte einer Population. Das führt zu Auswirkungen auf weitere Bestandteile des Systems – zu indirekten Effekten. Letztere sind schwieriger abzusehen, können nicht anhand der Stoffeigenschaften hergeleitet werden und treten häufiger auf als direkte Auswirkungen. Das liegt daran, dass alle Teile eines Ökosystems „über mehrere Ecken“ miteinander interagieren und Pestizide so zu Kettenreaktionen führen können, die sich über mehrere Nahrungsstufen hinweg ausbreiten. So können selbst dann noch Wirkungen auftreten, wenn die Pestizide schon nicht mehr nachweisbar sind.

Auch der verstärkte Anbau von Monokulturen, die Reduktion von Strukturelementen wie Hecken und Sträuchern und vergrößerte Anbauflächen tragen dazu bei, dass die Artenvielfalt beispielsweise auf Agrarflächen immer weiter sinkt. Diese Faktoren können die Artenrückgänge aber nicht alleine erklären. Eine große Anzahl an wissenschaftlicher Literatur belegt, dass Pestizide einer der zentralen Verursacher für den Rückgang der Artenvielfalt von Ackerbegleitkräutern¹¹, Gewässerorganismen^{12,13}, Vögeln¹⁴ und Insekten sind^{15,16}.



Wie wirken Pestizide auf ...

Ackerbegleitflora („Unkräuter“)

Herbizide beeinflussen neben der Artenzusammensetzung auch, wie häufig Wildkräuter und Gräser auf Äckern und angrenzenden unbehandelten Flächen vorkommen. Der flächendeckende Einsatz von Herbiziden ist deshalb eine wesentliche Ursache für den Rückgang der meisten im Bestand bedrohten Wildkräuter und Gräser. Die typischen Ackerwildkrautarten haben 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 zehn Arten – dabei handelt es sich oft um herbizidtolerante Gräser.¹⁷

Insekten

Pestizide schädigen Insekten auf unterschiedliche Weise. Zum einen, wenn Insekten direkt überspritzt werden oder sich auf behandelten Bodenoberflächen bewegen. Zum anderen, wenn sie die Blüten behandelter Pflanzen besuchen und deren Pollen und Nektar sammeln. Schon geringe Dosen, die Insekten mit dem Nektar und den Pollen aufnehmen, reichen aus, um ihr Immunsystem und ihr Lern-, Orientierungs- sowie Flugverhalten zu schwächen. Dies macht die Tiere anfälliger für Parasiten und Krankheiten. Sie überleben die Überwinterung nicht oder werden zu leichter Beute für Fressfeinde.^{18,19} Die Auswirkungen von Herbiziden auf Bestäuber sind komplexer als die von Insektiziden, weil sie die Verfügbarkeit von Futter und Lebensraum beeinflussen¹⁷. Deshalb sinken insbesondere die Bestände von Bestäuberarten schnell, die auf nur wenige Pflanzenarten spezialisiert sind²⁰.

Vögel

Der Verlust an Brachflächen, die Verarmung an Ackerbegleitgräsern und der Rückgang der Insektenpopulationen spiegeln sich deutlich in den rückläufigen Bestandsentwicklungen vieler Vogelarten wider. Sie finden immer weniger Brutplätze und Nahrung oder werden direkt durch Pestizide geschädigt, wenn sie mit Pflanzenschutzmitteln beschichtete Samen oder getötete Insekten fressen. In Folge dessen wird häufig von geringerer Fähigkeit zu jagen, sich fortzupflanzen oder zu migrieren berichtet.²¹ Auch Greifvögel verzehren oft vergiftete Beutetiere wie Wühlmäuse oder Fische. Vögel sterben oft nicht direkt an den Folgen der Pestizide, sondern an den indirekten Auswirkungen wie Verhaltensänderungen und verzögertem Reaktionsvermögen. Geschwächte Tiere sind anfälliger für Infektionskrankheiten und werden häufiger in Unfälle verwickelt⁹.

