



Naturschutzthema Chemie

Umweltrelevante Chemikaliengruppen
im Kurzportrait

Impressum

Herausgeber

© 2023, NABU-Bundesfachausschuss Umweltchemie und Ökotoxikologie und NABU-Landesverband Sachsen

2. vollständig überarbeitete Auflage 09/2023

NABU (Naturschutzbund Deutschland) e. V.
NABU Bundesfachausschuss Umweltchemie und Ökotoxikologie
Charitéstraße 3
10117 Berlin
BFA-Oekotoxikologie@NABU.de
www.NABU-bfa-oekotox.de

und

NABU-Landesverband Sachsen e. V.
Löbauer Straße 68
04347 Leipzig
0341 337415-0
landesverband@NABU-Sachsen.de
<https://sachsen.nabu.de>

Text

Dr. Kathleen Burkhardt-Medicke (NABU Sachsen, NABU-Bundesfachausschuss Umweltchemie und Ökotoxikologie), Thomas Langbehn (NABU Sachsen), Dr. Bernd Wille (NABU-Bundesfachausschuss Umweltchemie und Ökotoxikologie), Dr. Maria Vlaic (NABU Sachsen), Vivienne Huwe (NABU-Bundesverband)

Redaktion

Dr. Kathleen Burkhardt-Medicke (NABU Sachsen, NABU-Bundesfachausschuss Umweltchemie und Ökotoxikologie), Dr. Anja Thijsen, Dr. Bernd Wille (NABU-Bundesfachausschuss Umweltchemie und Ökotoxikologie), Dr. Verena Riedl (NABU-Bundesverband)

Gestaltung

Gesine Hildebrandt, Dresden

Druck

bonitasprint, Würzburg, gedruckt auf
100 % Recyclingpapier

Bezug

Die Broschüre »Naturschutzthema Chemie – Umweltrelevante Chemikaliengruppen im Kurzportrait« erhalten Sie beim NABU-Shop:

- Online-Bestellung unter www.NABU-Shop.de
- Tel.: +49 (0)21 63.575 52 70 (Standard Festnetztarif)
- Fax: +49 (0)21 63.575 52 72 (Standard Festnetztarif)
- E-Mail: info@NABU-Shop.de

Sie erhalten diese Broschüre kostenfrei zzgl. Versandkosten. Artikel-Nr.: 501340115

Bildautor*innen

Titel: max dallocco/stock.adobe.com, Ameer/stock.adobe.com;

S. 27 oben links: Oscar Klose;

S. 27 oben rechts: Ingo Ludwichowsky;

S. 27 unten links: Felix Paulin;

S. 27 unten rechts: Sandra Kühnapfel;

alle anderen Fotos: siehe jeweilige Bildunterschriften

Diese Broschüre wurde bis Dezember 2022 aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Projekt »Saxony⁵« gefördert.

1. Fassung vom April 2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Inhalt

Vorwort	4
Pestizide	8
Pflanzenschutzmittel	9
Biozide	10
(Mikro-)Plastik	11
Per- und polyfluorierte Kohlenstoffverbindungen (PFAS)	12
Endokrine Disruptoren und endokrin aktive Substanzen	14
Arzneimittelrückstände in der Umwelt	15
Antibiotika und Antibiotikaresistenzen	16
Düngemittel	17
Stickstoff	18
Phosphor	19
Gentechnisch veränderte Organismen	20
Literatur	22
Weiterlesen	26

Liebe Leser*innen,

im Alltag kommen wir täglich mit verschiedenen Chemikalien in Kontakt. Wir nehmen Lebensmittel zu uns, für deren Herstellung oftmals Pestizide, Düngemittel und bei tierischen Erzeugnissen auch Medikamente eingesetzt wurden. Gegenstände in unseren Wohnungen bestehen aus künstlichen Verbindungen: Kleidung und Möbel enthalten synthetische Fasern, Verpackungen und Alltagsgegenstände bestehen aus Plastik und elektronische Geräte beinhalten beispielsweise Batterien oder Akkus mit verschiedener chemischer Zusammensetzung und Flammenschutzmittel. Viele nutzen zudem Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmittel sowie Medikamente.

Die globale Produktionskapazität von Chemikalien hat sich von 2000 bis 2016 etwa verdoppelt. Dabei nahm beispielsweise die Kunststoffproduktion zwischen 2000 und 2015 um 79 Prozent zu. Auch die Produktionskapazität von Pestiziden und der Verbrauch von Antibiotika sind in diesem Zeitraum gestiegen.

Von den weltweit 350.000 Chemikalien und deren Mischungen wurden 70.000 in der letzten Dekade für die Risikobewertung und anschließende Regulierung registriert: Basierend auf den Daten, die bei der Registrierung eingereicht werden, sollen Vorgaben für den sicheren Gebrauch der Chemikalien abgeleitet werden. Für einen Großteil der verwendeten Chemikalien fehlen demnach verlässliche Daten zu deren Wirkung. Sogar für bereits registrierte Chemikalien sind

die vorhandenen Daten oft unvollständig, was die Regulierung erschwert.

Wissen wir genug?

Früher oder später gelangen in Verkehr gebrachte Chemikalien in Gewässer und Böden, einige verteilen sich weltweit oder gelangen in die Nahrungsketten. Für den schlechten chemischen Zustand des Grundwassers im Bundesgebiet sind beispielsweise zu etwa einem Drittel die Belastung durch Nitrat (27 Prozent) und durch Pestizide (2,8 Prozent) verantwortlich (im Zeitraum 2016–2018). Auch Tiere und andere Organismen können mit Chemikalien belastet sein. In dem Projekt »Diversität von Insekten in Naturschutzgebieten« (DINA) wurde die Insektenvielfalt in 21 Fauna-Flora-Habitat-Gebieten erfasst und die Belastung gefangener Insekten mit Pflanzenschutzmitteln untersucht. Es wurden Rückstände von 47 Wirkstoffen gefunden, durchschnittlich wurden 16,7 in den Insektenproben gefunden.

Eine Untersuchung von etwa 100 Bächen in direkter Nähe zu stark landwirtschaftlich geprägten Gebieten ergab, dass in 80 Prozent dieser Gewässer die regulatorischen Grenzwerte für die untersuchten Pestizidwirkstoffe überschritten wurden. Ferner veränderte sich die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften des Gewässerbodens – dazu zählen unter anderem Insektenlarven und Krebstiere.

Bislang wird nicht systematisch überprüft, ob die Vorhersagen zu Effekten von Chemikalien auf Organismen oder Ökosysteme korrekt waren und die Anwendung der Chemikalien tatsächlich für den Naturhaushalt unbedenklich sind.

Wieso sind Chemikalien für den Naturschutz relevant?

Viele Chemikalien reagieren – kurzzeitig oder andauernd – mit den Bestandteilen lebender Zellen. Fettlösliche Chemikalien reichern sich in Zellmembranen von Lebewesen an. Chemikalien können das Erbgut schädigen, die Funktionen der Zelloberflächen, die Kommunikation im Organismus (über Hormone) oder den Stoffwechsel beeinflussen. Einige Chemikalien können in vermeintlich winzigen Konzentrationen starke Wirkungen haben, wie beispielsweise Vertreter der Neonikotinoide.

Chemikalien wie Pestizide (Pflanzenschutzmittel, Biozide) und Antibiotika sollen gezielt schädigend auf Zielorganismen wirken, wobei häufig auch Nichtzielorganismen betroffen sind. Es treten auch unbeabsichtigte Effekte auf, etwa durch Plastik oder Arzneimittel, die in die Umwelt gelangen.

Die Wirkung von Chemikalien kann akut sein, das heißt sofort sichtbar werden, oder sie kann chronisch sein, das heißt erst bei dauerhaftem oder wiederholtem Kontakt eine Langzeitwirkung zeigen. Es gibt weiterhin indirekte Effekte. Etwa wenn Herbizide die Ackerbegleitflora reduzieren und so Insekten weniger Futterpflanzen finden.

