

# Herausforderungen für eine nachhaltige Stoffpolitik

---

**Notwendigkeit einer Transformation im  
globalen Kontext**

**Kurzfassung des Positionspapiers des Bundesarbeitskreises  
Umweltchemikalien und Toxikologie des BUND**

In memoriam Karl Otto Henseling

## EINLEITUNG

Stoffpolitik ist heute mehr als nur Chemikalienpolitik. Es ist ein wichtiges Ziel, dass giftige Chemikalien möglichst selten eingesetzt und die Risiken chemischer Substanzen gemindert werden. Aber auch das Gewinnen der Rohstoffe für die Herstellung von Chemikalien verändert und belastet die Umwelt. Produkte, die wir – wie Kunststoffe – täglich nutzen, landen als Abfall in der Umwelt. Dabei stellt Langlebigkeit von Chemikalien und Stoffen eine zentrale Gefahr dar. Denn langlebige Stoffe führen, auch wenn sie nicht giftig sind, häufig zu irreversiblen Belastungen des Menschen und der Ökosysteme.

Es fehlt eine ökologische Stoffpolitik, die den gesamten Lebenszyklus der Chemiewelt betrachtet – beginnend bei den Rohstoffen, über Chemikalien bis zu den Produkten und dem Abfall. Es braucht Grenzen für den Verbrauch stofflicher Ressourcen. Eine solche Stoffpolitik wäre auch praktischer Klimaschutz, denn der Energiebedarf, um Stoffe zu gewinnen und herzustellen, ist hoch. Eine ökologische Stoffpolitik würde auch die biologische Vielfalt schützen, denn langlebige und giftige Stoffe gefährden diese ebenso wie großflächige Landschaftsveränderungen durch Bergbau, Landwirtschaft oder Städtebau. Stoffe stellen also ähnlich wie der Klimawandel oder der Biodiversitätsverlust das ökologische Gleichgewicht des ganzen Planeten in Frage.

Diese Entwicklung muss gestoppt werden. Um die Belastung mit Stoffen drastisch zu senken, müssen sich Politik, Wirtschaft und Gesellschaft wandeln. Dafür braucht es eine grundsätzliche Neuausrichtung der Stoffpolitik nicht nur in Deutschland oder Europa, sondern weltweit. Ein globaler Ansatz mit dem Ziel, Grenzen für den Verbrauch stofflicher Ressourcen zu setzen, ist notwendig.

Diese BUND-Position „Herausforderungen für eine nachhaltige Stoffpolitik – Notwendigkeit einer Transformation im globalen Kontext“ zeigt Wege auf, wie eine nachhaltige Stoffpolitik gelingen kann.

Eine nachhaltige Stoffpolitik muss alle Lebensbereiche wie Mobilität, Wohnen und Bauen, Ernährung, Bekleidung und Konsum umfassen. Sie geht damit weit über die bisherige Chemikalienpolitik hinaus und erfordert ähnlich wie beim Klimaschutz eine umfassende Transformation der Wirtschaftsweise und des Konsumverhaltens. Stoffpolitik ist dabei eng mit Ressourcen- und Klimaschutz verknüpft und muss gemeinsam mit diesen gedacht und umgesetzt werden.

Dieses Positionspapier

- zeigt, dass Stoffe Auswirkungen auf planetarer Ebene haben, die – ähnlich wie der Klimawandel und der Biodiversitätsverlust – das ökologische Gleichgewicht des ganzen Planeten in Frage stellen;
- verdeutlicht, dass Persistenz eine zentrale Gefahr darstellt, der konsequent begegnet werden muss. Das ist vergleichbar mit der Kernenergie und ihren radioaktiven Abfällen oder mit der Rolle von Kohlendioxid beim Klimawandel, die ebenso langfristige Probleme verursachen;
- fokussiert auf das Vorsorgeprinzip und auf ein nachhaltiges Stoffstrommanagement mit einer besonderen Betonung der Suffizienz als Lösungsansatz;
- nennt wesentliche Elemente einer nachhaltigen Chemie;
- leitet her, dass rechtlich verbindliche internationale Vereinbarungen nötig sind. Eine zukünftige globale Rahmenkonvention zum nachhaltigen Management von Stoffen, Materialien und Ressourcen soll die Regelungen für Chemikalien, Schadstoffe, Ressourcen und gefährliche Abfälle verbinden und dabei gleichzeitig verbindliche Reduktionsziele festlegen.

Der BUND möchte mit dieser Position den Diskurs zu einer neuen nachhaltigen Stoffpolitik anstoßen.

## DIE LEITBILDER: VORSORGE UND NACHHALTIGKEIT

Das **Vorsorgeprinzip** ist seit Mitte der 1980er Jahre ein zentrales Leitbild im Umweltschutz, **Nachhaltigkeit** kam Anfang der 1990er Jahre hinzu. Beide Leitbilder finden sich in zahlreichen internationalen Dokumenten wieder – unter anderem in der Agenda 21 der Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro.

Nach dem Vorsorgeprinzip muss gehandelt werden, wenn triftige Gründe zur Besorgnis vorliegen. Der BUND sieht dies als gegeben an, wenn etwa die Belastung durch naturfremde langlebige (persistente) Stoffe hoch ist. Nach diesem Prinzip wird aber bisher zu selten gehandelt.

Nachhaltigkeit bedeutet, unsere heutigen Bedürfnisse zu befriedigen, ohne die Chancen künftiger Generationen zu beeinträchtigen. Viele Personen aus Politik und Wirtschaft führen den Begriff Nachhaltigkeit im Munde, ohne danach zu handeln. Die derzeitige globale Entwicklung widerspricht eklatant den Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung.

2015 beschloss die Vollversammlung der Vereinten Nationen 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung bis 2030 (Sustainable Development Goals, SDG). Dazu gehören etliche umweltbezogene Ziele etwa für sauberes Trinkwasser, Klimaschutz oder den Schutz von Land- und Meeresökosystemen, die auch den Schutz von Menschen und Umwelt vor gefährlichen Chemikalien umfassen. Besonders relevant für die internationale Stoffpolitik ist das zwölfte SDG zu nachhaltiger Produktion und Konsum.