Fledermäuse

Die sinkenden Insektenbestände machen es den Fledermäusen besonders schwer, ihren hohen täglichen Energiebedarf zu decken. Der hohe Bedarf an Insekten kann aber auch dazu führen, dass sie größere Mengen an Pestiziden aufnehmen. Anfang der 1990er-Jahre wurde beispielsweise von erhöhten Rückständen an Pestiziden in toten Jungtieren berichtet²². Viele der damals zugelassenen hochgiftigen und langlebigen Pestizide sind heute nicht mehr erlaubt. Jedoch können Fledermäuse und andere Säugetiere vor allem fettlösliche Stoffe in den Fettreserven anreichern. Im Winterschlaf oder der Stillzeit der Jungtiere bauen sie diese ab und mobilisieren damit auf einmal die gespeicherten Pestizide. Die Tiere können so sich selbst, ihre Jungtiere mit der Muttermilch oder ihre Räuber vergiften.

Amphibien

Auch Amphibien werden durch den Rückgang ihrer Futterquellen geschädigt. Zudem nehmen Amphibien Pestizide leicht über ihre durchlässige Haut auf, wenn sie über gespritzte Böden hüpfen, an Land übersprüht werden oder in belasteten Gewässern laichen. Studien zufolge können schon Konzentrationen, die in der Umwelt tatsächlich eingesetzt werden, über ein Drittel der Tiere innerhalb einer Woche töten²³. Zudem sind schon seit Jahren verbotene Pestizide in der Umwelt immer noch vorhanden. Die Konzentration des verbotenen Herbizids Atrazin zum Beispiel ist in Oberflächengewässern noch hoch genug, um eine verringerte Fruchtbarkeit und eine Verweiblichung von männlichen Fröschen hervorzurufen.





Was können wir tun?

Die Umweltbelastung mit Pestiziden treibt den Rückgang der Artenvielfalt weiter voran. Ambitionierte Maßnahmen seitens der Politik, der herstellenden Unternehmen, des Handels und der Anwender*innen müssen zu einem Umdenken im Umgang mit Pestiziden führen. Das betrifft die Verwendung von Pestiziden in der Land- und Forstwirtschaft, aber auch Freizeitgärtner*innen und Anwender*innen von Biozidprodukten in Haus, und Garten gleichermaßen. Vorbeugende und alternative Maßnahmen wie durchdachte Produktwahl können die Anwendung und den Umwelteintrag von Pestiziden stark reduzieren.



Lebensmittel

Konsument*innen können auf nachhaltigere Bewirtschaftungsformen achten, die alternative, ökologisch nachhaltigere Pflanzenschutzmethoden verfolgen. Diese sind aber 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 regionaler und saisonaler Ware ist besser als der Import aus anderen Ländern, in denen u. U. geringere Umweltauflagen für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln gelten.

Haus-, Kleingarten und Außenbereich

In Privatgärten ist Umdenken gefragt. Vorbeugende Maßnahmen und eine robuste Pflanzenwahl machen Pflanzenschutzmittel überflüssig. Praxistipps zu abwechslungsreichen Fruchtfolgen, Sortenwahl, Einsatz von Nützlingen und mechanischen oder thermischen Methoden gegen Unkraut liefern das Umweltbundesamt (UBA) in seiner Broschüre „Gartenlust statt Gartenfrust“ und der NABU in „Giftfrei Gärtnern“. Biozidprodukte wie Materialschutzmittel für Holz oder Fassaden sind meist ebenso vermeidbar. Detaillierte Informationen zu vorbeugenden Maßnahmen und biozidfreien Alternativen liefert das UBA im Online-„Biozid-Portal“.

Haushalt und Wohnbereich

Ausreichende Hygiene kann auch ohne Desinfektion, nämlich durch regelmäßiges Händewaschen und die Reinigung von Oberflächen und Türklinken mit haushaltsüblichen Wasch- und Reinigungsmitteln erreicht werden. Der Einsatz von Desinfektionsmitteln und antibakteriellen Reinigungsprodukten in medizinischen Einrichtungen ist aber nicht in Frage zu stellen. Auch Biozidprodukte wie Schädlingsbekämpfungsmittel sind im Privatbereich zumeist überflüssig und ihr Einsatz kann durch vorbeugende Maßnahmen vermieden werden. Eine in Ausnahmefällen notwendige Schädlingsbekämpfung sollte nur durch qualifizierte Schädlingsbekämpfer*innen durchgeführt werden. Das „Biozid-Portal“ liefert viele Informationen zu vorbeugenden Maßnahmen und biozidfreien Alternativen.