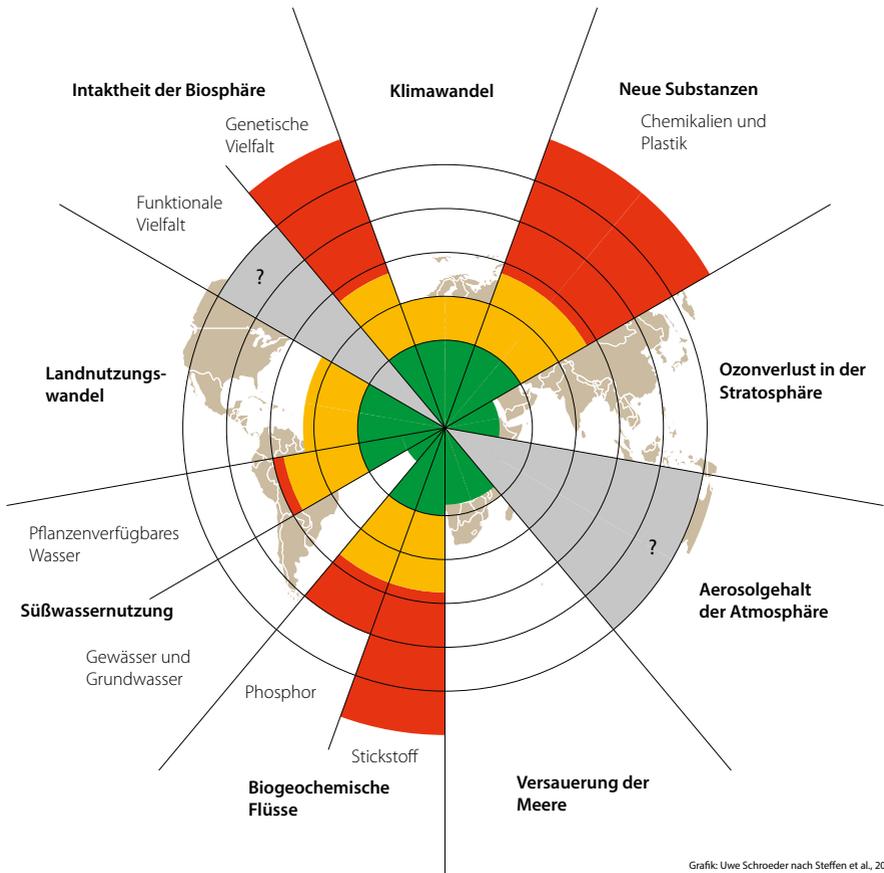
Da die Produktion von Chemikalien steigt und negative Folgen auf Lebewesen durch in die Umwelt gebrachte Chemikalien schon bekannt sind, muss sich dem Thema der Chemikalienbelastung aus Naturschutzsicht gewidmet werden.

Grenzen der Belastbarkeit – Produktionsmenge an Chemikalien zu hoch?

Mit dem Konzept der planetaren Belastbarkeitsgrenzen wurden für neun Bereiche des Erdsystems Grenzen herausgearbeitet, bei deren Überschreitung die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme zunehmend eingeschränkt wird (siehe Abbildung Seite 6). Dabei werden Variablen berücksichtigt, die die Funktionsfähigkeit des Systems beeinflussen und somit kritische Faktoren im Erreichen von sogenannten Kipp-Punkten darstellen. Wird ein Kipp-Punkt überschritten, führt das zu einer dramatischen Veränderung des Ökosystems. Die Konsequenzen sind nicht absehbar und meist nicht oder nur unter großen Anstrengungen umkehrbar.

Die Farbgebung der Bereiche in der Abbildung deutet an, inwieweit der Mensch sich noch innerhalb eines sicheren Handlungsspielraumes bewegt, oder ob der sichere Handlungsraum eines bestimmten Bereichs bereits verlassen wurde. Der Klimawandel, der Verlust der Biodiversität sowie der Stickstoff- und Phosphorkreislauf zählen zu den als kritisch beurteilten Bereichen.

2022 erschien eine Studie, die die planetaren Belastbarkeitsgrenzen für Süßwassernutzung (»blaues Wasser«) um den Bereich »grünes Wasser« ergänzte und



Gratik: Uwe Schroeder nach Steffen et al., 2015; Persson et al., 2022 und Wang-Erlandsson et al., 2022

- sicherer Handlungsraum verlassen; hohes Risiko gravierender Folgen
- sicherer Handlungsraum verlassen; erhöhtes Risiko gravierender Folgen
- Menschheit agiert im sicheren Handlungsraum
- Belastbarkeitsgrenze nicht definiert

den terrestrischen Niederschlag, die Verdunstung und die Bodenfeuchte (pflanzenverfügbares Wasser) untersuchte – im Ergebnis ist die Belastbarkeitsgrenze für »grünes Wasser« überschritten. Eine weitere neue Studie aus 2022 schätzt den Bereich novel entities – übersetzt mit »Neue Substanzen – Chemikalien und Plastik¹« als außerhalb des sicheren Handlungsspielraums ein. Das Autor*innenteam

begründet seine Einschätzung damit, dass die Kapazitäten der Gesellschaft zur Durchführung von Sicherheitsbewertungen und Überwachung von Chemikalien mit den Produktionstrends der Chemikalien nicht Schritt hält.²

Laut einer im September 2023 veröffentlichten Studie (Richardson et al., 2023) sind heute sechs von neun der planetaren Grenzen überschritten.³

Politisches Handeln im Sinne des Vorsorgeprinzips

Um kaum umkehrbare, gravierende Folgen für das Erdsystem und uns Menschen zu verhindern, muss sich unser Handeln am Vorsorgeprinzip orientieren. Bereits 1992 war dies Bestandteil der Erklärung der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung. Das bedeutet, dass bei der Herstellung und Verwendung von Produkten und Verfahren, bei denen weitreichende Umweltauswirkungen zu erwarten sind, bereits vor dem möglichen Eintreten von Schäden vorsorglich gehandelt werden muss. Dies gilt auch, wenn ein solcher Fall nicht sehr wahrscheinlich ist und es keine »vollständige wissenschaftliche Gewissheit« über die Folgen und das voraussichtliche Ausmaß gibt. Anlass für Schäden können hier Katastrophen wie ein Atomkraftwerk-Unfall aber auch zugelassene Anwendungen (wie das Ausbringen des Insektizids Dichlordiphenyltrichloräthan (DDT)) oder die unbeabsichtigte Freisetzung (wie die von polychlorierter

Biphenyle (PCB) aus industriellen Anwendungen) sein.

Über dieses Heft

In Form von Steckbriefen wird eine Auswahl an umweltrelevanten Themen und Chemikaliengruppen vorgestellt, die im Bereich der planetaren Belastbarkeitsgrenzen unter »Neue Substanzen – Chemikalien und Plastik« kategorisiert sind. Es wird dabei auf heute bereits sichtbare Folgen für Natur und Umwelt eingegangen. Zu den vorgestellten Themen zählen auch gentechnisch veränderte Organismen. Am Rande oder jenseits der Belastbarkeitsgrenzen befinden sich auch die Stoffströme. Daher werden die Themen Düngemittel, Stickstoff und Phosphat vorgestellt.

Kathleen Burkhardt-Medicke

Thomas Langbehn

Bernd Wille

1 Die Belastbarkeitsgrenze »Neue Substanzen« wurde ehemals »Neue Substanzen und modifizierte Lebensformen« (Steffen et al., 2015) und »chemische Verschmutzung« (Rockström et al., 2009) genannt.