Nachhaltigkeit und Vorsorge sind in ihrer Ausrichtung weitgehend deckungsgleich, wobei Nachhaltigkeit stärker globale und langfristige Effekte im Blick hat und Vorsorge stärker auf Wissensdefizite fokussiert. Ohne optimale Umweltvorsorge ist eine nachhaltige Entwicklung nicht möglich. Stoffpolitisch bedeuten Vorsorge und Nachhaltigkeit vor allem, irreversible Beeinträchtigungen des Ökosystems und der menschlichen Gesundheit zu vermeiden.

## STOFFPOLITIK IST EINE GLOBALE FRAGE

Die globalen Stoffströme (Extraktion von Rohstoffen und Handel mit Chemikalien und Fertigprodukten) haben sich vervielfacht. Die Chemikalienproduktion ist seit 1950 um das 50fache gestiegen und verdoppelt sich zurzeit alle 12 – 15 Jahre. Hinzu kommt, dass europäische Chemiefirmen wesentliche Teile ihrer Produktion in Entwicklungs- und Schwellenländer verlagert haben. Dabei halten sie dort nicht immer europäische Sicherheitsstandards ein und verlagern somit auch die damit verbundenen Risiken.

2019 veröffentlichte das Umweltprogramm der Vereinten Nationen den zweiten „Global Chemicals Outlook“, einen umfassenden Bericht zur weltweiten Herstellung und Verwendung von Chemikalien und deren negative Folgen für Mensch und Umwelt. Besonders alarmierend: Der unsachgemäße Umgang mit Chemikalien kostet immer noch jährlich mindestens 1,6 Millionen Menschenleben weltweit.

Im Jahr 2009 haben Wissenschaftler\*innen u. a. des Stockholmer Resilienz-Zentrums, mit der Publikation „A safe operating space for humanity“ weltweit Aufmerksamkeit erregt. Sie stellten einen Ansatz vor, der dazu dienen soll, die Stabilität unseres Planeten Erde zu beschreiben und die Leitplanken der Belastbarkeit (planetary boundaries) zu definieren. Das System Erde befand sich in den letzten rund 10.000 Jahren

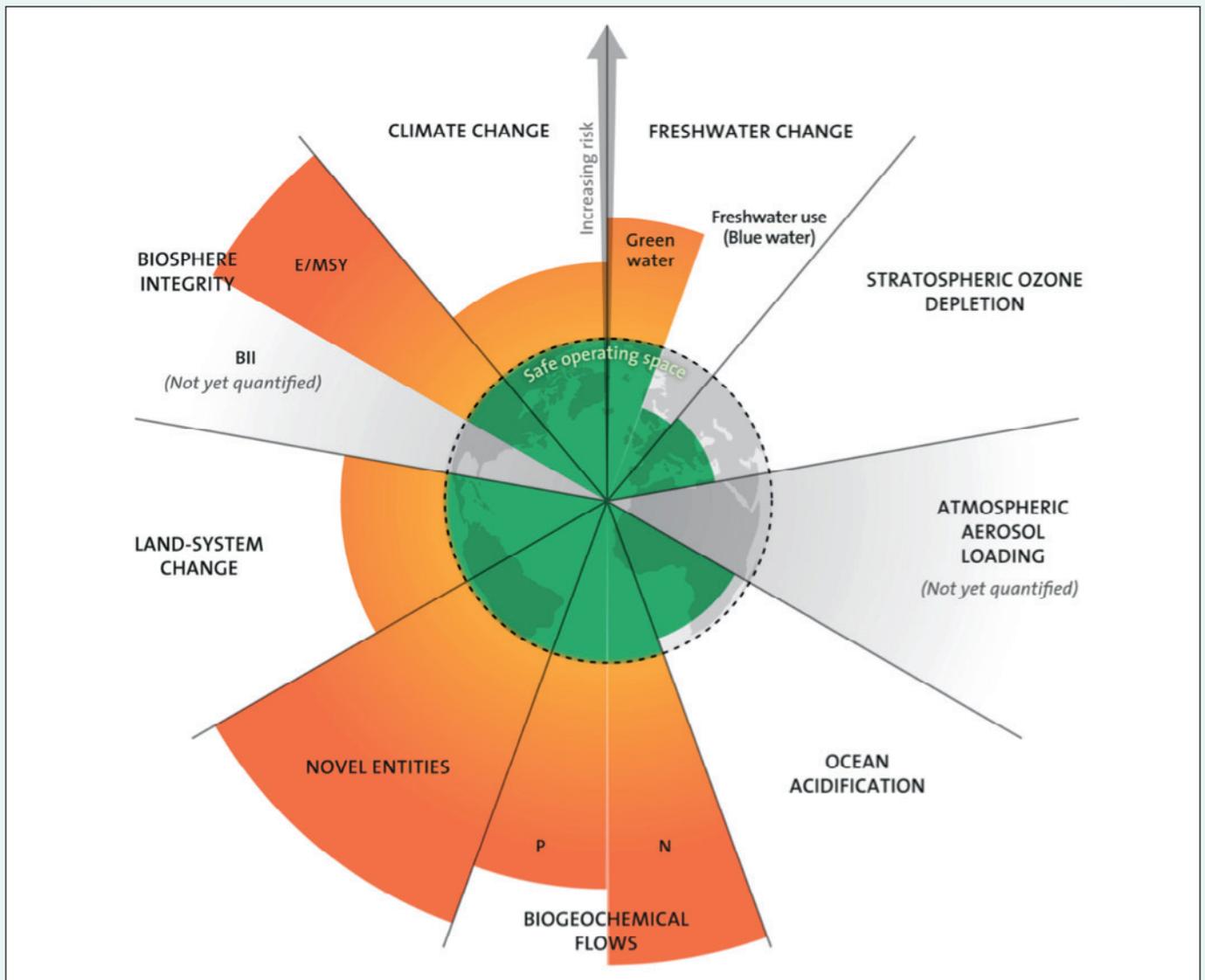
in einem klimatisch bemerkenswert stabilen Zustand, der in der Geologie das Holozän genannt wird. Der Zustand zeichnet sich durch beständige Temperaturen, Verfügbarkeit von frischem Wasser und über Jahrtausende weitgehend unveränderte biogeochemische Stoffkreisläufe aus. Dadurch wurde die menschliche Entwicklung hin zu unserer aktuellen Lebensweise erst ermöglicht. Durch die stabile klimatische Phase wurde der Übergang von Jägern und Sammlern zu sesshaften Bauern mit domestizierten Tieren und Pflanzen möglich (das Neolithikum) – die Grundlage für unsere heutige Lebensweise.

