



SCHWERPUNKTE

2015

➤ Stickstoff: Zu viel des Guten!? ➤ Alles, nur kein Abfall
➤ Mobilität der Zukunft

Jahrespublikation des Umweltbundesamtes

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

SCHWERPUNKTE

2015

➤ Stickstoff: Zu viel des Guten!? ➤ Alles, nur kein Abfall
➤ Mobilität der Zukunft

Jahrespublikation des Umweltbundesamtes

Nur mit Elektromobilität wird die Luft in unseren Städten wirklich besser

Maria Krautzberger
Präsidentin des Umweltbundesamtes

Als Carl Benz das Automobil erfand war kaum abzusehen, welchen Einfluss sein „selbstbewegendes Fahrzeug“ auf die Welt haben würde. Knapp 130 Jahre später hat das Auto so großen Einfluss auf unser Leben gehabt wie kaum eine andere Erfindung. Es prägt die Städte und verbindet unsere ländlichen Regionen. Viele von uns haben prägende Erinnerungen mit dem Automobil: Die Urlaubsreisen als Kind, vielleicht der erste Kuss auf der Rückbank, das erste eigene Auto. Aber schon lange spüren wir auch die negativen Folgen des Individualverkehrs. Durch idyllische Wiesen zieht sich oft ein vierspuriger Asphaltwurm durchs Tal. Lärm und schlechte Luft beeinträchtigen die Lebensqualität, vor allem in den Städten. Und oft heißt Auto fahren: Im Auto stehen – wenn sich kilometerlange Staus über Autobahnen und durch Stadtviertel ziehen.

All das kostet Zeit, Geld, und führt zu großen Belastungen für die Umwelt. Der Verkehrssektor ist verantwortlich für fast ein Fünftel des Treibhausgasausstoßes Deutschlands. Anders als zum Beispiel im Energiebereich hat sich hier in den vergangenen 25 Jahren nichts geändert – der Ausstoß ist (vom Volumen her) unverändert hoch geblieben, sogar noch leicht gestie-

gen. Es muss sich also einiges ändern, wenn wir unsere CO₂-Emissionen reduzieren wollen.

Ansätze gibt es genug. Planen wir unsere Städte anders, um einfacher ans Ziel zu gelangen auch ohne Benzin zu verbrennen, fahren wir mehr mit Bus und Bahn, oder stellen wir unsere Autos auf Antriebe um, die ohne fossile Brennstoffe auskommen – zum Beispiel auf Elektromobilität. Das ist alles andere als ein neues Konzept: So wurden schon im Jahr 1900, in den Anfängen der Automobilität, 28 Prozent der Fahrzeuge in den USA elektrisch betrieben. Die Zahl ging schnell zurück, als die Menschen weiter und schneller fahren wollten und dies mit der damaligen Technologie elektrisch noch nicht möglich war. Aber heute geht es. Es gibt nach wie vor Verbesserungsbedarf, aber für die Mehrzahl der täglichen Fahrten, die in Deutschland durchgeführt werden, wäre ein E-Mobil völlig ausreichend.

Ein E-Mobil hat zwei entscheidende Vorteile gegenüber herkömmlichen Antrieben: Erstens stößt es im Fahrbetrieb kein CO₂ aus. Allerdings gilt das derzeit nicht für den Strom, mit dem das Auto fährt. Für ein wirklich CO₂-neutrales Auto brauchen wir auch CO₂-neutralen Strom.



Nur mit 100 Prozent Strom aus Sonne, Wind und Wasser schaffen wir also auch im Verkehrsbereich eine deutliche Reduzierung der Treibhausgasbelastung. Einen zweiten Vorteil hat das Elektroauto aber schon heute: Es kommen keine Abgase aus dem Auspuff. Das ist wichtig, weil die Luft vor allem in vielen Städten durch Feinstaub und Stickstoffdioxide stark verschmutzt ist. Beide Stoffe können unsere Gesundheit schädigen. Deswegen gibt es Grenzwerte, die von der EU festgesetzt sind – aber beim Stickstoffdioxid in über 60 Prozent der Messstellen in unseren Städten nicht eingehalten werden.