2 Erwähnenswert ist hier, dass es bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Metalle) kein vormenschliches Hintergrundniveau gibt, mit dem verglichen werden kann. Auch ist es schwierig, einen Grenzwert für die große Anzahl an Chemikalien festzulegen. Die Einschätzung basiert letztlich auf einer Gegenüberstellung der Veränderungsraten von Kontrollvariablen (für Produktion, Freisetzung und Wirkung auf Erdsystemprozesse) mit den in den Gesellschaften beobachteten Kapazitäten für die Chemikalienbewertung und das Monitoring.

3 Die Studie von Richardson et al. (2023) erschien zum Redaktionsschluss und wird daher hier ergänzend nur kurz zusammengefasst. Es wurden einzelne Kontrollvariablen und planetare Belastbarkeitsgrenzen neu bewertet. Die Autor*innen weisen zudem auf die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den Kontrollvariablen hin. Im Vergleich zur auf Seite 6 dargestellten Grafik sind laut dieser Studie die Grenzen für die funktionale Belastung der Biosphäre überschritten. Von den drei noch nicht überschrittenen Grenzen hat sich der Ozonverluste der Stratosphäre leicht verbessert, der Aerosolgehalt der Atmosphäre überschreitet regional die Grenze und die Versauerung der Meere ist nah an der planetaren Belastbarkeitsgrenze.

Pestizide

Ein Pestizid bezeichnet einen Wirkstoff, der Schadorganismen tötet oder hemmt. Häufig werden in der Umgangssprache mit Pestiziden chemisch-synthetische Wirkstoffe adressiert. Die Wirkstoffe von Pestiziden können biologischen, mineralischen oder chemisch-synthetischen Ursprungs sein. Pestizide werden üblicherweise in Herbizide (Pflanzen), Fungizide (Pilze), Insektizide (Insekten) und andere eingeteilt; das heißt nach den Zielorganismen, auf die sie wirken sollen. Studien zeigen jedoch, dass Pestizide häufig nicht gewollte oder indirekte Wirkungen auf weitere Organismen und auf Ökosystemebene haben. Mischungseffekte wurden noch nicht ausreichend untersucht.

Je nach ihrer Anwendung werden Pestizide entweder als Pflanzenschutz-

mittel zum Schutz von Nutzpflanzen oder als Biozid zum Schutz von Menschen oder Materialien zugelassen. Neben dem oder den Wirkstoff(en) können die fertigen Produkte zusätzlich Beistoffe zur Stabilisierung, Wirkungsverstärkung und Konservierung enthalten.

Wie Sie den Pestizideinsatz reduzieren oder vermeiden können, erfahren Sie im NABU-Wissen-Kurs »Pestizide in Haus & Garten – das solltest du wissen« unter www.NABU-Wissen.de



Auf den Internetseiten des Umweltbundesamtes und des Bundesinstituts für Risikobewertung können Sie sich weitergehend informieren. Auf Seite 26 stellen wir Materialien des NABU zu diesem Thema vor.



Im eigenen Garten kann auf Pestizide verzichtet werden. Marienkäferlarven helfen bei Blattlausbefall. Foto: M. Vlaic

Pflanzenschutzmittel

Pflanzenschutzmittel werden hauptsächlich in der Landwirtschaft ausgebracht, um Nutzpflanzen vor Pilzen, Insekten und Nagern zu schützen sowie Beikraut entgegenzuwirken. Die Wirkung der Pflanzenschutzmittel ist vielfältig, beispielsweise zielt sie auf den Stoffwechsel, die Entwicklung oder, wie bei Insektiziden, auf das Nervensystem.

Allerdings ist die toxische Wirkung der meisten Mittel nicht auf die Zielorganismen beschränkt.

Andere Tier- und Pflanzenarten können ebenso geschädigt werden, wenn sie mit Pflanzenschutzmitteln in Kontakt kommen. Spritznebel oder Abriebstäube von behandeltem Saatgut können in benachbarte Gewässer oder andere Landschaftselemente gelangen. Durch Starkregen und über Entwässerungsgräben gelangen sie in Gewässer, über Versickerung in das Grundwasser.

Auf Seite 26 weisen wir auf ausführliche Infomaterialien des NABU zu Pestiziden hin.



Nicht nur der eigentliche Wirkstoff kann den Naturhaushalt schädigen: Pflanzenschutzmittel enthalten oft Beistoffe, die zum Beispiel die Aufnahme in den Körper des Schädlings gewährleisten. Auch von diesen geht eine Gefahr für die Natur aus. Fotos: M. Vlaic, I. Ebert

Biozide

Zu den Bioziden zählen unter anderen Desinfektionsmittel, Schutzanstriche und Schädlingsbekämpfungsmittel. Es sind Mittel zum Töten oder Hemmen verschiedener Schadorganismen, um Menschen, Tiere oder Materialien vor diesen zu schützen.

In Bioziden und Pflanzenschutzmitteln können die gleichen Wirkstoffe enthalten sein – unterschiedlich sind die Zulassung und der Verwendungszweck. Wie bei Pflanzenschutzmitteln gilt auch hier: keine Wirkung ohne Nebenwirkung. Die Wirkstoffe finden sich mittlerweile auch

dort, wo sie nicht gewünscht sind: in Flüssen, Fischen oder Raubvögeln.

Das in Außenanstrichen enthaltene Herbizid Terbutryn wird als toxisch für die aquatische Umwelt eingestuft und in Konzentrationen oberhalb der zulässigen Konzentrationen in Oberflächenwasser gefunden.

Biozidhaltige Produkte sollten deshalb nur dann eingesetzt werden, wenn es gar nicht anders geht. Wir empfehlen, sich vor jeder Anwendung aufmerksam zu informieren – auch über weniger schädliche Alternativen.

Ausführlich informiert der NABU hier zu Bioziden: www.NABU.de/biozide



Die Zulassungsstelle für in Deutschland gemeldete und zugelassene Biozidprodukte ist die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BfA). Dort und über die auf dem Produkt gedruckte Registrierungsnummer finden Sie weitere Informationen.

Fotos: Kathleen Burkhardt-Medicke

(Mikro-)Plastik

Synthetische Polymere sind besonders beständig, lebensmittelecht oder haben andere für den Anwender interessante Eigenschaften. In die Umwelt gelangte Kunststoffe verwittern allerdings zu immer kleineren Objekten (Partikeln, Fasern u. a.). Zu den in die Umwelt eingetragenen Kunststoffen gehören neben vielerorts sichtbaren Verpackungsresten auch Reifenabrieb und Synthetikfasern von Kleidung. Mittlerweile sind Plastikrückstände an Stränden, in Süßgewässern, in der Antarktis und in Organismen selbst zu finden. Je nach Größenverhältnis von Plastikpartikel zu Organismus füllt das aufgenommene Plastik die Verdauungsorgane und die Tiere verhungern. Kleinste Partikel, die ins Gewebe eingedrungen sind, können vielfältige Entzündungsreaktionen auslösen. Des Weiteren wird diskutiert, welche Rolle Plastikpartikel bei der Verbreitung von (kleinen) Organis-



Zu den 2017 am häufigsten verarbeiteten Kunststoffen gehören Polypropylen (PP), Polyethylen (PE) und Polyvinylchlorid (PVC). Mehr als ein Drittel der hergestellten Kunststoffe wird für Verpackungen benötigt.

Foto: Uwe Schroeder

men spielen und inwieweit Zusatzstoffe (Additive) in Kunststoffen bedenklich sind.

Etwa 3.200 Chemikalien mit potentiell gefährlichen Eigenschaften können mit Kunststoffen und der Kunststoffproduktion assoziiert sein. Eine Studie zu den planetaren Belastbarkeitsgrenzen im Bereich Chemikalienverschmutzung schätzt die Plastikverschmutzung mit Blick auf die gestiegene Kunststoffproduktion – um 79 Prozent zwischen 2000 und 2015 – als besorgniserregend ein.