Die Menschen haben persistente Chemikalien, Radionuklide und Kunststoffe in die Umwelt entlassen, die heute und voraussichtlich auch in Zukunft in Lebewesen und Sedimenten nachgewiesen werden können. Diese werden im Konzept der planetaren Leitplanken „Neuen Substanzen“ (Novel Entities) genannt. Durch den großflächigen Einsatz von Beton und Ziegeln entstehen darüber hinaus anthropogene Gesteinsschichten. Die Ausbeutung von Bodenschätzen führt vielfach zu leblosen, wüsten Landschaften und hat die Mobilisierung von Schadstoffen zur Folge. Aufgrund dieser Beobachtungen wird in der Wissenschaft der Eintritt in ein neues erdgeschichtliches Zeitalter diskutiert: das Anthropozän.

Im Jahr 2022 bewertete dann ein internationales Forscherteam die Auswirkungen des Cocktails aus synthetischen Chemikalien, Kunststoffen und anderen „Neue Substanzen“, die in die Umwelt gelangen, auf die Stabilität des Erdsystems. Die Forscher\*innen bewerteten die Eignung einer Reihe von Kontrollvariablen wie Produktionsmengen, Mengen der Freisetzung in die Umwelt und den Anteil gefährlicher Chemikalien, die Merkmale wie Persistenz und Mobilität aufweisen. Sie kamen zu dem Schluss, dass trotz der begrenzten Datenlage die Prozesse im Erdsystem zunehmend gestört werden und das Erdsystem gefährdet ist. Die Menschheit hat demnach die planetare Grenze für Neue Substanzen überschritten.

Sechs der insgesamt neun planetaren Leitplanken haben eine enge Beziehung zur nachhaltigen Stoffpolitik. Um den Planeten Erde in einem sicheren Handlungsraum für die Menschheit zu halten, kann man daher die verschiedenen Handlungsfelder nicht isoliert betrachten, sondern muss Lösungen anstreben, die diese Verknüpfungen beachten.

Die UN-Umweltversammlung (UNEA) hat in mehreren Resolutionen bekräftigt, das internationale Management von Chemikalien und Abfällen zu intensivieren und bis 2030 deutliche Fortschritte erreichen zu wollen. In einer Resolution von UNEA 4 wird auch nachhaltige Chemie als wichtiger Ansatzpunkt für ein sicheres Chemikalienmanagement anerkannt. Außerdem wurde als Ziel „Towards a Pollution-free Planet“ ausgerufen.



Planetare Leitplanken: Prozesse, die die Stabilität der Erde stören können  
 Nach Azote für das Stockholm Resilienz-Zentrum, basierend auf einer Analyse in Persson et al. [50] und Steffen et al. [47]  
 Erläuterungen:  
 grüner Bereich: sicherer Handlungsraum, roter Bereich: planetare Leitplanken werden überschritten,  
 BII: Biodiversity Intactness Index (functional diversity),  
 E/MSY: extinctions per million species-years (genetic diversity)

Einzelne bereits existierende rechtsverbindliche Übereinkommen auf internationaler Ebene ebenso wie das internationale Forum von Staaten und nichtstaatlichen Organisationen SAICM können allerdings nur Teillösungen sein. Aus Sicht des BUND ist deshalb eine globale Rahmenkonvention zum nachhaltigen Management von Chemikalien, Ressourcen und Materialien notwendig, um der wachsenden Bedrohung des Planeten durch Stoffe zu begegnen und die Stoffpolitik gleichrangig mit der Klima- und Biodiversitätspolitik zu verknüpfen. Auch auf UN-Ebene ist erkannt, dass – wie der Exekutivdirektor von UNEP, Inger Andersen, herausstellt – neben Klima und Biodiversität die Verschmutzung mit Stoffen die dritte große planetare Krise darstellt. Die ebenfalls auf der UNEA 5.2 beschlossene geplante Einrichtung eines Wissenschaft-Politik-Beratungsgremiums

(Science-Policy Panel) kann den globalen Stellenwert der Stoffpolitik wissenschaftlich untermauern.

Wesentlich für eine nachhaltige globale Stoffpolitik ist, dass die Industriestaaten die Entwicklungsländer bei der Umsetzung der Maßnahmen finanziell stärker unterstützen. Zwischen Armut und mangelnden Möglichkeiten zur Umsetzung eines effektiven Managements von Stoffen besteht ein enger Zusammenhang. Die Industrieländer dürfen sich der Verantwortung für die Probleme in den Ländern des Südens nicht entziehen. Sie sind direkt oder indirekt auch für viele Umweltprobleme in den Schwellen- und Entwicklungsländern verantwortlich.

## EUROPÄISCHE CHEMIKALIENPOLITIK

Die Chemikalienpolitik der EU ist durch zahlreiche Rechtsakte bestimmt. Die zentrale Regelung ist die REACH-Chemikalienverordnung 1907/2006 (REACH: Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals), auf die sich die EU Ende 2006 einigte. REACH ist das bis heute fortschrittlichste Chemikaliengesetz der Welt, mit dem die EU den Präventionsgedanken entscheidend stärkte: Nicht mehr der Staat oder die Gesellschaft, sondern Hersteller und Importeure sind verpflichtet nachzuweisen, dass ihre Stoffe und Stoffgemische ohne Risiken für Gesundheit und Umwelt verwendet werden können. Zu diesem Zweck müssen sie die vorgeschriebenen Sicherheitsdaten in Form von Registrierungsdossiers einreichen. Für das Inverkehrbringen von Chemikalien gilt der Grundsatz „Keine Daten, kein Markt“. REACH regelt aber nicht den Umfang der Chemikalienproduktion und -verwendung.

Im Laufe der vergangenen 16 Jahre traten einige grundlegende Defizite und Schwächen von REACH zutage. Die fortschreitende Nutzung umwelt- und gesundheitsschädlicher Chemikalien in Produkten verdeutlicht, dass eine am Vorsorgeprinzip und der EU-Chemikalienstrategie ausgerichtete Novellierung von REACH nötig ist. Es braucht in der EU durchschnittlich 13 Jahre und 8 Monate, bis eine gefährliche Chemikalie offiziell beschränkt oder verboten ist. Dieser Zeitrahmen verhindert, dass gefährliche Chemikalien und ihre Anwendungen rasch vom Markt genommen werden.