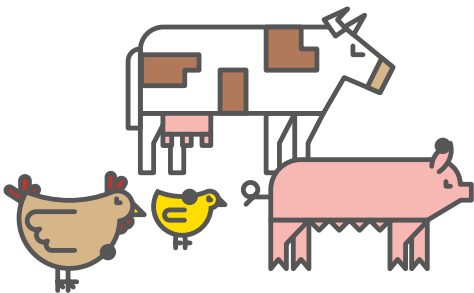
Stichwort Stickstoff. Er ist ein essentieller Baustein des Lebens. Unsere Atemluft besteht zum Großteil daraus (78 Prozent) und auch wir Menschen bestehen zu einem gewissen Teil aus diesem Element. Pflanzen wachsen besser, wenn sie mehr Stickstoff zur Verfügung haben. Stickstoff kann allerdings auch Probleme bereiten. Wir düngen mittlerweile so viel, dass unsere Flüsse und Seen und vielerorts auch das Grundwasser mit Nitrat belastet sind. Das führt zu massiven Veränderungen in unseren Ökosystemen. Die Biodiversität leidet und die Gewässer veröden, weil zu viel Stickstoff zu

starkem Algenwachstum führen kann – das wiederum anderes Leben im Wasser „erstickt“. In der Ostsee haben sich dadurch bereits regelrechte „Todeszonen“ gebildet, in denen kein Leben mehr existiert. Die Landwirtschaft muss deswegen dringend Wege finden, weniger Stickstoff in Umlauf zu bringen. Welche Vorschläge das Umweltbundesamt dazu macht, stellen wir Ihnen in unserem Kapitel zu Stickstoff vor.

Unser dritter Schwerpunkt dieses Jahr: Die Ressourcennutzung aus Abfall. Auch hier gibt es Bezugspunkte zur Mobilität: Autos und insbesondere E-Mobile sind voll mit Elektronik. Dafür brauchen wir zahlreiche Edel- und Sondermetalle wie Gold oder Neodym. Aber diese sind auf der Erde nur begrenzt vorhanden. In alten Elektrogeräten wie Handys oder elektrischen Zahnbürsten schlummert derweil ein buchstäblicher Schatz, den wir durch verbesserte Recyclingsysteme heben könnten. So verbilligt sich vielleicht auch die Elektromobilität und wir kommen bald wieder auf Quoten wie Anfang des 20. Jahrhunderts. Unserer Umwelt und unserer Gesundheit wäre es zu wünschen.

Inhalt

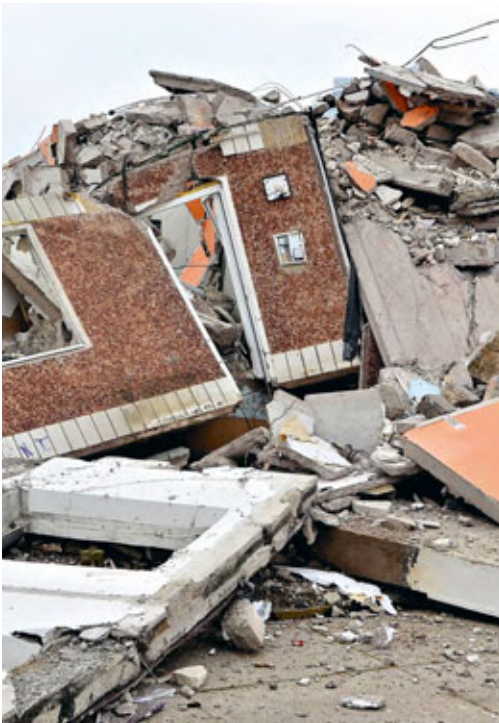
6 Kyoto quo vadis – Internationale Klimapolitik vor der Paris-Konferenz



20

**Stickstoff.
Zu viel des Guten!?**

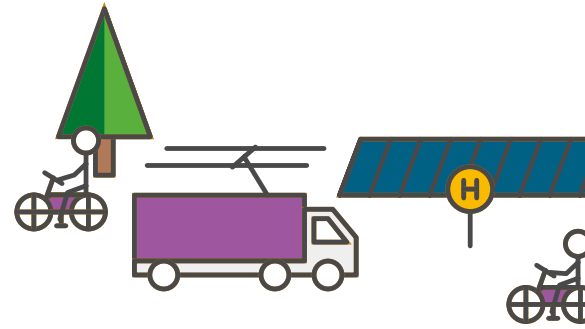
Nützlich oder schädlich?
Ein Stoff mit vielen Facetten



38

Alles, nur kein Abfall

Wie die moderne Kreislaufwirtschaft gelingt



62

Mobilität der Zukunft

Die (Energie-)Wende im Verkehrssektor

DAS UMWELTBUNDESAMT IM PORTRAIT

82 Trink- und Badewasserschutz
92 Impressum / Bildnachweis



Kyoto quo vadis – Ein Blick auf die Internationale Klimapolitik der letzten zwei Jahrzehnte

