

Standpunkt 23

Stoffbewertung im Lichte
des Vorsorgeprinzips:
Persistenz, Gefährlichkeit
und Risiko



Zusammenfassung

Chemikalien sind unverzichtbar für eine moderne Gesellschaft. Gleichzeitig bergen sie erhebliche Risiken für Mensch und Umwelt, insbesondere wenn sie gefährliche Eigenschaften aufweisen, sehr langlebig sind oder sich weltweit verbreiten. Die bislang vorherrschende risikobasierte Regulierung, die schädliche Wirkung und Exposition miteinander vergleicht, stößt dabei an ihre Grenzen: Bei persistenten Stoffen (in Kombination mit hoher Mobilität oder Bioakkumulation) entkoppeln sich Ursache und Wirkung räumlich und zeitlich, so dass Risiken oft erst erkannt werden, wenn Schäden bereits aufgetreten und die Stoffe nicht mehr rückholbar sind. Bei Stoffen ohne Wirkschwelle bedeutet jedwede Exposition ein Risiko. Wenn Wirkungen irreversibel sind, sind eingetretene Schäden nicht mehr rückholbar und ist die Anwendung des Vorsorgeprinzips unerlässlich. Vor diesem Hintergrund gewinnt eine auf der Gefährlichkeit basierende Bewertung an Bedeutung, wie sie für besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) bereits im EU-Chemikalienrecht verankert ist.

Auch bei der Bewertung von Sekundärmaterialien und -produkten in der Kreislaufwirtschaft gerät die quantitative Expositionsbestimmung an ihre Grenzen, da Art und Menge der enthaltenen Chemikalien meist unbekannt sind.

Der BUND fordert eine konsequente Anwendung des Vorsorgeprinzips beim Management von Chemikalien, insbesondere bei extrem persistenten „Ewigkeitschemikalien“ wie PFAS und Mikroplastik. Auch ohne nachgewiesene Toxizität stellen solche Stoffe eine langfristige Bedrohung dar, da sie sich in der Umwelt anreichern, nicht rückholbar sind und spätere Schäden kaum beherrschbar machen. Historische Beispiele wie FCKW und PCB zeigen, dass das Ignorieren von Persistenz zu gravierenden Umweltproblemen und hohen Folgekosten führen kann.

Ziel einer nachhaltigen Stoffpolitik ist daher die Einschränkung der Verwendung gefährlicher und persistenter Chemikalien, ihre funktionale Substitution sowie die Förderung sicherer, nachhaltiger und möglichst recyclingfähiger Stoffe („safe and sustainable by design“). Expositions- und Risikobewertungen bleiben wichtig, reichen jedoch allein nicht aus. Nur durch eine stärkere Berücksichtigung aller schädlichen Eigenschaften und eine lebenswegbezogene Regulierung lässt sich das EU-Ziel einer möglichst giftfreien Umwelt erreichen.

Einleitung

Chemikalien sind überall: Die von der chemischen Industrie erzeugten Stoffe werden für viele chemische Prozesse benötigt und begegnen uns in zahllosen Produkten des Alltags. Eine Welt ohne Chemikalien ist nicht mehr denkbar und auch nicht wünschenswert. Zum Beispiel sind die meisten hilfreichen Arzneimittel synthetische Chemikalien; viele Nachhaltigkeitsziele lassen sich nur mithilfe von Chemikalien erreichen. Chemikalien können aber auch gefährliche Eigenschaften für die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben. Im Jahr 2023 betrug der Mengenanteil der in der EU produzierten Chemikalien, die als gesundheitsschädlich eingestuft sind, 77 %.¹

Außerdem ist die Produktion von Chemikalien mit einem hohen Energie- und Ressourcenverbrauch verbunden, weshalb es Ziel einer nachhaltigen Stoffpolitik sein muss, nicht nur Chemikalien mit einem erheblichen Gefährlichkeitspotenzial (hazard) zu vermeiden sondern auch die Menge der verwendeten Chemikalien auf das notwendige Maß zu beschränken.²

Vorgehensweise bei der klassischen Risikobewertung

Um Schäden für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu verhindern, werden Produktion, Import, Vermarktung und Verwendung von Chemikalien gesetzlich geregelt: in der EU durch die REACH-Verordnung³ und andere Richtlinien und Verordnungen. Grundsätzlich muss demnach eine Beschränkung eines Stoffes mit dem Vorhandensein eines inakzeptablen Risikos begründet sein. Das mit der Verwendung eines Stoffes einhergehende Risiko muss also bewertet werden und diese Bewertung muss zeigen, dass die Höhe des Risikos ein Eingreifen erforderlich macht.⁴ In der Regel werden hierzu (schädliche) Wirkung und Exposition miteinander verglichen. Ist die erwartete oder gemessene Exposition (Konzentration in der Atemluft, im Trinkwasser, in der Nahrung, im Körper oder in den Umweltmedien wie Oberflächengewässer und Böden) höher als die Wirkungsschwelle (also die Dosis oder Konzentration, ab der eine schädliche Wirkung eintritt) wird ein Risiko festgestellt, das zu verringern ist. Der Ansatz folgt dem Grundsatz, dass bei höheren Konzentrationen stärkere Wirkungen auftreten als bei niedrigen, was, von wenigen Ausnahmen abgesehen (z. B. bei einigen endokrinen Disruptoren⁵), auch zutrifft. Diese Vorgehensweise ist grundsätzlich sinnvoll, weil auf diese Weise Schädigungen von Mensch und Umwelt erkannt und in der Folge

³ Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals

⁴ Zur Klärung der Begriffe bei der Bewertung von Chemikalien: Gefährliche Eigenschaften eines Stoffes sind Eigenschaften, die zu einer Schädigung der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt führen können (intrinsische Eigenschaften). **Gefährliche Eigenschaften** sind auch z. B. Persistenz, Mobilität, Treibhauspotenzial, Schädigung der Ozonschicht. Bei toxischen oder ökotoxischen Wirkungen werden diese durch Wirkungsschwellen (DNEL- und PNEC-Werte) dargestellt.