Aufgrund der Haltbarkeit von Plastik werden sich langfristig Kunststoffpartikel verschiedener Formen und Größen bis in den Nanobereich in der Umwelt ansammeln. Aus Naturschutzsicht müssen die Einträge von Kunststoffen in die Umwelt durch menschliche Aktivitäten reduziert werden, etwa durch bessere Kreislaufführung und suffizientere Gewohnheiten.

Hinweise auf weiterführende Informationen des NABU zur Plastik-Thematik finden Sie auf Seite 26.



Zigarettenfilter bestehen aus Zellulose-Acetat, welches zu den bio-basierten Kunststoffen zählt. Mindestens die sich aus den Zigarettenstummeln lösenden Chemikalien sind ein Umweltproblem.

Foto: Kathleen Burkhardt-Medicke

Per- und polyfluorierte Kohlenstoffverbindungen (PFAS)

PFAS (englisch *per- and polyfluoroalkyl substances*) bezeichnen eine Gruppe von synthetisch erzeugten Kohlenstoffverbindungen, die durch den Einbau von Fluor chemisch sehr stabil und langlebig sind. Sie werden vielfältig angewendet, zum Beispiel in Lebensmittelverpackungen, Outdoor-Kleidung, Geschirrspülmitteln oder als Brandschutzmittel sowie in vielen industriellen Prozessen.

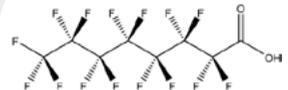
Seit den 50er Jahren haben sich PFAS auf der ganzen Welt ausgebreitet und wurden in Böden, Gewässern, in der Luft sowie in Lebewesen und sogar im Menschen nachgewiesen.

PFAS verursachen unter anderem Leberschäden und Schilddrüsenenerkrankungen.

Insbesondere die Unterdrückung von Immunreaktionen bei Säuglingen und Kleinkindern gilt als sehr bedenklich – hierauf basieren die Lebensmittel-Grenzwerte. Laborstudien zeigen Effekte auf das Immun- und Nervensystem. Studien mit wildlebenden Tieren sind schwierig. Neurologische und immunologische Effekte von PFAS sind z. B. in Delfinen festgestellt worden. In arktischen Möwen gibt es einen Zusammenhang von PFAS-Belastung und Überlebens- und Reproduktionsfähigkeit. Etliche PFAS werden als bioakkumulierend (sich in Organismen anreichernd), persistent (schwer abbaubar) und/oder toxisch eingestuft. Eine Herausforderung stellt die Vielfalt der über 4.000 PFAS mit Blick auf deren Monitoring und die Entwicklung von Methoden zur Quantifizierung von Effekten dar.



PFAS-Grenzwerte der europäischen Lebensmittelbehörde für die wöchentliche Aufnahme werden teils überschritten. Vom häufigen Verzehr von Süßwasserfischen in Niedersachsen wird inzwischen abgeraten. Foto: Luis Miguel Bugallo Sánchez (CC BY-SA 2.5 ES)



Strukturformel von Perfluorooctansäure (PFOA): Verschiedene PFAS unterscheiden sich in der Anzahl der Kohlenstoffatome, der Fluoratome und anderer funktioneller Gruppen.

Wie wird die Verwendung von PFAS gesetzlich geregelt?

Der Einsatz von zwei PFAS-Vertretern – PFOS und PFOA – ist nach EU-Recht im Rahmen der Persistent Organic Pollutants-Verordnung bis auf eine Reihe von Ausnahmen verboten (seit 2006 bzw. 2020 für PFOA), seit August 2021 sind sechs weitere Verbindungen erfasst. Allerdings werden diese Chemikalien häufig lediglich durch andere Vertreter dieser vielgestaltigen Verbindungsgruppe ersetzt.

Erst seit 2021 gibt es auf EU-Ebene eine Initiative von sechs Ländern, darunter Deutschland, die Stoffe als ganze Gruppe zu regulieren. Mit einer Verabschiedung ist 2025 zu rechnen, mit Wirksamkeit ab etwa 2030. Damit wären alle PFAS in der EU verboten. Es ist allerdings davon auszugehen, dass es Ausnahmeregelungen und lange Übergangsfristen geben wird.

PFAS sind in Produkten in vielen Fällen nicht deklarationspflichtig. Es hilft nur, sich zum jeweiligen Produkt zu informieren, ob sie enthalten sind. In der Outdoor-Bekleidungsbranche werben Firmen inzwischen mit dem Attribut PFAS-frei. Für bestimmte Produkte gibt es nationale Regelungen, etwa das PFAS-Verbot in Fastfood-Verpackungen in Dänemark und den Niederlanden. Eine generelle Deklarationspflicht wäre ein wirksamer Ansatz, da Alternativen – wie veränderte Konsumgewohnheiten – möglich sind und auch weil es die Gefahr minimiert, dass in ihrer Funktion ähnliche PFAS eingesetzt werden, wenn einzelne gefährliche PFAS verboten werden.



Eine Studie von 2022 zeigt, dass in Antibeschlag-Sprays und Tüchern für Brillen PFAS enthalten sind und diese zu veränderter Vitalität und Eigenschaften des Stoffwechsels in Zellkulturen führten. Fotos: Kathleen Burkhardt-Medicke



In einigen Branchen wird für PFAS-freie Produkte geworben.

Endokrine Disruptoren und endokrin aktive Substanzen

Endokrine Disruptoren (ED) und endokrin aktive Substanzen (EA) sind Chemikalien, die das Hormonsystem, auch endokrines System genannt, von Menschen und Tieren beeinflussen. Hormone wie Östrogen und Kortisol sind in geringsten Mengen wirksam und steuern Stoffwechsel, Wachstum und Fortpflanzung. Laut Weltgesundheitsorganisation sind etwa 800 Chemikalien natürlich vorkommenden Hormonen in ihrer Struktur ähnlich und können wie körpereigene Hormone wirken oder deren Gegenwirkung hervorrufen. Ein bekanntes Beispiel sind Phthalate. Sie werden bei der Weichplastikherstellung eingesetzt und können in verschiedenen Plastikgegenständen aber auch Kosmetika enthalten sein. Seit 2015 sind Phthalate als besonders besorgniserregend eingestuft und zulassungspflichtig. Die Effekte von EDs und EAs reichen vom Verschieben der Geschlech-



Antifouling-Anstriche für Boote mit Terbutylzinn-Verbindungen verhindern den Bewuchs von Algen. Die zinnorganischen Verbindungen beeinflussen jedoch auch das Hormonsystem von Amphibien, Fischen und Schnecken. In der EU sind (trisubstituierte) zinnorganische Verbindungen seit Juni 2010 in Erzeugnissen verboten. Foto: Kathleen Burkhardt-Medicke

terverhältnisse oder deren Geschlechtsausprägung bei Wildtieren bis zur Förderung bestimmter Krebsarten beim Menschen. Chemikalien, die die Funktion der Schilddrüse beeinflussen, stören die Metamorphose von Amphibien, wodurch auch Populationen in Gefahr sind.