Vor über 20 Jahren wurde die Klimarahmenkonvention verabschiedet. Sie trat 1994 in Kraft und hat heute 196 Vertragsparteien. Die Konvention gilt als Meilenstein des weltweiten Klimaschutzes. 1997 verpflichteten sich Industriestaaten im Kyoto-Protokoll erstmals rechtlich verbindlich dazu, ihren Treibhausgasausstoß zu senken. Ein bedeutender Schritt, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Mit der Verabschiedung des Pariser Abkommens sind nun endlich alle Staaten mit konkreten Pflichten eingebunden.

Die Erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls: Eine Bilanz

Der stetige Anstieg der globalen Treibhausgasemissionen wirft die Frage auf, wie erfolgreich das 2005 in Kraft getretene Kyoto-Protokoll war, dessen erste Verpflichtungsperiode 2012 endete. In der Tat haben sich die globalen Treibhausgasemissionen seit den 1970er Jahren, von einzelnen konjunkturbedingten Abschwächungen abgesehen, nahezu verdoppelt: Wurden 1970 weltweit rund 28 Mrd. Tonnen Treibhausgase ausgestoßen, waren es 1990 bereits 38 Mrd. Tonnen. In den darauffolgenden zwei Dekaden stiegen die Emissionen weiter auf ein Rekordniveau von derzeit etwa 53 Mrd. Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr an.

Ein näherer Blick ergibt jedoch ein differenzierteres Bild: Während es bis zum Beginn der 1990er Jahre auch in Bezug auf die Treibhausgasemissionen noch eine klare Zweiteilung in Industrieländer (Annex I der Klimarahmenkonvention) mit hohen und Entwicklungsländer (Nicht-Annex I) mit niedrigen Emissionen gab, ist es seit Beginn des internationalen Klimaschutzregimes zu starken Verschiebungen gekommen: Die großen Schwellenländer haben ihre Emissionen seitdem stark erhöht, während diese in vielen Annex-I-Staaten stabilisiert oder sogar gesenkt wurden.

Noch eine Differenzierung ist wichtig: Bis 2012 stiegen die gesamten Treibhausgasemissionen

aller Annex-I-Staaten gegenüber 1990 um 13 Prozent auf etwa 17 Mrd. Tonnen an. Wird jedoch die Entwicklung jener Industriestaaten betrachtet, die eine Minderungsverpflichtung nach dem Kyoto-Protokoll übernommen haben, ergibt sich gegenüber 1990 eine Verringerung der Emissionen um 22,6 Prozent. Dies ist bis Mitte der 1990er Jahre sicherlich in erster Linie auf den industriellen Zusammenbruch in Mittel- und Osteuropa sowie in der ehemaligen Sowjetunion zurückzuführen. Ab etwa 2000 aber verzeichnen auch die übrigen Industriestaaten deutliche Emissionsreduktionen.

Verglichen mit dem rechnerischen Gesamtziel der 1. Verpflichtungsperiode – minus 5,2 Prozent – kann das Kyoto-Protokoll damit zwar durchaus als erfolgreich bewertet werden – zumindest im Hinblick auf die Staaten, die mitgemacht haben. Das Kyoto-Protokoll erfasst aber heute, auch aufgrund der geografischen Verschiebungen bei Emissionsaktivitäten, nur noch rund 15 Prozent der globalen Emissionen.

Treibhausgasemissionen in der EU

Die Europäische Union (EU) gehört weltweit zu den größten Emittenten. Der größte Emittent innerhalb der EU ist Deutschland, gefolgt von Großbritannien, Frankreich und Italien. Diese vier Staaten zusammen verursachen mehr als

die Hälfte der Treibhausgasemissionen der EU mit ihren heute 28 Mitgliedsstaaten (EU-28). 1997 hat die EU mit ihren damals noch 15 Mitgliedsstaaten (EU-15) im Rahmen des Kyoto-Protokolls die Verpflichtung übernommen, ihre Emissionen in der 1. Verpflichtungsperiode gegenüber dem Basisjahr um 8 Prozent zu mindern. Diese EU-intern mittels einer Vereinbarung zur Lastenteilung auf die Mitgliedstaaten umgeschlagene Verpflichtung wird erfüllt.