Zudem wurden in der Vergangenheit lediglich Einzelstoffe beschränkt. Die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit der EU sieht vor, die traditionelle Vorgehensweise, jede Chemikalie einzeln („substance by substance“) zu bewerten, durch eine Bewertung von Stoffgruppen zu ergänzen. Das Verfahren, jeden Stoff separat zu prüfen und ggf. zu beschränken, dauert viel zu lange. In vielen Fällen führte dies auch zu unangemessenen Substitutionen durch weniger gut untersuchte und noch nicht bewertete Stoffe mit ähnlichem Gefahrenprofil („regrettable substitutions“). Beispiele sind der zunehmende Ersatz von Bisphenol A durch Bisphenol S und andere verwandte Verbindungen und die per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS). Bei diesen wurden die weitgehend verbotenen Stoffe PFOA und PFOS durch andere ebenso persistente Vertreter der sehr umfangreichen Stoffgruppe PFAS ersetzt. Im Januar 2023 legten Schweden, Dänemark, Norwegen, Deutschland und die Niederlande ein Beschränkungsossier für die gesamte Stoffgruppe PFAS

vor, das nun beraten werden soll. Dieses Verfahren lässt sich auf andere Stoffgruppen (z. B. Phthalate und andere Kunststoffadditive) übertragen und sollte vermehrt angewandt werden. Angesichts der Vielzahl der Chemikalien und der Unmöglichkeit sie alle zu bewerten, betrachten zahlreiche Expert\*innen eine Vereinfachung durch Zusammenfassung zu Gruppen als logische Konsequenz der steigenden Belastung des Erdsystems mit „Neuen Substanzen“.

Die EU-Kommission ist gefordert, eine Novellierung der REACH-Verordnung so rasch wie möglich vorzulegen.

## LANGLEBIGKEIT UND ANDERE KRITISCHE EIGENSCHAFTEN

Stoffe, die globale Probleme verursachen, sind in der Regel langlebig (persistent) und können sich vom Ort ihres Eintrags aus per Wind oder Wasser ausbreiten oder in Organismen und in der Nahrungskette anreichern. Persistenz ist deshalb eine zentrale Eigenschaft, die wesentlich zur Belastung durch Chemikalien für Mensch und die Umwelt führt.

Auch ohne eine (bekannte) negative Wirkung haben **persistente Stoffe** ein Gefährdungspotenzial. Sie können sich lange in der Umwelt aufhalten, weit verbreiten, an bestimmten Stellen anreichern und zu völlig unerwarteten Interaktionen mit unterschiedlichen Stoffen und Organismen führen. Dies hat das Beispiel der Fluorchlorkohlenwasserstoff (FCKW) mit der Schädigung der Ozonschicht eindrucksvoll demonstriert. Bei persistenten Stoffen können somit die Folgen des Nichtwissens über unerkannte Wirkungen besonders groß sein. Bei diesen Stoffen führt die klassische Risikobewertung mit dem quantitativen Vergleich von Wirkung und Exposition in die Irre. Wirkungen können oft verzögert oder entfernt vom Ort des Umwelteintrags auf. Bei persistenten Stoffen ist deshalb – ebenso wie bei Stoffen mit irreversibler Wirkung – die Gefährlichkeit („hazard“) entscheidend für den Regulierungsbedarf.

Persistenz betrifft auch Stoffgruppen, die bislang wenig im Fokus standen. Besondere Aufmerksamkeit gilt aktuell den per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS). Mehrere 1.000 Chemikalien gehören zu dieser Stoffgruppe. Allen ist gemeinsam, dass sie extrem persistent sind und erst nach Jahrzehnten oder länger abgebaut werden. Sie zählen deshalb zu den Ewigkeitschemikalien („Forever chemicals“). PFAS werden in zahlreichen

technischen Anwendungen und Lebensbereichen eingesetzt, u. a. als Schaumlöschmittel, bei der Hartverchromung, bei der Imprägnierung von Textilien und Teppichen sowie zur Beschichtung von Lebensmittelverpackungen, z. B. für „Fast Food“. Das Recycling PFAS-haltiger Produkte, z. B. Verpackungen, führt zur Verschleppung der PFAS. Altlasten von PFAS sind z. B. auf die flächenhafte Ausbringung kontaminierter Materialien wie Reststoffen aus der Papierherstellung und den Einsatz fluorhaltiger Schaumlöschmittel zurückzuführen.

Kunststoffe sind ein weiteres Beispiel für extrem langlebige Stoffe. Plastik in der Umwelt wurde bis vor kurzem als allenfalls ästhetisches Problem angesehen. Mittlerweile sind Kunststoffe aber zu einem ernsthaften Problem geworden, auch wenn sie meist selbst weder toxisch noch bioakkumulierend sind. Speziell zugesetztes Mikroplastik und solches, das durch Abrieb aus Plastikmaterialien, Textilien und Fahrzeugreifen entsteht, gelangen letztendlich in erheblichen Mengen in die Umwelt. Vieles landet in den Ozeanen. Meeresorganismen, insbesondere Planktonfresser, nehmen die persistenten Partikel auf und verhungern mit gefüllten Mägen, weil sie die Kunststoffe nicht verdauen können. Über das Nahrungsnetz gelangen sie dann auch in höhere Organismen wie Fische und Meeressäuger und darüber auch in den menschlichen Körper. Ein Messprogramm von fünf Bundesländern zeigte, dass Plastikpartikel mittlerweile auch in Flüssen und Seen verbreitet sind. Selbst Schneeproben aus der Antarktis sind nicht frei von Mikroplastik-Partikeln. Sehr gravierend ist aber auch die Belastung von Böden. Komposte, Gärreste aus Biogasanlagen und Klärschlämme enthalten Plastikreste, sodass alle landwirtschaftlichen Böden heute Mikroplastik und auch Reste von Makroplastik enthalten.

Eine wesentliche Rolle bei der Bewertung von Stoffen spielt die Prüfung der **toxischen und ökotoxischen Wirkungen**. Erweisen sich Stoffe als giftig für Mensch oder Umwelt, sind sie – wenn überhaupt – nur in sehr geringen Konzentrationen unterhalb der Schwellenwerte verträglich.