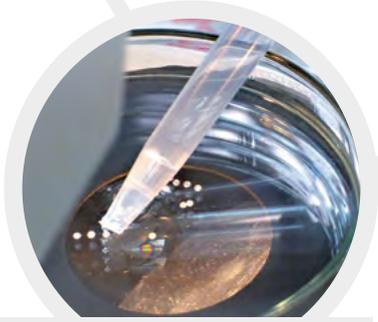
Die Zahl der Amphibien geht weltweit zurück. Sie sind nicht nur durch den Verlust von Lebensräumen bedroht. Foto: Maria Vlaic

Arzneimittelrückstände in der Umwelt

Viele Arzneistoffe werden im Körper nicht komplett abgebaut und in die Toilette ausgeschieden. Auf die Haut aufgetragene Cremes und Salben gelangen durch Duschen oder Waschen unverändert ins Abwasser. Zudem werden 10 bis 15 Prozent aller nicht benutzten Medikamente in die Kanalisation entsorgt. Die Arzneimittel selbst und ihre Abbauprodukte können jedoch in den Klärwerken nicht vollständig entfernt werden. Mindestens 414 Arzneimittelwirkstoffe wurden im Bundesgebiet, vor allem in Flüssen, Bächen und Seen, durch wissen-



Talsperren dienen unter anderem der Trinkwasserversorgung. Laut Umweltbundesamt wurden (erfasst aus Literatur bis 2020) in Oberflächengewässern 170, im Grundwasser 75 und selbst im Trinkwasser 26 Wirkstoffe nachgewiesen. Nicht mehr benötigte oder abgelaufene Arzneimittel sollten stets in Apotheken oder der Schadstoffannahmestelle der kommunalen Entsorger abgegeben werden.
Foto: Ina Ebert



Befruchtete Eier des Zebraabräblings, die zur Untersuchung der Wirkung verschiedener Chemikalien eingesetzt werden. Eine Übersicht von Wirkungen verschiedener Arzneimittel auf Lebewesen ist auf der Internetseite des BMUV zu finden. Foto: Kathleen Burkhardt-Medicke

schaftliche Untersuchungen und Messungen von Landesbehörden (bis 2020) nachgewiesen. Die Wirkstoffe und Rückstände sind vor allem Antiepileptika, Blutdrucksenker, Schmerzmitteln, Röntgenkontrastmitteln, Antibiotika, Betablockern und Hormonpräparaten zuzuordnen.

Der dramatische Rückgang der Bengalgeier-Populationen in Indien um 99 Prozent seit den 1990 Jahren ist auf die nierenschädigende Wirkung des in der Tierproduktion gegen Entzündungen eingesetzten Wirkstoffs Diclofenac zurückzuführen, das die Geier durch den Verzehr von Nutztierkadavern aufnehmen. Aber auch hierzulande können sich Hormone und Antidepressiva zum Beispiel nachteilig auf die Fortpflanzung und Entwicklung von Fischen auswirken.

Antibiotika und Antibiotikaresistenzen

Antibiotika werden in der Medizin bei Mensch und Tier verwendet, um das Wachstum von Bakterien zu hemmen oder diese abzutöten. Nach der Ausscheidung aus dem Körper gelangen sie über Abwasser, Gülle oder Stallmist in die Umwelt und damit in Böden und Grundwasser. Wie lange ein Antibiotikum im Boden verbleibt, hängt von seinen speziellen Eigenschaften ab: Einige werden schnell abgebaut, andere können im Boden mehrere Jahre überdauern.

Bakterienstämme können schon bei sehr geringen Antibiotikakonzentrationen Resistenzen entwickeln und so die für sie schädliche Wirkung umgehen. Die Resistenzen können sie auch auf andere Bakterien übertragen. Die Folge ist ein geringerer Erfolg von Antibiotika-



Gefahren für den Naturhaushalt durch Arzneimittel, Pestizide, Schwermetalle und Bakterien sind für das menschliche Auge meist unsichtbar. Durch das Zusammentreffen von Bakterien verschiedener Herkunft, aus Krankenhaus, Tierproduktion und Umwelt, können neuartige Resistenzen entstehen.

behandlungen bei bakteriellen Erkrankungen auch bei uns Menschen. Eintragsquellen für Antibiotika und damit auch antibiotikaresistenter Bakterien in die Umwelt sind laut dem Umweltbundesamt urbanes Abwasser, Krankenhäuser, Landwirtschaft und Aquakultur sowie Produktionsstätten von Arzneimitteln. Im Jahr 2015 starben in Europa 33.000 Menschen an Infektionen mit multiresistenten Keimen. Die Zahl der Toten weltweit wird inzwischen auf 1,27 Millionen Menschen für 2019 geschätzt.



Antibiotika wie Penicilline werden von verschiedenen Schimmelpilzarten gebildet oder synthetisch hergestellt.

Fotos: Kathleen Burkhardt-Medicke

Düngemittel

Gedüngt wird seit jeher, um das Nährstoffangebot für Nutzpflanzen und damit den Ertrag zu verbessern. Organischer Dünger besteht aus tierischen Ausscheidungen (wie Gülle und Stallmist) oder pflanzlichen Rohstoffen (z. B. Gründünger, Mulch oder Klärschlamm), aber auch Hornspäne und Steinmehl zählen dazu. Gülle, Jauche, Mist, Pflanzenrückstände und Gärreste werden auch Wirtschaftsdünger genannt. Für mineralische Dünger werden im Bergbau gewonnen Mineralien technisch aufbereitet (z. B. Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium) oder stammen aus energieintensiven chemischen Produktionsverfahren (z. B. Haber-Bosch-Verfahren bei Stickstoff).

Der Einsatz von Düngemitteln sollte sinnvoll dosiert werden. Die Überdüngung mit Stickstoff (Seite 18) führt beispielsweise zu Problemen mit Nitrat im Grundwasser. Überdüngung mit Phosphor (Seite 19) ist problematisch wegen der begrenzten Vorkommen von mineralischem Phosphor. Zudem weisen besonders mineralische Phosphor-Dünger aus

sedimentären Rohphosphaten natürlicherweise hohe Schwermetallgehalte (vor allem Cadmium und Uran) auf.

Eine Überversorgung mit Nährstoffen hat die Eutrophierung von Ökosystemen zur Folge.

Schwermetalle

Die von Pflanzen nicht benötigten Schwermetalle Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber, Arsen und Uran können sich bei intensiver Düngung in Böden und der Nahrungskette anreichern.

Weiterführende Informationen des NABU zum Thema Düngemittel finden Sie auf Seite 26.



Hornmehl ist ein Naturdünger mit hohem Stickstoffgehalt.



Im Gegensatz zu energieintensiven mineralischen Düngemitteln, kommt es beim Einsatz von Wirtschaftsdüngern, wie beispielsweise Stallmist, zusätzlich zu einer Humusanreicherung im Boden. Fotos: Kathleen Burkhardt-Medicke und Susanne Wangert

Stickstoff

Stickstoff ist ein wichtiger Pflanzennährstoff und kommt in der Natur in verschiedenen chemischen Formen vor. Natürlicherweise ist Stickstoff in Land-Ökosystemen ein limitierender Faktor. Reaktionsträger Luftstickstoff wird bei Gewittern und durch den Stoffwechsel bestimmter Bakterien in eine reaktionsfreudigere, pflanzenverfügbare Form umgewandelt.

Stickstoff ist Bestandteil von Eiweißen und des Erbguts aller Lebewesen. Bei der Verrottung von organischem Material wird gebundener Stickstoff langsam in andere chemische Formen, welche wieder pflanzenverfügbar sind, umgesetzt.

Seit der Entwicklung des Haber-Bosch-Verfahrens am Anfang des 20. Jahrhunderts ist es möglich, Stickstoffverbindungen synthetisch herzustellen, zum Beispiel Harnstoff oder Ammoniumnitrat als Düngemittel. Heute sind Ökosysteme durch synthetisch hergestellte Stickstoffverbindungen und durch diejenigen, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt werden, vielfach mit Stickstoff übersorgt.