Allerdings muss heute auch nach der EU der 28 und der EU der (damals) 15 Mitgliedstaaten unterschieden werden: Insgesamt sind in der EU-28 die Treibhausgas-Emissionen bis 2012 um 19,2 Prozent gesunken, in der EU-15 dagegen nur um 15,1 Prozent. Dieser Rückgang geht auf eine höhere Effizienz in der Energieumwandlung, auf eine klimafreundlichere Energieerzeugung und auf die Folgen der wirtschaftlichen Transformation zurück.

Die Mitgliedstaaten der EU haben sich seit 1990 sehr unterschiedlich entwickelt: Während einige Mitgliedstaaten (insbesondere Deutschland, Großbritannien und die osteuropäischen Länder – letztere zum Teil auch aufgrund der wirtschaftlichen Umbrüche zu Beginn der 1990er Jahre) schon vor der Wirtschafts- und Finanzkrise große Emissionsminderungen erzielen konnten, haben andere Mitgliedstaaten nur geringe Emissionsminderungen erreicht.

In der EU ist dabei eine zum globalen Trend vergleichbare Entwicklung zu beobachten: Während in den osteuropäischen Mitgliedstaaten die Emissionen zuletzt anstiegen (ähnlich den

Schwellenländern), ist das in den (Annex-I-) Staaten der EU-15 teils umgekehrt. Der Hauptteil der Minderungen fand hier nach dem Jahr 2000 statt.

Und Deutschland?

Im Jahr 1990 wurden in Deutschland 1.256 Mio. Tonnen Treibhausgase ausgestoßen. Bis 2012 konnten die Emissionen gegenüber 1990 um insgesamt 23,8 Prozent reduziert und – wie schon in den Jahren 2009 und 2010 – die übernommene Minderungsverpflichtung (21 Prozent weniger als 1990) erfüllt werden.

Der starke Rückgang der Emissionen in den frühen 1990er Jahren ist hauptsächlich auf die Umstrukturierung in den neuen Bundesländern und den damit einhergehenden Umstieg auf emissionsärmere Energieträger – also von Kohle auf flüssige und gasförmige Brennstoffe – sowie auf die Stilllegung veralteter Anlagen und weniger Tiere in der Landwirtschaft zurückzuführen. Außerdem führte die Beendigung der Ablagerung unbehandelter Abfälle ab dem 1. Juni 2005 zu einem deutlichen Rückgang klimaschädigender Emissionen in der Abfallwirtschaft. In den letzten Jahren wirkte vor allem die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien emissionsmindernd.

Insgesamt zeigen die Treibhausgasemissionen der vergangenen Jahre ein heterogenes Bild: Nach einem durch die internationale Finanz- und Wirtschaftskrise bedingten rapiden Rückgang der Emissionen um 6,9 Prozent im Jahr 2009 erhöhten sie sich 2010 durch die wirtschaftliche Erholung um 3,8 Prozent, um 2011 – vor allem witterungsbedingt – um 2,1 Prozent zu fallen und in den Jahren 2012 (um 0,6 Prozent) und 2013 (um 2,4 Prozent) wiederum zu steigen. Im Jahr 2014 sind die Emissionen erstmals seit zwei Jahren wieder gesunken, genauer um 4,3 Prozent gegenüber 2013. Das geht aus einer Nahzeitprognose des Umweltbundesamtes (UBA) vom März 2015 hervor. Insgesamt lagen die Treibhausgasemissionen 2014 damit bei 912 Mio. Tonnen – dem niedrigsten Wert seit 2010. Das entspricht einer Minderung von 27 Prozent gegenüber 1990.

☉ Verantwortlich für den Text:

Dirk Günther (Fachgebiet I 2.6)



Quellen

- EDGARv4.2, European Commission, Joint Research Centre (JRC)/PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), release version 4.2. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu><http://edgar.jrc.ec.europa.eu>, 2011
- EDGARv4.2FT2012, European Commission, Joint Research Centre (JRC)/PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), release version 4.2. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>, 2014
- UNFCCC (2014a): Annual compilation and accounting report for Annex B Parties under the Kyoto Protocol for 2014. Note by the secretariat (Document FCCC/KP/CMP/2014/7)
- UNFCCC (2014b): Annual compilation and accounting report for Annex B Parties under the Kyoto Protocol for 2014. Note by the secretariat. Addendum. Compilation and accounting information by Party (Document FCCC/KP/CMP/2014/7/Add.1)
- Umweltbundesamt (2014): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014. (Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2012 (NIR)) (Climate Change 24/2014), Dessau-Roßlau

Blick in die Staaten: Was wurde erreicht?