Wirkungsschwelle bedeutet, ab welcher Dosis/Konzentration schädliche Wirkungen auf Gesundheit oder Umwelt nicht auszuschließen sind.

Exposition bedeutet, inwieweit und mit welcher Dosis/Konzentration Mensch oder Umwelt einer Chemikalie ausgesetzt ist.

Risiko ist das Produkt von möglichem Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit. In der Chemikalienbewertung wird dies durch das Verhältnis von erwarteter Exposition zu Wirkungsschwelle quantifiziert.

⁵ Stoffe, die das Hormonsystem beeinflussen, werden endokrine Disruptoren genannt

¹ www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/production-and-consumption-of-chemicals-by-hazard-class

² www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/ressourcen_und_technik/Herausforderungen_fuer_eine_nachhaltige_Stoffpolitik_Positionspapier_BUND_2023.pdf

durch Maßnahmen vermieden werden können. Allerdings ist die Prüfung jeder einzelnen Verwendung erforderlich, was einen sehr großen Arbeits- und Zeitaufwand bedeuten kann. So vergehen oft Jahre, bevor es zu konkreten Maßnahmenvorschlägen und schließlich zu politischen Entscheidungen darüber kommt. In dieser Zeitspanne wird die Chemikalie weiter emittiert, Umweltkonzentrationen können steigen und damit auch das Risiko.

Grenzen der klassischen Risikobewertung einzelner Substanzen

Bei bestimmten Stoffeigenschaften kann der klassische Expositions-Wirkungsvergleich allerdings zu unzutreffenden Ergebnissen führen. Dies ist der Fall, wenn der Stoff lange Zeit in der Umwelt verbleibt (Persistenz) und die räumliche Ausdehnung eines emittierten Stoffes sehr groß ist (Mobilität) oder er sich in Lebewesen stark anreichert (Bioakkumulation). Exposition und Wirkung sind dann zeitlich und räumlich entkoppelt. Die schädlichen Wirkungen treten bei solchen „long range chemicals“ verzögert oder räumlich entfernt von ihrer Verwendung auf. Auch wenn die (toxische) Wirkung eines Stoffes verzögert auftritt, ist sie zeitlich von der Exposition entkoppelt. Wenn kein Schwellenwert bestimmbar ist (z. B. bei krebserzeugenden, erbgutverändernden oder endokrinen Eigenschaften), ist das Auftreten einer Wirkung auch in minimalen Mengen nicht auszuschließen. Eine Wirkschwelle ist dann nicht mehr zu bestimmen. Bei irreversibel wirkenden Stoffen lassen sich eingetretene Wirkungen nicht mehr reparieren. Abgesehen von wenigen Zwischenprodukten in geschlossenen Systemen sind Verwendungen von Chemikalien nicht emissionsfrei. Auch ohne quantitative Expositionsbestimmung ist bei Stoffen mit derartigen Eigenschaften somit von einem inakzeptablen Risiko auszugehen. Solche gefährliche Stoffe lassen sich nicht mehr aus der Umwelt zurückholen. Das Risikomanagement ist deshalb streng am Vorsorgeprinzip auszurichten.

In vielen Bereichen des Umwelt- und Gesundheitsschutzes ist das Vorsorgeprinzip verankert. Es ist ein grundlegendes Konzept, das besagt, dass bei drohenden, aber noch nicht eindeutig nachgewiesenen Gefahren für Mensch und

Umwelt präventiv gehandelt werden muss, anstatt auf einen wissenschaftlichen Beweis für das Eintreten von Schäden zu warten. Es fordert, dass Maßnahmen ergriffen werden, um potenzielle Schäden zu verhindern oder zu minimieren, bevor eindeutige wissenschaftliche Beweise vorliegen. Das Vorsorgeprinzip ist in vielen Bereichen des internationalen Rechts (Beispiel OSPAR-Abkommen zum Schutz von Nordsee und Nordatlantik), des EU-Rechts (Artikel 191 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union) und des nationalen Rechts verankert. Bereits bei der Vorstellung des ersten Umweltprogramms einer Bundesregierung im Jahr 1971 sagte Hans-Dietrich Genscher:⁶ „Umweltschutz darf nicht nur auf bereits eingetretene Schäden reagieren, sondern muss durch Vorsorge und Planung verhindern, dass in Zukunft Schäden überhaupt entstehen.“

Besonders problematisch sind Stoffe, die – einmal in die Umwelt eingebracht – lange dort verbleiben, sich dadurch in der Umwelt weit verbreiten und anreichern, insbesondere da sie dann auch nicht mehr aus der Umwelt entfernt werden können. Auch ohne (bekannte) negative Wirkungen haben persistente Stoffe ein Gefährlichkeitspotenzial. Dabei ist zu bedenken, dass schädliche Wirkungen häufig erst Jahre nach Einführung der Stoffe in den Markt festgestellt werden. Sehr deutlich wird dies in den Publikationen der Europäischen Umweltagentur /EEA) „Late Lessons from Early Warnings“.⁷

Die Eigenschaft der Persistenz (Langlebigkeit) hat in den letzten Jahrzehnten bei der regulatorischen Stoffbewertung sowohl in Europa als auch in Nordamerika zunehmende Bedeutung erlangt, in der Regel in Kombination mit anderen Stoffeigenschaften wie Bioakkumulation, Mobilität oder Toxizität. Die REACH-Verordnung der EU nennt solche Stoffe besonders besorgniserregend (SVHC⁸), die allein aufgrund ihrer problematischen Eigenschaften möglichst zu substituieren sind.