Nicht gebundene, überschüssige Stickstoffverbindungen können sich rasch umwandeln, sie sind reaktiv. Beispiele sind Nitrat, Lachgas, Stickstoffdioxid, Ammonium und Ammoniak. Sie haben weitreichende Folgen für Luft, Wasser und Lebewesen. Lachgas ist ein starkes Treibhausgas, Stickoxide fördern die Ozonbildung und Ammoniak wirkt toxisch auf Blätter. Zu viel Nitrat und Ammonium



Erlen können mithilfe der symbiotisch an ihren Wurzeln lebenden Bakterien Luftstickstoff fixieren. Wie für Schmetterlingsblütler ist so für Erlen das für die meisten anderen Pflanzen nicht verfügbare Stickstoffreservoir der Luft nutzbar. Foto: Kathleen Burkhardt-Medicke

führen zu Nährstoffüberangebot, Versauerung und letztlich zur Verdrängung von Arten, die an eine nährstoffarme Umgebung angepasst sind. Folgen sind die Gefährdung z. B. der Moore, besonders aber die Überdüngung der Meere, hier der Nord- und Ostsee. Überschießendes Algenwachstum führt dort schließlich zur Bildung von toten Zonen durch Sauerstoffmangel.

Überschüssiges Nitrat gelangt auch in das Grundwasser und in unsere Nahrungskette. Bei zu hohen Konzentrationen, zum Beispiel im Trinkwasser, kann es über verschiedene Zwischenschritte im Körper zu krebserregenden Nitrosaminen reagieren.

Phosphor

Phosphor ist neben Stickstoff und Kalium ein unverzichtbarer Bestandteil der Pflanzendüngung. Studien zufolge werden die globalen Phosphatreserven mineralischen Ursprungs in 50 bis 200 Jahren erschöpft sein. Von weltweit jährlich 190 Millionen Tonnen abgebautem Rohphosphor werden 80 Prozent zu Dünger verarbeitet.

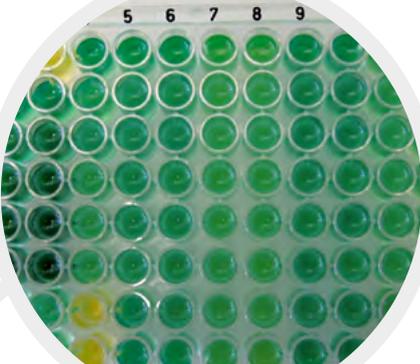
In Deutschland werden ca. ein Viertel des Dünger-Phosphates durch Mineraldünger, ca. zwei Drittel über Wirtschaftsdünger und 10 Prozent aus Schlachtnebenprodukten und Klärschlämmen gedeckt. Die verfügbaren Phosphormengen sind dabei um ca. 25 Prozent größer als der derzeitige Bedarf. Das Umweltbundesamt schlussfolgert, dass der Phosphorbedarf der Primärproduktion aus Wirtschaftsdüngern gedeckt werden könnte. Durch die Kopplung von Landwirtschaft und Tierhaltung in regionaler, überbetrieblicher Zusammenarbeit und



Phosphate werden aus Mineralen wie zum Beispiel Apatit gewonnen. Die Hauptvorkommen liegen in Afrika, Jordanien, den USA, Russland, China und der Pazifikinsel Nauru.

Foto: Didier Descouens (CC BY-SA 4.0)

durch effizienteren Einsatz können Phosphorreserven geschont werden. Bei der Wiederaufbereitung müssen Rückstände von Schwermetallen und Arzneimitteln abgeschieden werden.



Nachweis von Phosphat, das in einem biochemischen Prozess freigesetzt wird.

Foto: Kathleen Burkhardt-Medicke

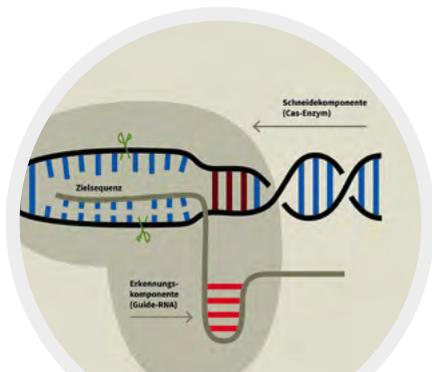
Gentechnisch veränderte Organismen in der Landwirtschaft

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) sind Organismen, deren Erbgut mit Hilfe molekularbiologischer Methoden in einer Weise verändert worden ist, wie es natürlicherweise – etwa durch Kreuzen – nicht möglich ist. GVO können dabei Bakterien, Pilze, Pflanzen oder Tiere sein. Bei den neuen gentechnischen Verfahren (z. B. CRISPR/Cas1, gängig ist auch der Begriff »genome editing« oder »Neue Gentechnik«) wird ein Baustein des Immunsystems verschiedener Bakterien genutzt, der dazu dient, Viren-DNA schnell zu erkennen und abzubauen. Für diese Verfahren wurde der Mechanismus so adaptiert, dass bestimmte DNA-Bereiche des zu verändernden Organismus sehr einfach angesteuert, geschnitten und verändert werden können³. Gegenüber der »klassischen« Gentechnik ergeben sich hier geringere Kosten und kürzere Entwicklungszeiten für Organismen mit

neuen Eigenschaften. Selbst wenn die Verfahren, was die Erbgutveränderung angeht, so exakt wären wie erhofft, können die Veränderungen unvorhergesehene Folgen haben. Sie greifen in den Stoffwechsel des Organismus ein und können zu Auswirkungen auch in seinem Ökosystem führen.

Mit der Anwendung »Neuer Gentechnik« in der Landwirtschaft wird die Hoffnung geweckt, innerhalb kurzer Zeit Pflanzen so zu verändern, dass sie resistenter gegenüber Hitze, Trockenheit, hohen Salzkonzentrationen im Boden oder Schädlingen werden. Dem Argument, GVO seien unerlässlich, um die zukünftige Menschheit zu ernähren, kann entgegnet werden,

- dass die Hauptprobleme bei der Nahrungsmittelversorgung neben Wetterextremen immer noch Kriege, dysfunktionale Regierungen, Ressourcenverschwendung und die Erzeugung von Produkten für den Welthandel bzw. für Futtermittel und Bio-Kraftstoffe statt für die Versorgung der lokalen Bevölkerung sind,
- dass die angestrebten Ziele, wie robustere und vor allem dürreresistente Pflanzen, seit Jahrzehnten durchaus erfolgreich in konventionellen



So funktioniert die Genschere CRISPR/Cas1. Grafik: Pia Wieland

³ Die technischen Detail des Verfahrens werden in diesem Film, entstanden im Projekt »Saxony³«, anschaulich erklärt: www.youtube.com/watch?v=oWha2Chpak0

Züchtungsprogrammen angegangen werden,

- dass eine gesicherte Welternährung wahrscheinlich nicht durch Einzelpflanzen erreicht werden kann, sondern durch resilientere Anbausysteme mit Pflanzengesellschaften und Fruchtfolgen zu erzielen ist,
- dass GVO durch große Agrarkonzerne vermarktet werden und bereits jetzt zur Verdrängung von lokalen, angepassten Sorten führen, also oft kontraproduktiv zur Entwicklung einer klimaangepassten Landwirtschaft sind.

Gentechnik wird heute immer noch vielfach zur Erzeugung von Herbizid- oder Insektizidresistenzen und von teils fragwürdigen Eigenschaften zur Vermarktung (Bräunungsverhalten, Inhaltsstoffe) eingesetzt. Der Versuch, das Risikoabschätzungsverfahren in der EU zu lockern, zielt auch darauf, solche Entwicklungen zu vereinfachen.

Die Freisetzung von gentechnisch veränderten Pflanzen oder Tieren ist aus Sicht der Umweltverbände mit dem Vorsorgeprinzip, der Grundlage des weltweiten, europäischen und auch deutschen Umwelt- und Naturschutzrechtes, nicht ohne weiteres vereinbar. Denn lebende, vermehrungsfähige Organismen lassen sich aus der Natur nicht mehr einfach entfernen. Die Erzeugung gentechnikfreier Pflanzen neben gentechnisch veränder-



Beikräuter, die gegen Glyphosat resistent sind, nehmen zu. Als Folge werden höhere Dosierungen und Mischungen verschiedener Herbizide eingesetzt. Foto: Ina Ebert

ten Pflanzen führt bereits zu Problemen z. B. in Kanada und Spanien. Die zeitliche und räumliche Rückholbarkeit kann nicht gewährleistet werden. Daher dürfen Organismen erst dann in der Natur freigesetzt werden, wenn ihre Unbedenklichkeit sorgfältig geprüft wurde.