Deutschland kann treibhausgasneutral werden

Um die Risiken des Klimawandels abzuwehren, ist eine umfassende Trendumkehr bei den Treibhausgasemissionen erforderlich. Dazu ist ein tiefgreifender technologischer, ökonomischer und institutioneller Wandel notwendig. Wie dieser in einem hochindustrialisierten Land erfolgen kann, erläutert die UBA-Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“. Danach ist es möglich, den jährlichen Pro-Kopf-Ausstoß auf nur noch eine Tonne CO₂-Äquivalente bis zum Jahr 2050 zu senken – das entspricht einer Minderung um 95 Prozent gegenüber 1990. Zugrunde liegen dieser Studie Kriterien für eine dauerhaft umweltfreundliche Entwicklung der Energieversorgung. Die Studie zeigt, dass Deutschland 2050 mit einer komplett regenerativen Energieversorgung und einem effizienten Energieeinsatz weiterhin eines der führenden Industrieländer der Welt bleiben kann. Das in der Studie gewählte Szenario betrachtet den Umbau der Energieversorgung aus einer nationalen Perspektive; Wechselbeziehungen zu anderen Ländern wurden noch nicht einbezogen, mit dieser Studie will das UBA aber in eine Debatte mit internationalen Partnerländern einsteigen.

Klimaschutz wird in der Welt nicht mehr nur als Kostentreiber wahrgenommen. Mittlerweile haben viele Länder die Chancen dieser globalen Herausforderung erkannt – nicht zuletzt auch deshalb, weil Länder wie Deutschland bewiesen haben, dass Klimaschutz und wirtschaftliche Entwicklung vereinbar sind. Das ist ein wichtiges Signal, denn die großen Entwicklungs- und Schwellenländer haben die Industrieländer beim Emissionsausstoß überholt. Wenn wir den weltweiten Klimawandel effektiv begrenzen wollen, müssen auch diese Länder zukünftig ihre Treibhausgasemissionen verringern.

Klimapolitische Entwicklung: eine Einordnung von China, Indien und den USA

Seit 2006 hat China die USA als weltweit größter Emittent von Treibhausgasen abgelöst. Auch Indiens Treibhausgasemissionen haben sich seit 1990 mehr als verdoppelt. Alle drei Länder haben unter dem Kyoto-Protokoll keine rechtsverbindliche Verpflichtung, ihren Treibhausgasausstoß zu senken. Die USA haben das Kyoto-Protokoll nie ratifiziert und da sich die Emissionsminderungen des Protokolls in seiner ursprünglichen Ausgestaltung nur an Industrieländer richteten, sind für China und Indien von vorne herein keine Verpflichtungen enthalten.

Es wäre allerdings ein Trugschluss zu glauben, diese Länder täten nichts für den Klimaschutz: In ihrer nationalen Politik ist der Klimaschutz fest verankert. In China erlangt das Thema seit Ende der 1990er Jahre einen wachsenden Stellenwert im politischen System. Seinerzeit wurde Klimaschutz noch unter Wirtschafts- und Sicherheitsgesichtspunkten betrachtet. Heute

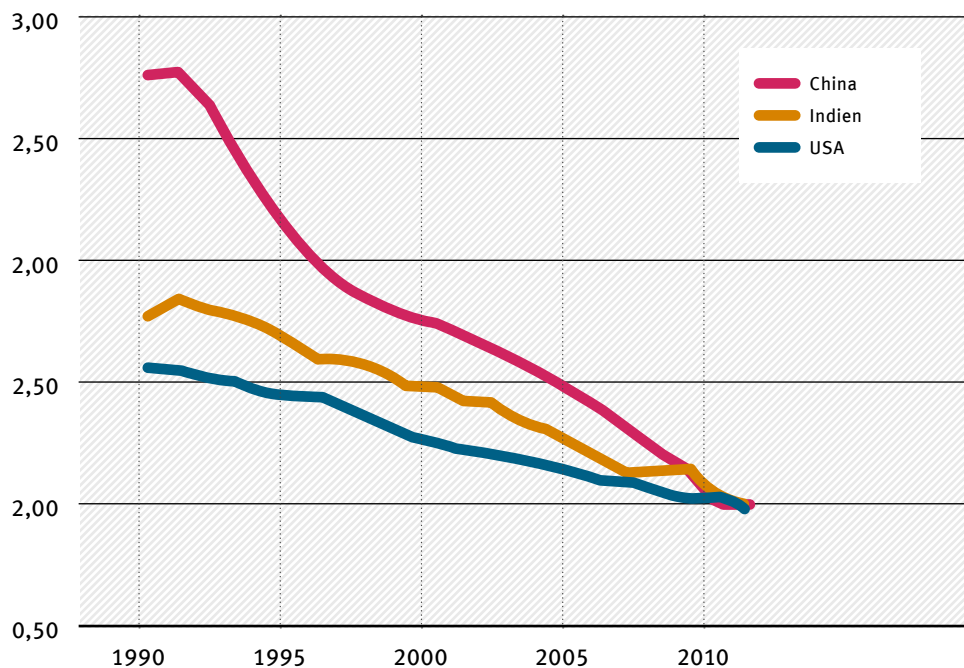
erhält das Thema in China verstärkt Beachtung aufgrund der Umwelt- und Gesundheitsanliegen des Landes – die akute Luft- und Grundwasserverschmutzung durch fossile Brennstoffe sind die Haupttreiber.