Besonders problematisch sind persistente Substanzen, die **bioakkumulieren**. Sie sind oft kaum wasserlöslich und reichern sich – meist wegen ihrer Fettlöslichkeit – in Lebewesen an. Auch einige Schwermetalle wie Quecksilber und Cadmium sind bioakkumulierend. Tiere, die am Ende von Nahrungsketten bzw. -netzen stehen, sind dadurch besonders gefährdet. So sind bei Tieren wie Robben, Greifvögeln oder auch beim Menschen die höchsten Konzentrationen solcher Stoffe zu finden. Daher sind diese Lebewesen einem größeren Risiko durch schädliche Effekte ausgesetzt. Beispiele für solche Stoffe sind flammhemmende Mittel wie polybromierte Diphenylether (PBDE) und Hexabromcyclododecan (HBCD) als auch polychlorierte Biphenyle (PCB), die unter anderem in Transformatoren, Hydraulikflüssigkeiten und Fugenmassen Verwendung gefunden haben.

Sind persistente Stoffe wasserlöslich (polar), können sie in Böden und Sedimenten häufig leicht versickern und im Grundwasser über lange Strecken transportiert werden. Wird Grundwasser oder Uferfiltrat für Trinkwasser genutzt, können solche **mobilen Stoffe** in der Wasseraufbereitung kaum wieder entfernt werden.

Verschiedene Stoffe können mit dem **hormonellen (endokrinen) System** des Menschen oder von Tieren wechselwirken. Sie simulieren oder blockieren die Wirkung körpereigener Hormone oder beeinflussen deren Bildung, Transport und Abbau. Mangelnde Fruchtbarkeit, sinkende Spermienzahl und -qualität, Missbildungen der Geschlechtsorgane, erhöhtes Auftreten verschiedener hormonabhängiger Krebsarten (wie Brust- und Prostatakrebs) werden in der Literatur als mögliche Folgen einer Exposition beschrieben. Verbreitet sind Wirkungen auf die Sexualhormone, aber auch Störungen der Schilddrüse und der Steroidsynthese sind vielfach beschrieben.

Die vielfältigen Störungen durch hormonell wirksame Substanzen können in frühen Entwicklungsstadien (zum Beispiel in Embryonen und Föten) bei sehr niedrigen Konzentrationen auftreten und erhebliche, oft irreversible Gesundheitsstörungen beim Menschen oder negative populationsdynamische Effekte bei Organismen in der Umwelt verursachen. Endokrine Disruptoren stören nicht nur das Hormonsystem des Menschen, sondern auch das endokrine System von Umweltorganismen, z. B. bezüglich der Larvalentwicklung, der Fortpflanzungsfähigkeit, des Verhältnisses zwischen den Geschlechtern oder Imposex der Tiere. Die Wirkungen dieser Stoffe auf die in der Umwelt lebenden Organismen sind deshalb ebenso ernst zu nehmen wie die gesundheitlichen Wirkungen.

**Nanomaterialien** ermöglichen aufgrund ihrer winzigen Größe und den damit verbundenen Eigenschaften neue technologische Anwendungen. Wegen ihrer Kleinheit können sie aber auch in lebende Zellen gelangen. Wirkung und Verhalten im menschlichen Organismus und in der Umwelt hängen daher nicht nur von der chemischen Zusammensetzung ab, sondern auch von physikalisch-chemischen Eigenschaften wie Korngröße, Oberflächenchemie oder Oberflächenladung. Neue Prüf- und Bewertungsstrategien sind erforderlich und sollten bei der REACH-Novellierung verankert werden. Auch bei anderen **neuartigen Materialien**, die gezielt hergestellt werden, um bestimmte Funktionalitäten (z. B. magnetische Eigenschaften) oder spezielle Formen (additive Fertigung) zu erzielen, ist es erforderlich „safe by design“-Konzepte zu entwickeln, um Risiken für Mensch und Umwelt im Vorfeld zu vermeiden.

Die klassische Chemikalienbewertung zeigt noch weitere Unzulänglichkeiten: Toxikolog\*innen bestimmen üblicherweise die Wirkung von Einzelstoffen. Mensch und Umwelt sind aber

vielen Substanzen gleichzeitig oder in Folge ausgesetzt. Sie unterschätzen daher die Risiken durch Kombinationswirkungen häufig. Dies zeigt, dass das Vorsorgeprinzip verstärkt in Risikobewertung und -management einzubeziehen ist. Kombinationswirkungen sind auch ein Grund dafür, dass eine Vielzahl von **Mikroschadstoffen** in Gewässern zu schädlicheren Wirkungen führt als aus Laboruntersuchungen vorhergesagt.

Zudem unterschätzt die klassische Risikobewertung häufig **indirekte** Wirkungen. Beispiele:

- Herbizide eliminieren Wildkräuter. Damit wird Insekten und in der Folge auch Vögeln die Lebensgrundlage entzogen. Dies ist ein Grund für das Insekten- und Vogelsterben in agrarischen Ökosystemen.
- Reaktive Stickstoffverbindungen wie Ammoniak und Nitrat beeinflussen in vielfältiger Weise bio- und geochemische Kreisläufe: Gewässer und Böden werden überdüngt. Lachgas trägt zum Treibhauseffekt bei.

**Fazit:** Die Langlebigkeit von Chemikalien (Persistenz) verdient also besondere Beachtung, da sich gezeigt hat, dass viele langlebige Stoffe zu späteren Schäden in der Umwelt führen, die bei der Einführung dieser Stoffe noch nicht vermutet wurden. Ein besonderes Augenmerk ist auch indirekten Wirkungen, Kombinationswirkungen und hormonell wirkenden Stoffen zu widmen.

## STOFFSTRÖME ÖKOLOGISCH MANAGEN!

Will man nachhaltige Chemie konkret umsetzen, braucht es ein umfassendes Stoffstrommanagement, das integraler Bestandteil einer zirkulären Ökonomie („Circular Economy“) ist. Dies beginnt bereits bei der Entnahme und Gewinnung von Rohstoffen und endet bei der Wiederverwertung und Beseitigung von Abfällen. Zirkuläre Ökonomie bedeutet aber auch einen Paradigmenwechsel hinsichtlich der Stoffkreisläufe, indem sie verlangt, die Wertschöpfungskette in ihrer Gesamtheit zirkulär zu gestalten.