⁶ Umweltprogramm der Bundesregierung vom 14. Oktober 1971, S. 3: dserver.bundestag.de/btd/06/027/0602710.pdf

⁷ www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2001_22 und www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2

⁸ Substances of very high concern

Persistenz als zentrales Bewertungskriterium auch über das Chemikalienrecht hinaus

Ein Blick auf die globalen Umweltprobleme zeigt, dass diese oft durch sehr persistente Substanzen ausgelöst werden. Ein Beispiel dafür ist Kohlendioxid, das über Jahrzehnte bis Jahrhunderte in der Atmosphäre verbleibt. Nur durch diese hohe Persistenz ist es ein so gefährliches Klimagas. Gleichzeitig führt im Meerwasser gelöstes Kohlendioxid zur Versauerung und gefährdet so alle kalkbildenden Arten, was ein großes Problem für die Biodiversität in den Ozeanen darstellt.

Auch das Klimagas Distickstoffoxid (N_2O , Lachgas) hat eine lange Lebensdauer in der Atmosphäre. Seine Konzentration nimmt ebenfalls kontinuierlich zu. Es wird in der Landwirtschaft aus Düngemitteln gebildet, entsteht aber auch bei chemischen Synthesen und bei der Abfallbehandlung. Außerdem findet es als Narkosegas und Partydroge Verwendung.

Die bei ihrer Markteinführung für völlig harmlos gehaltenen Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sind ein weiteres Beispiel. Ihre ozonschädigende Wirkung wurde erst Jahrzehnte nach ihrem Inverkehrbringen erkannt und dann durch internationale Abkommen reguliert (Montreal-Protokoll). Leider wurden die FCKW zunächst durch ebenfalls sehr persistente Fluorkohlenwasserstoffe (H)FKW ersetzt, die ein erhebliches Treibhauspotenzial aufweisen. Jahrzehnte nach deren Einführung wird erneut klar, dass diese zu erheblichen Umweltbelastungen führen.⁹ Bereits bei der Einführung der Fluorkohlenwasserstoffe waren deutlich umweltfreundlichere, fluorfreie Alternativen verfügbar. Der Umwelt wäre sehr geholfen und der Industrie hohe Kosten erspart worden, wenn diese Alternativen frühzeitig eingeführt worden wären.

Auch die polychlorierten Biphenyle (PCBs) sind ein Beispiel für die ungenügende Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips: Sie wurden anfangs für völlig unproblematisch gehalten. Jahrzehnte später sind sie seit 2004 weltweit verboten. Die Persistenz und Verbreitung dieser Stoffe führt jedoch noch heute dazu, dass die Populationen von Schwertwalen im Meer bedroht sind.¹⁰

Eine stärkere Bewertung gefährlicher Eigenschaften von Chemikalien bei besonderer Berücksichtigung der Persistenz wäre geeignet, dem Vorsorgeprinzip gerecht zu werden und künftige Fehlinvestitionen der Wirtschaft zu vermeiden. Dieser grundlegende Bewertungsansatz lässt sich auch auf weitere Bereiche der im Konzept der planetaren Leitplanken beschriebenen Umweltprobleme übertragen. Auch Phosphor (mobilisiert vor allem für Düngemittel) und Stickstoff (in den vielfältigen Formen reaktiven Stickstoffs) zeigen im Rahmen der biogeochemischen Kreisläufe (pseudo)-persistentes Verhalten. Die Umweltkonzentrationen steigen stetig an. Fünf der neun planetaren Leitplanken sind mit dem Problem der Persistenz verbunden. Auch gentechnisch veränderte Organismen, die zu den „novel entities“ im Sinne der planetaren Leitplanken zählen, sind nicht rückholbar und können sich ggf. in der Umwelt nicht nur ausbreiten, sondern sogar vermehren. Dies gilt in ganz besonderem Maße für gentechnisch veränderte Mikroorganismen wie Pilze, Bakterien, Viren oder Einzeller, deren Nutzung in offenen Systemen vermehrt propagiert wird. Um ihren Einsatz zu erleichtern, hat die EU-Kommission leider kürzlich einen Vorschlag zum Abbau gesetzlicher Vorschriften für das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Mikroorganismen vorgelegt.

⁹ Kurzlebige Fluorolefine sind ebenfalls keine geeigneten Ersatzprodukte, da sich aus ihnen in der Atmosphäre die Ewigkeitschemikalie Trifluoressigsäure (TFA) bildet.

¹⁰ www.science.org/doi/10.1126/science.aat1953

Die globale Stockholm-Konvention verbietet oder beschränkt besonders gefährliche Chemikalien, die im Rahmen der Konvention als POPs (persistent organic pollutants) bezeichnet werden. Viele POPs sind inzwischen in Polarregionen in höheren Konzentrationen vorhanden als in den Regionen, in denen sie emittiert wurden. Sie können verdampfen, auf dem Luftweg weit transportiert werden und sich dann in kalten Regionen niederschlagen („grasshopper effect“).

Folgende Beispiele illustrieren die genannten Prinzipien der Stoffbewertung:

Die europäische REACH-Verordnung sieht in Art. 68(2) bereits vor, dass kanzerogene, mutagene und/oder reproduktionstoxische Stoffe der Kategorien 1A und 1B in Verbraucherprodukten generell beschränkt werden können, ohne dass es einer detaillierten Expositionsbeurteilung bedarf. Im Rahmen der anstehenden REACH-Novellierung sollte diese Bestimmung (generic approach) nicht nur auf endokrine, sondern auch auf PBT/vPvB-, PMT/vPvM-Stoffe ausgedehnt werden.¹¹ Auch professionelle Anwendungen, die der Verbrauchereexposition vergleichbar sind, sollten einbezogen werden.