In den USA wurde mit der Präsidentschaft Obamas Klimaschutz als relevantes Staatsthema wiederentdeckt. Es wurde eine Vielzahl an Maßnahmen angekündigt. Eine umfassende Klimagesetzgebung gibt es allerdings weiterhin nicht. Das mag unter anderem an der Zusammensetzung des US-Kongresses liegen. Auf Basis des Clean Air Act oder auch mit dem Economic Stimulus Package konnten jedoch Maßnahmen umgesetzt werden, die dazu beitrugen, die Treibhausgasemissionen zwischen 2005 und 2012 um zwölf Prozent zu senken. Mit dem Climate Action Plan von 2013 hat Präsident Obama den Weg für eine weitere erhebliche Emissionsminderung bereitet. Einen wichtigen Beitrag zur bisherigen Treibhausgas-Minderung dürfte dabei auch der Schiefergas-Boom der letzten Jahre geliefert haben, durch den emissionsintensive Kohle zugunsten des emissionsärmeren Brennstoffs Gas verdrängt wurde. Allerdings zeigt sich dieser Effekt nur auf nationaler Ebene. Das Beispiel der USA zeigt, dass Kohle durch Schiefergas ersetzt, jedoch in Folge preisgünstige Kohle nach Europa exportiert wurde und dort in der Verstromung die Emissionen stiegen (siehe UBA Texte 53/2014).

Für Indien war Klimaschutz in der nationalen Gesetzgebung lange kein Thema. Armutsbekämpfung und wirtschaftliche Entwicklung haben für dieses Land höchste Priorität. Mit rund 600 Millionen Menschen, die keinen Zugang

Abbildung 1:

Entwicklung der Emissionsintensität der Wirtschaft bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt (t CO₂e/USD) seit 1990 der Länder China, Indien und USA (indiziert, letztes verfügbares Jahr (2011) = 1)



* Ohne Importe

Quelle: UBA

zu Elektrizität haben, lag der Handlungsbedarf beim Auf- und Ausbau der Energieversorgung. Jedoch erkannte Indien auch, dass sich Klimaschutz und Energieversorgung der Bevölkerung nicht ausschließen: Der Nationale Klimaschutzplan von 2008 widmete sich Maßnahmen, die die Entwicklung des Landes unterstützen und zusätzlich auch das Klima schützen. Diese Tendenz manifestiert sich weiter in der indischen Politik. Der neue Premierminister Narendra Modi beispielsweise setzte sich bereits als Regierungschef des indischen Bundesstaates Gujarat für den Klimaschutz ein; er installierte unter anderem eine eigene Dienststelle „Klimaschutz“ und förderte die Solarenergie.

Im November 2014 verkündeten China und die USA gemeinsam ihre Beiträge zur THG-Minderung im Rahmen des neuen Klimaabkommens. China kündigte an, dass der Anstieg des nationalen CO₂-Ausstoßes bis spätestens 2030 gestoppt und zudem der Anteil erneuerbarer Energieträger im Primärenergieverbrauch auf rund 20 Prozent bis 2030 gesteigert werden soll. Die USA kündigten an, ihre Treibhausgas-Emissionen bis 2025 um 26 bis 28 Prozent gegenüber 2005 senken zu wollen. Beide Länder haben diese Zielformulierungen auch offiziell unter der Klimarahmenkonvention als Beitrag für das neue Klimaschutzabkommen eingereicht. Diese Anstrengungen müssen aber noch verstärkt

werden, denn um eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur von mehr als zwei Grad Celsius zu vermeiden, werden diese Ziele nicht ausreichen.