Gleich ob »klassische« oder »Neue Gentechnik«: Was bleibt, ist eine Pflanze mit einer neuen Eigenschaft – und hier müssten dann folgende Forderungen greifen:

- verpflichtende Risikoprüfung
- transparente & sichere Zulassungsverfahren
- Kennzeichnung
- Rückverfolgbarkeit
- Nachweisverfahren
- Standortregister
- Koexistenzregeln
- Haftungsregelungen (prinzipielle Anerkennung der Rio-Deklaration, Principle 16 – Verursacherhaftung)

Weiterführende Informationen des NABU zum Thema Gentechnik finden Sie auf Seite 26.

Literatur

Einleitung

Steffen et al. Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223):1259855 (2015).

Persson et al. Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environ Sci Technol.* 56(3):1510-1521 (2022).

Brühl et al. Direct pesticide exposure of insects in nature conservation areas in Germany. *Sci Rep.* 11(1):24144 (2021).

Lies et al. Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland streams. *Water Res.* 201:117262 (2021).

Escher & Hermens. Modes of action in ecotoxicology: their role in body burdens, species sensitivity, QSARs, and mixture effects. *Environ Sci Technol.* 36(20):4201-4217 (2022).

Tabb & Blumberg. New modes of action for endocrine-disrupting chemicals. *Mol Endocrinol.* 20(3):475-482 (2006).

Wang-Erlandsson et al. A planetary boundary for green water. *Nat Rev Earth Environ* (2022).

The Report of the United Nations Conference on Environment and Development. A/CONF.151/26/Rev.I (Vol. I). 1992 ISBN92-I-100498-5 www.un.org/en/conferences/environment/rio1992

Richardson et al. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Sci. Adv.* 9,eadh2458 (2023).

Pestizide, Pflanzenschutzmittel, Biozide

Niggli et al. Pflanzenschutz und Biodiversität in Agrarökosystemen. Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats des Nationalen Aktionsplans Pflanzenschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019).

Schäffer et al. Der stumme Frühling – Zur Notwendigkeit eines umweltvertraglichen Pflanzenschutzes. Diskussion Nr. 16. Nationale Akademie der Wissenschaften – Leopoldina, Halle (Saale) (2018).

Schreiner et al. Pesticide mixtures in streams of several European countries and the USA. *Sci Total Environ.* 573:680-689 (2016).

Brühl et al. Terrestrial pesticide exposure of amphibians: an underestimated cause of global decline?. *Sci Rep.* 3:1135. (2013).

Beketov et al. Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 110(27):11039-11043 (2013).

Rundlöf et al. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521(7550):77-80 (2015).

Regnery et al. Heavy rainfall provokes anticoagulant rodenticides' release from baited sewer systems and outdoor surfaces into receiving streams. *Sci Total Environ.* 740: 139905 (2020).

Kotthoff et al. First evidence of anticoagulant rodenticides in fish and suspended particulate matter: spatial and temporal distribution in German freshwater aquatic systems. *Environ Sci Pollut Res* 26, 7315–7325 (2019).

Wicke et al. Emissions from Building Materials—A Threat to the Environment? *Water* 14: 303 (2022).

Phosphor

Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt. Schonung von Phosphor-Ressourcen aus Sicht einer nachhaltigen Boden-nutzung und des Bodenschutzes. Umweltbundesamt (2015).

Ulrich. Peak phosphorus: Opportunity in the making. Exploring global phosphorus management and stewardship for a sustainable future. Diss. ETH Nr. 21599 (2013).

Stickstoff

Geupel & Frommer. Reaktiver Stickstoff in Deutschland - Ursachen, Wirkungen, Maßnahmen. Umweltbundesamt (2014).

Staude et al. Replacements of small- by large-ranged species scale up to diversity loss in Europe's temperate forest biome. *Nat Ecol Evol.* 4(6):802-808 (2020).

Scheffer & Schachtschabel. Lehrbuch der Bodenkunde. Springer (2002).

Hoff et al. Die Planetare Stickstoff Leitplanke als Bezugspunkt einer nationalen Stickstoffstrategie. Umweltbundesamt Texte 75/2017 (2017).

GVO und CRISPR/Cas

Trockenresistenz mit konventioneller Züchtung

McFadden et al. Development, Adoption, and Management of Drought-Tolerant Corn in the United States, EIB-204, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service (2019)

K. Burger, Weizen for Future, TAZ 22.10.2022 www.taz.de/!5887447/ (abgerufen am 11.5.2023)

Dürresistenz mit Gentechnik

Masinjila & Zendah. Bayer breathing life into Gates' failed GM drought tolerant maize

Agrarian extractivism continues unabated on the African continent. African Centre for Biodiversity (2021)

Reuters: Argentina first nation to OK drought-resistant GMO wheat, farm industry balks 9.10.2020

<https://www.reuters.com/article/us-argentina-wheat-gmo-idUSKBN26U1H4> (abgerufen am 11.5.2023)

Reuters: Exclusive: Brazil tests genetically modified wheat as global supplies tighten 6.6.22 <https://www.reuters.com/markets/commodities/exclusive-brazil-tests-genetically-modified-wheat-global-supplies-tighten-2022-06-06/> (abgerufen am 11.5.2023)

Probleme mit Koexistenz von Gentechnik und konventionellem Anbau

Binimelis. Coexistence of plants and coexistence of farmers: Is an individual choice possible? JAE 21:437–457 (2008)

Herrero, Amaranta et al. Just Existing Is Resisting: The Everyday Struggle against the Expansion of GM Crops in Spain. *Sociol. Ruralis* 57: 859-880 (2017).

Demeke, Tigst et al. Adventitious presence of GMOs: Scientific overview for Canadian grains. *Canadian Journal of Plant Science* 86: 1-23 (2006).

Nicolopoulou-Stamati et al. Scientific Critique of Leopoldina and Easac Statements on Genome Edited Plants. *The Greens /EFA* (2021)

Resiliente Landwirtschaft, Anbausysteme

Finckh. Der Denkfehler der Gentechnik. Stellungnahme der Einzelsachverständigen

Prof. Dr. Maria Renate Finckh für die 23. Sitzung des Ausschusses für Ernährung und Landwirtschaft. (2022) www.bundestag.de/resource/blob/922518/434fa052f1233a25f40cbb42c98471dd/03-Stellungnahme-Prof-Dr-Maria-Renate-Finckh-data.pdf

Kurth et al. Der Weg zu regenerativer Landwirtschaft in Deutschland – und darüber hinaus. BCG Studie für NABU (2023) <https://www.nabu.de/natur-und-landschaft/landnutzung/landwirtschaft/umweltschutz/32775.html>

Ursachen von Hunger

FAO-Welternährungsbericht 2021: FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021.

The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO. www.doi.org/10.4060/cb4474en

Kontraproduktive Wirkungen von Gentechnik-orientierten Programmen in der Landwirtschaft

Fischer. Why Africa's New Green Revolution is failing – Maize as a commodity and anti-commodity in South Africa. *Geoforum*. 130 (2021)

T. A. Wise. Africa's green revolution initiative has faltered: why other ways must be found, *The conversation* 14.9.2021 www.theconversation.com/africas-green-revolution-initiative-has-faltered-why-other-ways-must-be-found-167624 (abgerufen am 11.5.2023)

Plastik

Bertling et al. Kunststoffe in der Umwelt: Mikro- und Makroplastik – Ursachen, Mengen, Umweltschickale, Wirkungen, Lösungsansätze, Empfehlungen. Kurzfassung der Konsortialstudie. Fraunhofer-Institut für Umwelt, Sicherheit und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.) (2018).