Auch in einer Kreislaufwirtschaft gerät die quantitative Risikobewertung an ihre Grenzen. Es sollte möglich sein, aus jedem Plastik ein Kinderspielzeug herzustellen, oder aus jedem Recyclingpapier Lebensmittelverpackungen. Diese angestrebte Kreislaufführung und die damit verbundene Möglichkeit, Stoffe in anderen als den ursprünglich vorgesehenen Verwendungen erneut zu nutzen, werden in der klassischen Risikobewertung nicht mitbetrachtet. Eine Exposition, die zu Risiken für Mensch und Umwelt führen kann, findet dann bei den Sekundärprodukten statt. Recycler wissen oft nicht, ob gefährliche Stoffe in den Abfällen, die sie verarbeiten, enthalten sind und in die Sekundärprodukte „verschleppt“ werden. Somit liegt ein Risiko vor, auch wenn keine Expositionsbestimmung stattfindet. Es lässt sich nur durch höhere Transparenz abwenden und wenn besorgniserregende Chemikalien von Materialströmen, die recycelt werden können, ferngehalten werden.

¹¹ PBT: persistent, bioakkumulierend und toxisch, vPvB: sehr persistent und sehr bioakkumulierend, PMT: persistent, mobil und toxisch, vPvM: sehr persistent und sehr mobil
chemtrust.org/wp-content/uploads/Waiting-for-REACH_EEB-CHEMTrust_2023.pdf

Fallbeispiel 1: Ewigkeitschemikalien PFAS

Aktuell beabsichtigt die EU die Beschränkung der Stoffgruppe der PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen), die mehr als 10.000 Einzelstoffe umfasst. PFAS sind extrem persistent; natürliche Abbaumechanismen, die zu einer vollständigen Defluorierung führen, sind nicht bekannt.¹² Sie werden deshalb als Ewigkeitschemikalien („forever chemicals“) bezeichnet. Die Industrie lehnt den auf der Gefährlichkeit basierenden Regulierungsansatz ab und fordert eine Risikobewertung mit Expositions Betrachtung für die einzelnen Stoffe und ihre jeweiligen Verwendungen. Die Realität ist aber ernüchternd: Die bereits regulierten Einzelstoffe PFOA und PFOS wurden durch ähnliche per- und polyfluorierte Chemikalien ersetzt. Solche „regrettable substitutions“ (bedauerliche Substitutionen) lösen das Problem in keiner Weise. Die Industrie kritisiert, dass auch polymere PFAS wie PTFE (Polytetrafluorethylen, Teflon) beschränkt werden sollen. Für diese sind zwar bisher in der Gebrauchsphase keine toxischen Eigenschaften bekannt; sie sind jedoch in jedem Fall persistent. Eine Lebenswegbetrachtung zeigt erhebliche Emissionen von PFAS bei der Herstellung und in der Abfallphase.¹³ Ewigkeitschemikalien wie PFAS müssen deshalb auch dann reguliert werden, wenn für sie selbst (noch) keine toxischen oder ökotoxischen Eigenschaften bekannt sind. Ihre Anwendungen sind auf die wenigen Fälle zu beschränken, die unverzichtbar sind, d. h. wenn sie für Sicherheit, Gesellschaft oder Gesundheit notwendig sind und bei denen noch keine geeigneten Alternativen zur Verfügung stehen.

Fazit: Die extreme Persistenz der PFAS erfordert ihre Beschränkung als Stoffgruppe. Der Regulierungsansatz als Stoffgruppe vermeidet Substitutionen, die die Risiken nicht beseitigen sondern nur verlagern. Er sollte auch auf andere Stoffgruppen angewandt werden, die eine besonders besorgniserregende Eigenschaft gemeinsam haben. Dies würde mehr Sicherheit schaffen und auch den Bewertungs- und Regulierungsaufwand deutlich senken. Bei unverzichtbaren Anwendungen sollten die Emissionen so weit wie möglich gemindert werden. Die von der Industrie geforderte Vorgehensweise widerspricht dem Vorsorgeprinzip und würde die Risiken der PFAS nur unwesentlich reduzieren.

¹² www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/chemie/chemie_fluorchemikalien_hintergrund.pdf und <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00721-8>

¹³ www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/11/synthesis-report-on-understanding-fluoropolymers-and-their-life-cycle_2ed189aa/35b035df-en.pdf

Fallbeispiel 2: Bisphenole – Stoffe ohne Wirkschwelle

Bisphenole werden zur Herstellung von Kunststoffen und Harzen verwendet und finden sich in vielen Alltagsprodukten. Bis vor einigen Jahren waren Bisphenole auch in Thermopapieren als Kupplungskomponente enthalten. Das bekannteste Bisphenol ist Bisphenol A (BPA).

BPA ist reproduktionstoxisch und hormonell schädigend für die Gesundheit und die Umwelt (endocrine disrupting chemical, EDC).¹⁴ Die endokrine Wirkung kann bei sehr niedrigen Konzentrationen auftreten. Selbst wenn höhere Konzentrationen keine schädliche Wirkung zeigen, lässt sie sich manchmal bei niedrigeren Konzentrationen beobachten (nicht-lineare Dosis-Wirkungsbeziehung), oft nur in bestimmten Lebensstadien (z. B. als Fötus, als Baby oder als Jugendlicher während der Pubertät). Auch bei der Umweltbewertung werden hormonelle Wirkungen berücksichtigt.

Diese Charakteristika führen dazu, dass aus Sicht vieler Wissenschaftler*innen für Bisphenol A keine Konzentration ohne Wirkung abgeleitet werden kann. In Bezug auf hormonelle Wirkungen in der Umwelt besteht hierzu Konsens, nicht jedoch in Bezug auf Wirkungen beim Menschen, so dass derzeit bei der Regulation von einer Wirkschwelle ausgegangen wird.