Joint Implementation und Clean Development Mechanism: in Entwicklungs- und Transformationsländern generierte Emissionsminderungen

Industriestaaten dürfen einen Teil ihrer 1997 im Kyoto-Protokoll festgelegten Minderungsziele auch im Ausland in Form von Investitionen erbringen. Dazu gibt es den internationalen Emissionshandel und zwei projektbezogene „flexible Mechanismen“: Joint Implementation (JI – Gemeinsame Umsetzung) und Clean Development Mechanism (CDM – Mechanismus zur umweltgerechten Entwicklung). JI betrifft dabei die Kooperation zwischen Industrieländern während der CDM Klimaschutzprojekte in Entwicklungsländern fördert. So können Emissionsminderungen dort erreicht werden, wo sie am kostengünstigsten sind. Die Emissionsminderungen müssen quantifiziert werden und zusätzlich zu ohnehin eintretenden (etwa schon rechtlich vorgeschriebenen) Minderungen erfolgen. Außerdem müssen die Projekte umwelt- und entwicklungspolitisch unbedenklich sein. Ein Teil der Erlöse aus CDM-Projekten finanziert den Anpassungsfonds des Kyoto-Protokolls.



Klimaschutzprojekte in der Praxis

Bis zum 31. Dezember 2014 wurden weltweit 7.578 CDM-Projekte registriert und Minderungen in Höhe von 1,51 Mrd. Tonnen CO₂-Äquivalenten verifiziert. Das Volumen der Investitionen beläuft sich seit 2004 auf über 412 Mrd. US-Dollar; der Großteil davon im Bereich der erneuerbaren Energien. Die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt hat bis zum 31. Dezember 2014 452 Klimaschutzprojekte bewilligt, davon 394 CDM-Projekte. China, Indien und Brasilien liegen als CDM-Gastgeberstaaten mit Abstand auf den ersten Rängen. Das Angebot von Minderungsgutschriften übersteigt jedoch die inzwischen weitestgehend gesättigte Nachfrage, die insbesondere aus dem EU-Emissionshandel stammte, um ein Vielfaches. Dies hat einen Preisverfall für Minderungsgutschriften bewirkt. Die Entwicklung neuer Projekte findet seit einiger Zeit nur in einem geringen Umfang statt. Aufgrund der Nachfrageschwäche nach Minderungsgutschriften ist auch die Weiterfüh-

rung bestimmter CDM- und JI-Projekte gefährdet, die ausschließlich oder wesentlich auf den Erlös aus den Gutschriften angewiesen sind. Zur Stärkung dieser marktbezogenen Mechanismen hat sich Deutschland mit 15 Mio. € an der PAF (Pilot Auctioning Facility) der Weltbank beteiligt. Die Facility soll sowohl Emissionsminderungen langfristig sichern als auch ein Modell zur finanziellen Sicherung von Klimaschutzprojekten liefern. Auch hat Deutschland eine Stiftung zum Kohlenstoffmarkt geschaffen, um vor allem programmatische Klimaschutzinitiativen zu unterstützen. Die Projektmechanismen trugen aber maßgeblich dazu bei, in Entwicklungs- und Schwellenländern das Bewusstsein für Klimaschutz zu stärken und haben – etwa in China – die Entwicklung von Emissionshandelssystemen angestoßen.

☛ Verantwortlich für den Text:

Juliane Berger (Fachgebiet I 2.1),
Konrad Raeschke-Kessler (Fachgebiet E 1.6) und
Benno Hain (I 2.2).

Quellen

- UBA (2014): Forschungsvorhaben „Minderungsverpflichtungen und faire Lastenteilung in einem neuen umfassenden Klimaschutzabkommen ab 2020“, Auftragnehmer: Ecofys, NewClimate Institute, Wuppertal Institut, Climate Analytics, Fraunhofer ISI, Öko-Institut. Veröffentlichung ausstehend; UNEP DTU: CDM/JI Pipeline Analysis and Database, Stand: 2015 – <http://cdmpipeline.org>
- UBA (2014): „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“. Climate-Change-Reihe des Umweltbundesamtes 7/2014. Dessau, 354 Seiten. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/07_2014_climate_change_dt.pdf
- UBA (2014): „Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas insbesondere aus Schiefergaslagerstätten“ (TEXTE 53/2014), Dessau. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_53_2014_umweltauswirkungen_von_fracking.pdf