Um mehr Nachhaltigkeit beim Management von Stoffströmen zu erreichen, ergänzen sich drei Strategien:

- **Effizienz** richtet sich auf eine ergiebigere Nutzung von Energie und Ressourcen. Mit weniger Energie- und Materialeinsatz soll ein Produkt oder eine Dienstleistung entstehen. Dies betrifft zum Beispiel den Wirkungsgrad bei Kraftwerken ebenso wie die Materialersparnis bei der Herstellung von Produk-

ten. Manche Effizienzgewinne sind in der Vergangenheit allerdings durch erhöhten Verbrauch wieder kompensiert worden (Rebound-Effekt). Aktuell wird die Ressourceneffizienz auf die erzielte Wertschöpfung im Indikator BIP (Bruttoinlandsprodukt) bezogen. Dies bedeutet, dass auch Preisänderungen, die nichts mit dem Materialverbrauch zu tun haben, sich in dem Indikator widerspiegeln. Außerdem sind wichtige Aspekte in diesem Indikator nicht enthalten wie z. B. die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen.

- **Konsistenz** bezieht sich auf die Vereinbarkeit von Natur und Technik. Darunter fällt unter anderem die Entwicklung von Materialien und Produkten für geschlossene Stoffkreisläufe. Produkte sind möglichst lange zu verwenden. Soweit eine Wiederverwendung nicht möglich ist, sind die Abfälle möglichst vollständig zu recyceln oder in natürliche biogeochemische Prozesse einzufügen. Dabei sind auch die Senken für die Aufnahme von Stoffen wie die Atmosphäre, Boden und Meere als begrenzt belastbare Ressourcen zu betrachten.
- **Suffizienz** richtet sich an Konsum- und Lebensstile, nicht nur durch einzelne Personen, sondern die Gesellschaft insgesamt. Suffizienz lässt sich durch die Begriffe Entschleunigung, Entflechtung, Entkommerzialisierung und Entrümpelung charakterisieren. Suffizienz richtet sich nicht nur an die Verbraucher\*innen sondern auch an die Produzent\*innen mit der Frage: Was wird wirklich gebraucht? Das bedeutet nicht asketischen Verzicht, sondern Antworten auf die Frage nach der rechten Vielfalt der Inhaltsstoffe und der Produkte.

Moderne Produkte sind meist vielfältig und komplex. Hochleistungskunststoffe, die etwa im Automobilbau zur Gewichtsreduktion eingesetzt werden, enthalten eine Vielfalt von Additiven und bestehen oft aus mehreren Polymeren. Selbst vermeintlich einfache Folien für Lebensmittelverpackungen sind teilweise komplexe Mehrschichtkunststoffe mit Zusatzstoffen, die sich nicht mehr abtrennen lassen. Soweit keine Kennzeichnungspflicht besteht, bleibt die stoffliche Zusammensetzung den Konsument\*innen, gewerblichen Nutzern und Recyclern unbekannt. Die Vielfalt der Chemikalien in Produkten wird zunehmend zum Problem, das der Umsetzung einer zirkulären Ökonomie entgegensteht. Wissenschaftler\*innen plädieren deshalb für Maßnahmen, insbesondere bei Verbraucher\*innenprodukten die stoffliche Vielfalt zu beschränken.

Ein wesentlicher Ansatzpunkt für eine Verminderung der Stoffströme und eine zirkuläre Ökonomie ist auch ein ökologisches Produktdesign, was u. a. eine modulare Bauweise, lange Funktionsfähigkeit und Reparierbarkeit erfordert.

Ein stoffliches Recycling ist insbesondere im „Post-Consumer“-Bereich sehr schwierig. Komplex zusammengesetzte Produkte entziehen sich meist der angestrebten Wiederverwertung.

Ursprünglich mit viel Aufwand in hoher Reinheit hergestellte Stoffe, Materialien und Produkte werden zunehmend durchmischt und über globale Märkte weltweit verteilt, sodass beim Recycling enorme Anstrengungen unternommen werden müssen, um Verluste an den unterschiedlichsten Stellen des vermeintlichen Kreislaufs zu vermeiden. Von wenigen Ausnahmen abgesehen (wie metallische Schrotte und Glas, mit Einschränkungen auch Papier und Pappe) beschränkt sich deshalb die stoffliche Wiederverwertung derzeit noch überwiegend auf Produktionsabfälle.

Zunehmend problematisch ist die Vielfalt der Bauprodukte. Der Materialstrom der Bauprodukte ist der bei weitem größte überhaupt: 4,7 Milliarden Tonnen mineralische Rohstoffe werden in der EU pro Jahr „verbraucht“. Selbst bei Sand als Rohstoff treten bereits Verknappungen ein. Bauprodukte sind jedoch nicht nur ein quantitatives Problem. Sie enthalten zum Teil gefährliche Chemikalien wie das Flammschutzmittel Hexabromcyclododecan (HBCD) oder Weichmacher.

Die fehlende Transparenz zu Inhaltstoffen in Produkten führt dazu, dass auch Handelsmarken es schwer haben, Schadstoffe zu vermeiden. Verbraucher\*innen können sich nicht bewusst vor Schadstoffen schützen und Schadstoffe verbleiben im Produktkreislauf. Weitestgehende Transparenz von Inhaltsstoffen in Produkten ist ein zentrales Element für eine funktionierende, schadstofffreie zirkuläre Ökonomie.

## TRANSFORMATION DER CHEMIKALIENPRODUKTION

Derzeit dominieren fossile Rohstoffe (vor allem Mineralöl und Erdgas) mit rund 90 Prozent als stoffliche Basis für die Chemieproduktion. Dies ist nicht nachhaltig. Als alternative Rohstoffquellen kommen Biomasse und synthetische Rohstoffe aus Kohlendioxid und Wasserstoff mittels erneuerbarer Energien in Betracht. Biomasse ist aufgrund der begrenzten Ressourcen und der Lebensmittelkonkurrenz nur begrenzt ausbaubar und synthetische Chemierohstoffe erfordern einen hohen Energieaufwand. Auch wird „chemisches Recycling“ als eine Möglichkeit diskutiert, aus komplexen Produkten chemische Rohstoffe wiederzugewinnen. Dies ist aber nur dann ein sinnvoller Lösungsansatz, wenn das von der Energiebilanz weitaus günstigere stoffliche Recycling zu technisch und ökologisch zweifelhaften Ergebnissen führt. Keine Möglichkeit ist ein Königsweg, der in vollem Umfang die derzeitige stoffliche Basis ersetzen kann.