Die Entwicklung des Richtwertes zur maximalen täglichen Aufnahme (tolerable daily intake, TDI) für BPA verdeutlicht die Bewertungsunsicherheiten bei hormonell schädigenden Stoffen. 2006 legte die europäische Lebensmittelagentur (EFSA) für BPA einen TDI von 40µg/kg und Tag fest. 2015 wurde dieser Wert auf 4µg/kg.d verringert. Seit 2024 beträgt der TDI auf der Basis neuer Studien nur noch 0,2 ng/kg.d.,¹⁵ d. h. insgesamt 200.000-fach geringer als 2006. Daten aus dem Humanbiomonitoring zeigen, dass die BPA-Konzentrationen im Blut praktisch der gesamten EU-Bevölkerung oberhalb der von EFSA abgeleiteten neuen Wirkschwelle liegen. Dies ist ein Beispiel, dass die üblichen Sicherheitsfaktoren bei der Bewertung toxikologischer Daten in einigen Fällen keineswegs eine Sicherheit für die menschliche Gesundheit gewährleisten.

Als Reaktion darauf beschränkte die EU die Verwendung von BPA und einigen anderen Bisphenolen in Lebensmittelkontaktmaterialien. Die Hersteller reagierten auf die verschärfte Bewertung von BPA nämlich durch eine Substitution mit anderen, weniger gut untersuchten Bisphenolen. Wissenschaftliche Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass andere Bisphenole vergleichbar schädliche Wirkungen haben können wie BPA.¹⁶

Fazit: Aus Vorsorgegründen sollte auch bei der Bewertung endokriner Wirkungen für die menschliche Gesundheit davon ausgegangen werden, dass keine Wirkschwelle bestimmt werden kann. Zudem zeigt das Beispiel BPA, dass die Ableitung von Wirkschwellen, wie einer akzeptablen täglichen Aufnahmemenge (TDI), oft mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Deshalb sollte bei besorgniserregenden Stoffen die Gefährlichkeit ausreichen, um regulatorische Maßnahmen zu ergreifen. Weiterhin sind die Bisphenole ein Beispiel, die Bewertung und die Maßnahmen nicht nur auf einen gut untersuchten Einzelstoff zu beschränken, sondern die ganze Stoffgruppe (hier: Bisphenole) zu regulieren.

¹⁴ECHA (2021): Assessment of regulatory needs - Bisphenols. echa.europa.eu/documents/10162/c81f4917-8545-1798-c19e-a3bac82001ee

¹⁵chemtrust.org/bisphenols_ban_food_contact_materials_win/ und doi.org/10.2903/j.efsa.2023.6857

¹⁶doi.org/10.1186/s12302-024-00900-1

Fallbeispiel 3: Polymere – das Mikroplastik Problem

Von wenigen Ausnahmen abgesehen sind Kunststoffe (Polymere), die aufgrund ihrer Größe nicht in den Körper gelangen können, zwar nicht toxisch aber extrem persistent. Die Produktionszahlen (weltweit derzeit ca. 460 Mio t pro Jahr) steigen weiter an und mit ihnen die Abfallmengen, die die Umwelt belasten, insbesondere auch die Meere¹⁷ Vor allem globale Vereinbarungen zur Einschränkung von Plastikproduktion und -gebrauch würden helfen, sind aber leider zunächst gescheitert.

Besonders tückisch sind Plastikpartikel, die kleiner als 5 mm im Durchmesser sind (Mikro- und Nanoplastik). Sie lassen sich nicht mehr aus der Umwelt zurückholen und werden inzwischen auch in entlegenen Regionen, z. B. auf den Berggipfeln der Alpen, nachgewiesen. Auch in verschiedenen Körperorganen werden sie gefunden, wobei sie z. B. Entzündungsreaktionen auslösen können. Ein zusätzliches Problem ist mit Mikro- und Nanoplastik verbunden: Die Partikel haben eine sehr große relative Oberfläche, über die sie enthaltene Stoffe, die nicht fest an die Polymermatrix gebunden sind, an die Umgebung abgeben können. 16.000 Plastikchemikalien sind bekannt: viele Zusatzstoffe, die dem Kunststoff erwünschte Eigenschaften vermitteln, aber auch Reststoffe, Hilfsstoffe, Verunreinigungen und Rückstände aus der Produktion. Viele dieser Stoffe sind als gefährliche Chemikalien bekannt. Primäres Mikroplastik, das in dieser Form z. B. Körperpflegeprodukten zugesetzt wird, wird in der EU inzwischen beschränkt. Gegen sekundäres Mikroplastik, das z. B. durch Abrieb entsteht, wurden bisher keine wirksamen Maßnahmen getroffen.

Fazit: Polymere, zurzeit aus der Stoffbewertung und -regulierung gemäß REACH-Verordnung weitgehend ausgenommen, sind ein Beispiel für extrem persistente Stoffe, bei denen der klassische Regulierungsansatz, Stoffe anhand ihrer intrinsischen Eigenschaften zu bewerten und zu regulieren, an seine Grenzen stößt. Erst kleine Partikel zeigen gesundheitsschädliche Eigenschaften. Diese werden zum geringen Teil direkt erzeugt, entstehen aber zum größten Teil in der Gebrauchs- und Abfallphase. Zur Beurteilung der Gesundheits- und Umweltschädlichkeit dieser Stoffe, ist deshalb eine Lebenswegbetrachtung erforderlich, die Emissionen und Exposition der Stoffe in der Gebrauchs- und Abfallphase sowie in der Kreislaufwirtschaft in die Bewertung einbezieht.

Auch Emissionen bei der Herstellung sollten betrachtet werden, wie das Beispiel der Fluorpolymere (s. o.) zeigt, die unter Einsatz nichtpolymerer PFAS produziert werden. Die größten PFAS-Altlasten sind bei den Produktionsstandorten. Darüber hinaus machen die zunehmenden Umweltbelastungen mit Plastik deutlich, dass die Materialströme drastisch zu reduzieren sind, d. h. Produktions- und Abfallmengen von Plastik sind global zu begrenzen.

Plastik ist auch ein Beispiel für die Grenzen der klassischen Risikobewertung in der Kreislaufwirtschaft. Plastikprodukte sollen möglichst wieder verwendet bzw. mechanisch recycelt werden. Die Sekundärprodukte sind in ihrer stofflichen Zusammensetzung jedoch meist nicht mit den Primärprodukten vergleichbar. Menge und Art der Zusatzstoffe und Zersetzungsprodukte bestimmen das Risiko. Oft werden beim Recycling auch zusätzliche Additive zur Stabilisierung zugefügt. Risiken sind nur durch erhöhte Transparenz und Verzicht auf gefährliche Additive vermeidbar.