Hoellein et al. Anthropogenic litter in urban freshwater ecosystems: distribution and microbial interactions. *PLoS One* 9(6):e98485 (2014).

Burns & Boxall. Microplastics in the aquatic environment: Evidence for or against adverse impacts and major knowledge gaps. *Environ Toxicol Chem.* 37(11):2776-2796 (2018).

Jamieson et al. Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. *R Soc Open Sci.* 6(2):180667 (2019).

Parker & Rayburn. A comparison of electronic and traditional cigarette butt leachate on the development of *Xenopus laevis* embryos. *Toxicol Rep.* 4:77-82 (2017).

Slaughter et al. Toxicity of cigarette butts, and their chemical components, to marine and freshwater fish. *Tob Control.* 20 Suppl 1(Suppl_1):i25-i29 (2011).

Moriwaki et al. Waste on the roadside, 'poi-sute' waste: its distribution and elution potential of pollutants into environment. *Waste Manag.* 29(3):1192-1197 (2009).

Persson et al. Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environ Sci Technol.* 56(3):1510-1521 (2022).

Bertling et al. *Kunststoff in der Umwelt – ein Kompendium* (2022) www.bmbf-plastik.de/de/Publication/Kompendium_Kunststoff-in-der-Umwelt_2022 (Abgerufen am 14.07.2023)

United Nations Environment Programme and Secretariat of the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions (2023). *Chemicals in plastics: a technical report.* Geneva

Arzneimittel, Antibiotika

Rechenberg & Dieter. *Arzneimittel in der Umwelt.* Umweltbundesamt (2009).

Dusi et al. The database »Pharmaceuticals in the Environment« - Update and new analysis. Umweltbundesamt (2019).

Umweltprobenbank des Bundes. Bericht für das Jahr 2021 Texte 119/2022 Umweltbundesamt (2022)

Cassini et al. Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *Lancet Infect Dis.* 19(1):56-66 (2019).

Adler et al. Antibiotika und Antibiotikaresistenzen in der Umwelt, Umweltbundesamt (2018).

Jechalke et al. Fate and effects of veterinary antibiotics in soil. *Trends Microbiol.* 22(9):536-545 (2014).

Oaks et al. Diclofenac residues as the cause of vulture population decline in Pakistan. *Nature* 427(6975):630-633 (2004).

Murray et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet* 399(10325):629-655 (2022).

Endokrin aktive Substanzen

TBT - Zinnorganische Verbindungen - Eine wissenschaftliche Bestandsaufnahme. Umweltbundesamt (Hrsg.), 2003.

Schwedler et al. Phthalate metabolites in urine of children and adolescents in Germany. Human biomonitoring results of the German Environmental Survey GerES V, 2014-2017. *Int J Hyg Environ Health.* 225:113444 (2020).

Marsh-Armstrong et al. Thyroid hormone controls the development of connections between the spinal cord and limbs during *Xenopus laevis* metamorphosis. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 101(1):165-170 (2004).

Rolland. A review of chemically-induced alterations in thyroid and vitamin A status from field studies of wildlife and fish. *J Wildl Dis.* 36(4):615-635 (2000).

Carnevali et al. Endocrine-disrupting chemicals in aquatic environment: what are the risks for fish gametes?. *Fish Physiol Biochem.* 44(6):1561-1576 (2018).

PFAS

Pabel et al. Persistente organische Kontaminanten in Lebensmitteln Exposition, Gefährdungspotenzial und gesundheitliche Bewertung Zeitschrift: Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. 7/2017 (2017).

PFAS. Gekommen, um zu bleiben. Schwerpunkt Magazin des Umweltbundesamtes 1/2020 (2020).

Ankley et al. Assessing the Ecological Risks of Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Current State-of-the Science and a Proposed Path Forward. *Environ Toxicol Chem.* 40(3):564-605 (2021).

Herkert et al. Characterization of Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances Present in Commercial Anti-fog Products and Their In Vitro Adipogenic Activity. *Environ Sci Technol.* 56(2):1162-1173 (2022).

Fair et al. Associations between perfluoroalkyl compounds and immune and clinical chemistry parameters in highly exposed bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Environ Toxicol Chem.* 32(4):736-746 (2013).

Groffen et al. Limited reproductive impairment in a passerine bird species exposed along a perfluoroalkyl acid (PFAA) pollution gradient. *Sci Total Environ.* 652:718-728. (2019).

Tartu et al. Endocrine and fitness correlates of long-chain perfluorinated carboxylates exposure in Arctic breeding black-legged kittiwakes. *Environ Sci Technol.* 48(22):13504-13510 (2014).

Internetseiten

- www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/grundwasserbeschaffenheit#nicht-relevante-metabolite-im-grundwasser (Abgerufen am 14.07.2023)
- www.un.org/en/conferences/environment/rio1992 (Abgerufen am 14.07.2023)
- www.umweltbundesamt.de/endokrine-disruptoren#1-bis-2 (Abgerufen am 03.04.2022)
- <https://www.bmu.de/faqs/richtige-entsorgung-von-medikamenten> (Abgerufen am 14.07.2023)
- <https://www.bmu.de/themen/chemikaliensicherheit/phtalate> (Abgerufen am 14.07.2023)
- www.efsa.europa.eu/en/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake (Abgerufen am 14.07.2023)
- www.baua.de/DE/Services/Presse/Pressemitteilungen/2021/07/pm029-21.html (Abgerufen am 14.07.2023)
- www.ml.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/aktualisierung-der-verzehrempfehlung-fur-fische-187563.html (Abgerufen am 14.07.2023)
- bmbf-plastik.de/sites/default/files/2022-07/13_FactSheet_InRePlast.pdf (Abgerufen am 14.07.2023)

Weiterlesen

Im Folgenden finden Sie zu den jeweiligen Themen Verweise auf NABU-Seiten, -Publikationen oder vom NABU beauftragte Studien.

Nachhaltiges Wirtschaften

-  <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/nachhaltiges-wirtschaften/biooekonomie/>
-  Kurzstudie zum Innovations- und Vorsorgeprinzip: www.nabu.de/kurzstudie-innovations-vorsorgeprinzip (PDF)
-  FAQ zu Neuen Gentechniken: www.nabu.de/faq-gentechniken
-  www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/ressourcenschonung/

Pestizide

-  www.nabu.de/pestizide
-  Pestizide im Überblick www.nabu.de/ueberblick-pestizide (PDF/BestellNr. NB5543)
-  Pestizide – eine Einführung www.nabu.de/broschuere-pestizide (PDF/BestellNr. NB5551)
-  Biozide im Überblick www.nabu.de/biozide (PDF/BestellNr. 501070115)

(Mikro-)Plastik

-  www.nabu.de/mikroplastik-studie
-  www.nabu.de/muellkippemeer
-  Faltblatt Müllkippe Meer: www.nabu.de/faltblatt-muellkippemeer (PDF)
-  Vom NABU beauftragte Studie zu Mikroplastik und synthetischen Polymeren: www.nabu.de/studie-mikroplastik (PDF/BestellNr. NB5223)

Düngemittel

-  www.nabu.de/duengeverordnung
-  Hintergrundpapier: Forderungen zur Anpassung der Düngeverordnung: www.nabu.de/forderung-duengeverordnung

NABU-Bundesfachausschuss Umweltchemie und Ökotoxikologie

Seit 2016 widmen sich NABU-Aktive ehrenamtlich umweltchemischen und ökotoxikologischen Themen.

-  Einen Überblick finden Sie auf www.nabu-bfa-oekotox.de
-  Kontakt aufnehmen können Sie über das NABU-Netz oder über BFA-Oekotoxikologie@NABU.de
-  www.nabu-shop.de/faltblatt-achtung-hochwirksam-arzneimittleintraege-in-natur-umwelt-vermeiden-download (PDF/BestellNr. 559740115)



www.NABU.de