Das heißt: An Ressourceneffizienz, Kreislaufführung und weniger unnützen Produkten – also der Suffizienz – führt kein Weg vorbei, will man eine nachhaltige Chemieproduktion erreichen.

## WIDER DIE KUNSTSTOFFFLUT

Kunststoffe zählen zu den großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Im Global Plastics Outlook legt die OECD Zahlen zu Herstellung, Gebrauch, Abfällen und Umweltwirkungen von Kunststoffen vor. Der Bericht stellt fest, dass „Business as usual“ nicht nachhaltig ist und entwickelt Szenarien zum Umgang mit Plastik in Art, Umfang und Menge. Kunststoffe sind extrem persistent und sind ein Prüfstein für eine funktionierende zirkuläre Wirtschaft. Die Produktion weltweit verdoppelte sich alle 20 Jahre und betrug mehr als 400 Millionen Tonnen im Jahr 2015. In der EU werden jährlich mehr als 25 Millionen Tonnen als Plastikabfall gesammelt, wovon in Deutschland nur ca. 30 % stofflich recycelt werden. Circa 7 % des gesammelten Plastiks werden ausgeführt, wobei China seit Anfang 2018 durch schlagartige Erhöhung der Qualitätsanforderungen einen faktischen Importstopp schuf. Seitdem gelangen große Abfallströme von Kunststoffmüll in andere Länder des Ostens und Südens zur „Wiederverwertung“.

Die Plastikflut ist allerdings kein reines Abfallproblem. Notwendig ist vielmehr, Herstellung und Verbrauch deutlich zu senken. Eine Umsteuerung beim Konsum ist notwendig. Plastik ist ein weltweites Problem. Zur Bekämpfung der globalen Verschmutzung mit Plastik sollte die EU deshalb in den Verhandlungen für eine rechtlich verbindliche internationale Plastik-Konvention anspruchsvolle Maßnahmen fordern.

## NACHHALTIGE CHEMIE

Wie kann die Chemie zur Nachhaltigkeit beitragen? Einerseits stellt die Chemie viele Instrumente zur Verfügung, die helfen, die Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der Vereinten Nationen zu erreichen. Wir brauchen Chemikalien für die Erzeugung und Speicherung erneuerbarer Energien, sauberes Wasser, Hygiene und Gesundheit, Wärmedämmung, Mobilität oder Korrosionsschutz. Eine „chemiefreie Welt“ ist nicht vorstellbar und wäre auch nicht wünschenswert. Andererseits können Chemikalien eine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen und die Erreichung der Nachhaltigkeits-Ziele der Vereinten Nationen gefährden.

Nachhaltige Chemie hat vor allem das Ziel, irreversible Schäden für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu vermeiden. Dies kann erreicht werden durch

- chemische Produkte, die keine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen,
- chemische Produktion in einer Weise, die Mensch und Umwelt nicht gefährdet und Energie und Ressourcen schont,
- ein Stoffstrommanagement, das ökologischen Kriterien genügt und die planetaren Grenzen beachtet,
- eine signifikante Reduktion der eingesetzten Ressourcen- und Stoffstrommengen durch eine Orientierung an Suffizienz, konsequenter Kreislaufführung und Abfallvermeidung.

Viele Inhaltsstoffe von Produkten gelangen in ihrer Gebrauchsphase bestimmungsgemäß in die Umwelt (wie Pestizide, Waschmittel) oder werden ungewollt freigesetzt (etwa durch Ausgasung, Auslaugung oder Abrieb). Sie finden sich deshalb in Gewässern, Böden oder (Innenraum-)Luft wieder. „End of pipe“-Systeme wie die Abwasserreinigung sind hilfreich und notwendig, stoßen aber an ihre Grenzen. Bereits an der Quelle sind Maßnahmen zur Verhinderung von gesundheits- und Umweltbelastungen erforderlich. Chemikalien brauchen deshalb ein ökologisches Moleküldesign; sie sollen „von der Gestaltung her gutartig“ („benign by design“) sein, d. h. keine unerwünschten Wirkungen und in der Umwelt eine geringe Stabilität haben, bevor sie in harmlose Substanzen zerfallen. Sie sollen zeitlich und räumlich eine geringe Reichweite haben, was ihre Persistenz und ihre Mobilität in den Vordergrund rückt. Einige gefährliche Eigenschaften sind untrennbar mit der Funktion verknüpft (z. B. Brennbarkeit). Gefährliche Eigenschaften ohne Bezug zur Funktion sind aber so weit möglich zu vermeiden.

Das Konzept der Nachhaltigen Chemie verdeutlicht, dass die Transformation in Richtung auf eine nachhaltige Chemie eine grundsätzlich neue Herangehensweise erfordert. Der Ausgangspunkt der Betrachtungen bei der Nachhaltigen Chemie ist immer der Zweck oder die Funktion eines Produktes, einer Produktion oder einer Dienstleistung. Allein danach richtet sich, wie dieser Zweck am nachhaltigsten erreicht werden kann. Dies erfordert eine neue ganzheitliche Herangehensweise. Dies stellt auch eine besondere Herausforderung für die Ausbildung der Mitarbeiter\*innen in chemischen Berufen und insgesamt für alle Berufe in der chemischen Industrie dar. Die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams muss sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie und Behörden vorangetrieben und gefördert werden. In die fachliche Ausbildung von Chemiker\*innen müssen Nachhaltigkeitsthemen und das inter-, multi- und transdisziplinäre Denken integriert werden.