¹⁷ www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/plastik-radikales-umdenken-noetig/

Ziel: Chemikalien ohne gefährliche Eigenschaften

Nach wie vor haben die meisten Chemikalien gesundheits- und/oder umweltschädliche Eigenschaften. Sie sind – wenn überhaupt – nur sicher handhabbar, wenn Sicherheitsmaßnahmen ergriffen werden. Ein wichtiges Ziel einer nachhaltigen Chemie sind Chemikalien ohne gefährliche Eigenschaften, insbesondere bei Verbraucherprodukten und Stoffen, die bestimmungsgemäß in die Umwelt gelangen. Die verbreiteten, manchmal aber aufwändigen Verfahren zur Minderung der Risiken (technische Minderungsmaßnahmen und persönliche Schutzausrüstung) sind notwendig und sinnvoll, sind aber in ihrer Wirksamkeit begrenzt, weil sie z. B. in Klein- und Mittelbetrieben oder im globalen Süden nicht immer vollständig beachtet werden und zudem die Emissionen/Expositionen lediglich mindern, aber nicht vermeiden.

Chemikalien ohne gefährliche Eigenschaften („benign by design“) würden helfen, die Risiken für Gesundheit und Umwelt im Umgang mit Chemikalien deutlich zu reduzieren. In der EU wird derzeit ein Verfahren erprobt und weiter entwickelt, das vor allem bei der Produktentwicklung sichere und nachhaltige Chemikalien identifizieren soll („safe and sustainable by design“, SSbD).¹⁸ Dies ist ein wichtiger Schritt, der allerdings nur dann verbreitete Anwendung finden wird, wenn genügend Daten zur Verfügung stehen und der Aufwand nicht zu groß wird. Für die Identifizierung sicherer Chemikalien bei der Produktauswahl durch Chemikalienanwender wurde im Auftrag des Umweltbundesamts das einfachere ChemSelect-Verfahren entwickelt.¹⁹ Chemikalien mit besorgniserregenden Eigenschaften sollten bei diesen Selektionsverfahren grundsätzlich ausgeschlossen sein. Außer den im SSbD-Konzept berücksichtigten Stoffeigenschaften sollte darüber hinaus die Substanz im Sinne einer zirkulären Chemie möglichst recycelbar sein.²⁰

Nicht alle Chemikalien können inhärent sicher, d. h. ungefährlich, sein. Manchmal ist die gefährliche Eigenschaft mit der erwünschten Funktion verknüpft: Brennstoffe müssen entzündlich sein; nicht toxische Desinfektionsmittel gibt es nicht, da Bakterien abgetötet werden sollen; reaktive Reagenzien müssen meist korrosiv (ätzend) sein. Im Umgang mit solchen Stoffen sind Schutzmaßnahmen erforderlich! Stoffe, deren gefährliche Eigenschaften nicht mit ihrer Funktion verbunden sind, sind aber nicht notwendig. Zum Beispiel müssen Biozide giftig sein, um die notwendige Wirkung zu erzielen. Sie sollten aber in der Regel nicht persistent sein, sondern leicht und vollständig abbaubar. Außerdem gilt auch für Chemikalien ohne gefährliche Eigenschaften, dass sie nicht bedenkenlos in großen Mengen eingesetzt werden dürfen. Sie sind sparsam zu verwenden, nicht nur aus Gründen des Ressourcenschutzes!

Weiterhin können nicht alle Chemikalien leicht abbaubar sein. Manchmal besteht ein Zielkonflikt zwischen der erwünschten langen Haltbarkeit eines Produkts, (die zur Ressourcenschonung beiträgt), und der angestrebten kurzen Lebensdauer der Chemikalie. In solchen Fällen sind beide Ziele gegeneinander abzuwägen. In jedem Fall ist aber die Verwendung von Ewigkeitschemikalien mit extremer Persistenz zu vermeiden.

Bewertung und Schlussfolgerungen

Die Industrie, aber auch das Bundesinstitut für Risikobewertung,²¹ lehnen eine gefährlichkeitsbasierte Bewertung und Regulierung grundsätzlich ab. Sie setze falsche Prioritäten. Wichtige Stoffe würden unnötig verboten, ohne dass die menschliche Gesundheit oder die Umwelt gefährdet würden. Regulierungen sollten sich auf wirklich festgestellte Risiken beschränken. Mit dieser Argumentation stoßen Chemikalienhersteller und industrielle Verwender auch in der Politik auf offene Ohren.

Bei einer solchen Vorgehensweise werden allerdings Fragen des Regulierungsaufwandes,

¹⁸ doi.org/10.2760/487955

¹⁹ chemselect.uba.de/

²⁰ www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/a-2554-7325.pdf

²¹ www.bfr.bund.de/mitteilung/gefahr-oder-risiko-als-massstab-ein-unterschied-mit-folgen-fuer-die-chemikalienbewertung-der-eu/

der Notwendigkeit, Schäden zu vermeiden (Vorsorge) und der Langzeitriskien ignoriert. Eine Risikobestimmung durch quantitativen Expositions-Wirkungsvergleich führt bei persistenten und besonders gefährlichen Chemikalien zu unzutreffenden Ergebnissen:

- Bei persistenten Stoffen werden später mögliche Schäden vollständig ausgeblendet.
- Bei Stoffen mit verzögerter Wirkung und mit gefährlichen (persistenten) Transformationsprodukten werden schädliche Effekte unterschätzt oder nicht erkannt.
- Bei Stoffen ohne Wirkschwelle ist ein Risiko auch bei minimalen Konzentrationen vorhanden.