Politisch aktiv werden

Ein wichtiger Faktor für eine nachhaltigere Landwirtschaft ist eine Agrarpolitik, die relevante Regelungen und Anreize so setzt, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln minimiert und Landwirte 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.



QUELLEN

1. BVL. Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2019. (2020).
2. Rüdell, H. & Knopf, B. Vorbereitung eines Monitoring-Konzepts für Biozide in der Umwelt. Rep. FKZ 360, 36 (2012).
3. Metz, R. Säkulare Trends der deutschen Wirtschaft. GESIS Datenarchiv, Köln. histat. (2005). Verfügbar unter: <https://histat.gesis.org/histat/de/table/details/BA435BFEEBCCB403BC68D2EED7FBA002> (abgerufen am 25.06.2020).
4. Allgeier, S., Brühl, C. & Frör, O. Entwicklung eines naturschutzkonformen Konzeptes zur Stechmückenbekämpfung am Oberrhein. (2019).
5. Burkhardt, M. Spurenstoffeinträge aus Baumaterialien in Gewässer. in GEWÄSSERSCHUTZ - WASSER - ABWASSER (2018).
6. 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).
7. Münze, R. et al. Pesticides from wastewater treatment plant effluents affect invertebrate communities. Sci. Total Environ. 599–600, 387–399 (2017).
8. Silva, V. et al. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. Sci. Total Environ. 653, 1532–1545 (2019).
9. Jacob, J., Broll, A. & Esther, A. Rückstände von als Rodentizid ausgebrachten Antikoagulantien in wildlebenden Biota. Umweltbundesamt 62 (2018).
10. 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).
11. Geiger, F. et al. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. Basic Appl. Ecol. 11, 97–105 (2010).
12. 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).
13. Stehle, S. & Schulz, R. Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. Proc. Natl. Acad. Sci. 112, 5750–5755 (2015).
14. Mineau, P. & Whiteside, M. Pesticide acute toxicity is a better correlate of US grassland bird declines than agricultural intensification. PLoS One 8, e57457 (2013).
15. Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A. G. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. Biol. Conserv. 232, 8–27 (2019).
16. IPBES. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Sekretariat des Weltbiodiversitätsrats IPBES, Bonn, Deutschland (2016).
17. BVL. Positionspapier des Fachbeirats Nachhaltiger Pflanzenbau. Mehr Verunkrautung wagen: Plädoyer für einen Perspektivwechsel in der Unkrautbekämpfung im Ackerbau. (2019).
18. 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).
19. 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).
20. Biesmeijer, J. C. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science 313, 351–354 (2006).
21. 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).
22. Hofmann, K. & Heise, G. Vergiftung junger Mausohren (*Myotis myotis*) durch Pflanzenschutzmittel. Nyctalus (NF) 4, 85–87 (1991).
23. 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).

Impressum:

© 2020, NABU-Bundesverband, 1. Auflage 12/2020

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V., Charitéstraße 3, 10117 Berlin
NABU@NABU.de, www.NABU.de

Text/Redaktion: Dr. Verena Riedl, Christina Focke

Lektorat: Ursula Schmidt

Gestaltung: süßes + saures, Berlin

Druck: Kuthal Print GmbH & Co. KG, Mainaschaff;
gedruckt auf FSC-Recyclingpapier

Art.-Nr.: 5543

Bildnachweis: Titel: Dusan Kostic, Maridav/stock.adobe.com; S. 2: Dusan Kostic, Artyom Belozorov, New Africa/stock.adobe.com; S. 3: rangizzz, kucherav, Jürgen Fälchle, msk.nina/stock.adobe.com; S. 4: eevl, nataba, photocech/stock.adobe.com; S. 5: RHJ, David, Ricochet64/stock.adobe.com; S. 6: Feld mit Wildblumen, Matthias Tschumi; Schmetterling, NABU/CEWE/Marcus Rimpel; Vogel/Neuntöter, NABU/CEWE/Karl-Heinz Epperlein; S. 7: JackF, Racle Fotodesign, cookiechoo/stock.adobe.com; S. 8: Wellnhofers Designs, cegli/stock.adobe.com