## FORDERUNGEN DES BUND

**Der BUND fordert eine nachhaltige Chemie sowie eine konsequente Umsetzung einer nachhaltigen Ressourcen- und Stoffpolitik unter besonderer Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips.**

**Dies bedeutet im Einzelnen:**

- Stoffpolitik ist heute international. Die Belastung des Systems Erde mit Chemikalien hat ein bedenkliches Ausmaß erreicht. Zum Teil werden die planetaren Leitplanken bereits überschritten. Dies gilt insbesondere auch für die Leitplanke „Neue Substanzen“. Um gegenzusteuern, sind die **Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen** („Sustainable Development Goals“) ernst zu nehmen und verbindliche Maßnahmen zu deren Umsetzung zu ergreifen.
- Es braucht eine **globale Rahmenkonvention zum nachhaltigen Management von Stoffen, Materialien und Ressourcen**, die wirksame globale Beschränkung der Produktion und Verwendung von Chemikalien vorsieht, um die planetaren Grenzen einzuhalten. Eine solche Konvention soll als Dach die bestehenden internationalen Regelungen mit umfassen und gleichzeitig für eine übergeordnete Strategie zur deutlichen Reduktion von Umweltbelastungen durch Chemikalien und Ressourcen führen und Regelungen für ein Stoffstrommanagement entlang der Wertschöpfungskette beinhalten. Dabei ist die Durchsetzung eines nachhaltigen Chemikalien- und Abfallmanagements unter Berücksichtigung des Verursacherprinzips („Polluter pays Principle“) erheblich zu beschleunigen. Die Länder des Ostens und Südens müssen im Aufbau eines eigenen Systems zum Management von Stoffen unterstützt werden.
- Stoffpolitik muss sich verstärkt an den **Prinzipien der Vorsorge und Nachhaltigkeit** ausrichten. Dies bedeutet insbesondere, **Persistenz** als zentrales Gefährdungsmerkmal konsequent zu beachten – auch bei Stoffen, die zu persistenten Abbauprodukten umgewandelt werden sowie bei Stoffen, die wie Kunststoffe in großen Mengen in die Umwelt eingetragen werden, ohne andere Gefahrenmerkmale wie Toxizität aufzuweisen.
- **Stoffströme** sind regional und weltweit **zu verlangsamen und zu verkleinern** und der Ressourcenverbrauch insgesamt zu verringern. Dies bedeutet vor allem, weniger nicht nachhaltig einsetzbare Chemikalien zu verwenden. Dies lässt sich über eine höhere Ressourceneffizienz, Kreislaufführung und Suffizienz beim Umgang mit Stoffen und Materialien erreichen.

- Stoffpolitik ist eng mit Ressourcen- und Klimaschutz verknüpft. Nachhaltige Chemie muss helfen, den Ressourcenverbrauch und die **Emissionen an Treibhausgasen deutlich zu verringern**. Herausforderungen sind etwa, die geeigneten Stoffe und Verfahren für eine umweltverträgliche Mobilität und klima- und ressourcenschonendes Bauen zu finden.
- Stoffpolitik ist auch mit dem Biodiversitätsschutz verknüpft. Verschmutzungen der Umwelt tragen in erheblichem Maße zum Rückgang der **biologischen Vielfalt** bei. Stoffeinträge in Wasser, Boden und Luft bewirken ebenso Biodiversitätsverluste wie der großflächige Anbau biogener Rohstoffe und Futtermittel und die Ausbringung von Pestiziden und Düngemitteln.
- Stoffpolitik und **Kreislaufwirtschaft** sind miteinander zu verbinden. Eine Reduzierung der Stoffströme kann nur gelingen, wenn die Abfallhierarchie konsequent beachtet wird. Dies bedeutet auch, dass die gesetzlichen Grundlagen des Stoff-, Produkt- und Abfallrechts zu integrieren sind und sich gegenseitig ergänzen müssen.
- Viele wissenschaftliche Erkenntnisse zur Be- und Überlastung der Erde mit Chemikalien und Stoffeinträgen sind Ergebnisse der Forschung der vergangenen Jahrzehnte. Zahlreiche Fragen sind noch offen, viele Zusammenhänge nicht bekannt. Zur weiteren Entwicklung eines vorsorgenden Chemikalienmanagements und einer nachhaltigen Stoffpolitik besteht weiterhin deutlicher **Forschungsbedarf**, der insbesondere im Rahmen staatlicher Forschungsprogramme berücksichtigt werden sollte. Außerdem ist es notwendig, nachhaltige Chemie und Stoffstrommanagement in Studiengängen sowie bei Aus- und Fortbildung zu verankern.

Eine Langfassung des Positionspapiers „Herausforderungen für eine nachhaltige Stoffpolitik“ kann heruntergeladen werden unter:

<https://www.bund.net/ueber-uns/organisation/arbeitskreise/umweltchemikalientoxikologie/>

#### Impressum

Herausgeber: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) · Kaiserin-Augusta-Allee 5 · 10553 Berlin · Telefon: 030/27586-40 · Telefax: 030/27586-440 · E-Mail: [info@bund.net](mailto:info@bund.net) · [www.bund.net](http://www.bund.net) · V.i.S.d.P.: Petra Kirberger · Titelbild: freepik.com · Gestaltung: Natur Et Umwelt GmbH · 1. Auflage, Oktober 2019, 2. Auflage, Mai 2023

#### Bundesarbeitskreis Umweltchemikalien/Toxikologie des BUND

Autor\*innen: Ralph H. Ahrens, Hubertus Brunn, Patricia Cameron, Dieter Cohors-Fresenborg, Manuel Fernandez, Henning Friege, Arnim von Gleich, Markus Große Ophoff, Benedikt Jacobs, Janine Korduan, Wolfgang Körner, Janna Kuhlmann, Klaus Kümmerer, Stefan Lips, Volker Molthan, Uwe Schneidewind, Eva Scholl und Klaus Günter Steinhäuser

Wir danken Anna Holthaus, MSP Institute (Multi-Stakeholder Processes for Sustainable Development e.V.), Projektkoordinatorin, für ihren Beitrag zum Thema „Gender und Chemikalien“. Wir danken ferner für die Beiträge der Mitglieder des Bundesarbeitskreises Umweltchemikalien/Toxikologie und des Wissenschaftlichen Beirats des BUND.



FRIENDS OF THE EARTH GERMANY

## Unterstützen Sie uns!

Der BUND engagiert sich bundesweit und in 2.000 Ortsgruppen für den Klimaschutz und die Biodiversität. Wir finanzieren uns zu 80 Prozent aus Mitgliedsbeiträgen und privaten Zuwendungen. Machen Sie mit. Geben Sie dem Klima-, Flächen- und Artenschutz als BUND-Mitglied eine Stimme: [www.bund.net/mitgliedwerden](http://www.bund.net/mitgliedwerden)