Das Ziel, die Verwendung solcher Chemikalien zu vermeiden oder wenigstens einzuschränken, lässt sich nur erreichen, wenn unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips die Gefährlichkeitsbewertung („hazard assessment“) ausreicht, um regulatorische Maßnahmen zu ergreifen. Ein generisches Risikomanagement in Anlehnung an Art. 68(2) der REACH VO sollte dann eingeleitet werden. Im Zuge dessen sind auch die Möglichkeiten zu prüfen und in die Entscheidung einzubeziehen, ob die erwünschte Funktion ohne gefährliche Chemikalien erreicht werden kann („functional substitution“).²²

Auch ist zu bedenken, dass bei vielen Stoffen die Verwendungen und Expositionen nicht erfasst und bestimmt werden können, z. B. wenn sie im Rahmen der Kreislaufführung von Materialien in Sekundärprodukte verschleppt werden oder in der Gebrauchs- und Abfallphase als Mikro- oder Nanopartikel in die Umwelt emittiert werden.

Der Gefährlichkeitsansatz sollte über die besonders besorgniserregenden Stoffe (SVHC) gemäß REACH-Verordnung hinaus auf extrem persistente Chemikalien sowie alle besorgniserregenden Stoffe („substances of concern“) gemäß Öko-design-Verordnung 2024/1781 angewendet werden.²³ Dort sind auch stark toxische und

ökotoxische Stoffe genannt ebenso wie Substanzen, die Wiederverwendung und Recycling von Materialien negativ beeinflussen. Nur so lassen sich die EU-Ziele einer „giftfreien Umwelt“ und einer schadstofffreien Kreislaufwirtschaft erreichen.

Expositionsbetrachtungen bleiben gleichwohl ein wichtiges Instrument der Bewertung von Stoffen. Sie sind weiterhin notwendig für die Priorisierung und die Entwicklung von Risikominderungsmaßnahmen, für die Bewertung von Chemikalien und ihren Anwendungen, wenn die o. g. Gefährlichkeitskriterien nicht erfüllt sind. Weiterhin kommt die Bewertung vorhandener Chemikalienbelastungen (Gewässerverunreinigungen, Altlasten, Abfälle, Kontamination von Produkten) nicht ohne eine Beurteilung der Exposition im Rahmen der Risikobewertung aus. Mittelfristig ist anzustreben, den Anteil der gefährlichen Stoffe an der Chemikalienproduktion und -verwendung deutlich zu senken und vermehrt Stoffe ohne gefährliche Eigenschaften zu entwickeln und einzusetzen. Dies gilt insbesondere für Chemikalien mit Verbraucherexposition.

²² doi.org/10.1021/es503328m

²³ eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401781

BUND-Empfehlungen und Forderungen

A. Forderungen zur nachhaltigen Stoffbewertung

1. **Klare Ausrichtung der Chemikalienpolitik am Vorsorgeprinzip:** Künftige Gefahren müssen vermieden werden, auch um Handlungs- und Investitionssicherheit für die Wirtschaft zu erreichen.
2. **Sehr persistente Stoffe als potentielle Gefahrenquelle betrachten:** Die Erfahrung hat gezeigt, dass viele sehr persistente Stoffe („ewige Chemikalien“) zu teils unerwarteten Umweltschäden geführt haben. Insbesondere in umweltoffenen Anwendungen sollten solche sehr persistenten Stoffe – wo immer das möglich ist – vermieden werden.
3. **Einschränkung der Verwendung gefährlicher Chemikalien:** Chemikalien mit gefährlichen Eigenschaften sollten möglichst vermieden oder durch weniger schädliche Alternativen ersetzt werden. Dies gilt insbesondere für besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) gemäß REACH sowie extrem persistente Chemikalien und andere besorgniserregende Stoffe gemäß der Ökodesign-Verordnung 2024/1781.
4. **Auch endokrine, immuntoxische, neurotoxische Stoffe, sowie persistente und bioakkumulierende oder mobile Substanzen in Produkten für Verbraucher und bei vergleichbaren gewerblichen Anwendungen sollten generell beschränkt werden** (Ausweitung des generischen Risikomanagementverfahrens gemäß Art. 68(2) REACH VO).
5. **Chemikalien mit ähnlichen Eigenschaften und gemeinsamen Strukturmerkmalen sollten möglichst als Gruppe bewertet werden.** Im Vergleich zum üblichen fragmentarischen Ansatz, bei dem jede Substanz einzeln betrachtet wird, werden so Stoffe effektiver und mit meist geringerem Verwaltungsaufwand bewertet und reguliert. Diese Herangehensweise trägt dazu bei, bedauerliche Substitutionen zu vermeiden; sie erhöht die Klarheit und Vorhersehbarkeit für die Industrie und hilft Unternehmen, unnötige Investitionen in schädliche oder nicht nachhaltige Alternativen zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für die Stoffgruppe der PFAS, die auf unverzichtbare Verwendungen zu beschränken ist.
6. **Berücksichtigung der Lebenswegbetrachtung:** Persistente Chemikalien sollten hinsichtlich ihrer gesamten Lebensdauer bewertet werden,

einschließlich der Herstellungs- und Abfallphase, um Risiken zu minimieren.

7. **Transparenz und die Vermeidung gefährlicher Stoffe in Produkten (z. B. in Polymeren), die recycelt werden,** sind für eine effektive Kreislaufwirtschaft mit hochwertigem Recycling notwendig.
8. **Förderung von „benign by design“-Ansätzen:** Chemikalien sollten so entwickelt werden, dass sie keine gefährlichen Eigenschaften aufweisen und sicher sowie nachhaltig sind („safe and sustainable by design“, SSbD). Dabei sollten auch Aspekte der Recyclingfähigkeit berücksichtigt werden.
9. **Förderung der funktionalen Substitution:** Die erwünschte Funktion von Chemikalien sollte möglichst ohne gefährliche Eigenschaften erfüllt werden.
10. **Risikobewertung bei Chemikalien, die nicht besonders persistent oder gefährlich sind:** Expositions-betrachtungen und quantitative Risikobewertungen bleiben notwendig, insbesondere bei Chemikalien, die keine besonders hohe Persistenz oder andere gefährliche Eigenschaften aufweisen, sowie bei bestehenden Belastungen wie Gewässerverunreinigungen, Altlasten und Abfällen.

B. Forderungen zum nachhaltigen Management von Plastik und Plastikprodukten

1. **Verbot von primärem Mikroplastik und Maßnahmen gegen sekundäres Mikroplastik:** Primäres Mikroplastik sollte weiterhin beschränkt werden, und wirksame Maßnahmen gegen sekundäres Mikroplastik, z. B. durch Abrieb, sollten eingeführt werden.
2. **Polymere sind in die Registrierungspflicht gemäß REACH VO einzubeziehen.** Die derzeitige Generalausnahme ist angesichts der vielfältigen Umwelt- und Gesundheitsprobleme mit Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Plastik nicht mehr haltbar.
3. **Globale Vereinbarungen zur Einschränkung von Plastikproduktion und -gebrauch:** Internationale Abkommen zur Reduzierung von Plastikprodukten und zum Management von Plastikabfällen sowie zu Mikroplastik sollten angestrebt werden.

Diese Forderungen zielen darauf ab, eine nachhaltige Chemie zu fördern und das EU-Ziel einer möglichst „giftfreien Umwelt“ zu erreichen.

Publikationen des Wissenschaftlichen Beirates

Position		Standpunkt	
79 Bioökonomie	2025	21 Agroforstsysteme – Gehölze in der Agrarlandschaft	2025
78 Flächenkonkurrenz in Deutschland	2025	20 Wölfe und Weidetiere: Nebeneinander statt Gegeneinander	2024
77 Gentechnik in Landwirtschaft und Naturschutz	2025	19 Wärmewende und Wärmeplanung	2024
76 Klärschlamm – Nährstoffquelle und Schadstoffsenke	2023	18 Energetische Nutzung von Holz	2024
75 Geoengineering oder ökologischer Klimaschutz	2023	17 Weidehaltung und grünlandbasierte Produktion heimischer Futtermittel	2023
74 Ressourcenschutz = drastische Verringerung des Ressourcenverbrauchs	2023	16 CCS: Falsche Weichenstellung verhindern!	2023
73 Zukunftsfähige Landwirtschaft – umweltverträglich, tiergerecht, sozial	2022	15 Wasserstoffstrategie	2022
72 Freiflächen-Solaranlagen	2022	14 Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen	2022
71 Meeres- und Küstennaturschutz der Nord- und Ostsee	2021	13 Fangverbot für den Europäischen Aal jetzt notwendig	2022
70 Arzneimittel in der Umwelt	2020	12 Unterwasserlärm – Gefahr für Lebewesen im Meer	2021
69 Herausforderungen für eine nachhaltige Stoffpolitik (2. Auflage)	2023	11 Mikroschadstoff-Strategie	2017
68 Strom und Wärme aus Tiefengeothermie	2019	10 Stromeinsatz zu Heizwecken	2016
67 Tiefseebergbau	2018	09 Kernforderungen zur Novellierung des Bergrechts	2015
66 Konzept für eine zukunftsfähige Energieversorgung	2017	08 Kraft-Wärme-Kopplung	2015
65 Ökonomische Bewertung und Instrumente im Natur- und Biodiversitätsschutz	2015	07 Neobittoa	2015
64 Klimagerechtigkeit	aktualisiert 2019		
63 Energieeffizienz im Wärme- und Strombereich	2015		
Hintergrund			
Plastik – Radikales Umdenken nötig	2025		
Heimischer Bergbau	2025		
„Bio“-Kunststoffe	2022		
Fluorchemikalien: Langlebig, gefährlich, vermeidbar	2021		
Hochwasserschutz fängt bei den Böden an	2021		
Ausbau Windenergie – Folgen für Meeres- und Küstennaturschutz	2021		
Nachhaltige Stoffpolitik zum Schutz von Klima und Biodiversität	2021		
Grundlagen und Konzepte einer Energiewende 2050	2015		
Ressourcenschutz	2015		



Eine Übersicht der BUND-Positionen finden Sie unter:
www.bund.net/ueber-uns/organisation/wissenschaftlicher-beirat



Eine Übersicht aller Publikationen des BUND finden Sie unter:
www.bund.net/service/publikationen

Der BUND steht für Fakten

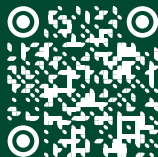
Hunderte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erarbeiten die fundierten Positionen des BUND – unbestechlich und ehrenamtlich. Sie sind in Arbeitskreisen und dem wissenschaftlichen Beirat organisiert und geben drei Publikationsreihen heraus:

Die **Position** legt die Bewertung des BUND zu einem Thema dar, begründet es wissenschaftlich und leitet fundierte und konkrete, umsetzbare Forderungen ab.

Der **Hintergrund** ergänzt die Position mit aktuellen Fakten und Beispielen.

Der **Standpunkt** dient der Positionierung und Präzisierung zu einem aktuellen Thema. Er will Debatten in Verband und in der Öffentlichkeit initiieren und vertiefen.

Unterstützen Sie
unsere Arbeit:
[www.bund.net/
unterstuetzen](http://www.bund.net/unterstuetzen)



Impressum

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)
Bundesgeschäftsstelle
Kaiserin-Augusta-Allee 5 | 10553 Berlin
Tel. +49 30 27586-40 | bund@bund.net
Vorstandsvorsitz: Olaf Bandt | V. i. S. d. P.: Nicole Anton
Autor*innen: Klaus-Günter Steinhäuser, Markus Große-Ophoff, Janna Kuhlmann, Gerd Rippen
Antonia Reihlen danken wir für zahlreiche hilfreiche Vorschläge.

April 2026 | www.bund.net