Klimawandel: Weltweite Risiken und Anpassungsbedarf

Folgen des bisher beobachteten Klimawandels

Der fünfte Sachstandsbericht des Weltklimarats IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) weist erneut darauf hin, dass der Mensch das Klima verändert und sich dadurch bereits heute die Risiken für Mensch und Natur erhöhen. Folgende Klimaänderungen werden beobachtet:

- im globalen Mittel ist die bodennahe Lufttemperatur um etwa 0,85 °C zwischen 1880 und 2012 gestiegen; in weiten Teilen von Europa, Asien und Australien hat sich die Häufigkeit von Hitzewellen, wahrscheinlich aufgrund des Klimawandels, erhöht.
- extreme Niederschläge treten in einigen Weltregionen seit den 1950er Jahren häufiger auf. Seit den 1970er Jahren haben weltweit auch Schäden durch Überflutungen zugenommen. Neben Klimaänderungen beeinflussen weitere Faktoren wie die zunehmende Bevölkerungsdichte sowie die Werteakkumulation, also eine generelle Anhäufung und Zunahme von Sachwerten, in den gefährdeten Regionen das Schadensausmaß.

Zudem hat der Klimawandel Einfluss auf die menschliche Gesundheit, auf Ökosysteme, auf die Versorgung mit Nahrungsmitteln und Wasser sowie auf Gebäude und Infrastrukturen. Der Klimawandel verstärkt auch die durch Urbanisierung sowie Luft- und Gewässerverschmutzung vorhandenen Risiken.

Folgen des künftigen Klimawandels

Weltweit ist unter anderem mit folgenden Entwicklungen zu rechnen:

- In vielen Regionen der Erde sind verstärkte Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit zu erwarten. So können künftig Hitzewellen auch in Europa vermehrt zu gesundheitlichen Problemen oder einer erhöhten Sterblichkeit führen. Bereits in den Jahren 2000 bis 2010 stieg die Sterblichkeit aufgrund koronarer Herzkrankheiten während Hitzewellen im Mittel um 10 bis 15 Prozent, wie Anfang 2015 eine Studie des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für das Umweltbundesamt (UBA) ergab.
- Schäden durch Starkniederschläge, Hitze- oder Trockenperioden und andere Extremeignisse werden künftig wahrscheinlich zunehmen. Dies kann auch zu Beeinträchtigungen der Wasser- und Energieversorgung führen, wenn solche Infrastrukturen betroffen sind.

- In einigen Staaten kann es zu Engpässen bei der Nahrungsmittelproduktion und der Wasserversorgung kommen. Die Folgen des Klimawandels können zur Verschärfung von wirtschaftlicher und sozialer Ungleichheit führen.

Die Risiken lassen sich etwa in urbanen Räumen aber verringern: Beispielsweise kann bei Starkniederschlägen die oberirdische Versickerung von Regenwasser über dafür gestaltete Straßen, Plätze oder Radwege die Kanalisation entlasten. Bei Hitzeperioden können städtische Grüngürtel sowie Gründächer helfen, den Wärmeinseleffekt von Städten zu verringern.

Klimaschutz und Anpassung ergänzen sich: Ambitionierter Klimaschutz ist notwendig, um langfristig die Folgen des Klimawandels zu verringern. Klimawandelanpassung ist notwendig, um die Schäden durch den bestehenden und den zu erwartenden Klimawandel zu verringern. Je früher Minderungs- mit Anpassungsmaßnahmen und nicht-klimatische Faktoren – unter anderem Urbanisierung und demografische Entwicklungen – berücksichtigt werden, desto besser können die Chancen für eine nachhaltige Entwicklung genutzt und auf allen Planungsebenen umgesetzt werden.

Planung und Umsetzung von Klimaanpassung: die Rolle der nationalen Regierungen

Klimaanpassung hat zumeist einen direkten lokalen Bezug, zum Beispiel die Planung von Grünflächen in Städten zur Verbesserung des Stadtklimas und der Regenwasserversickerung. Nationale Regierungen haben bei der Planung und Umsetzung der Anpassung wichtige Aufgaben: Sie setzen politische Rahmenbedingungen, stellen finanzielle Mittel bereit, helfen mit Daten und Informationen zu Klimaänderungen, Klimafolgen und Verwundbarkeiten und sie unterstützen Umsetzungsaktivitäten, wie z. B. Änderungen von Planungsverfahren, Überprüfungen technischer Normen und Standards oder die Koordination regionaler Anpassungsaktivitäten, von der kommunalen bis hin zur multinationalen Ebene.

Wichtig ist es, die Aktivitäten verschiedener Akteursgruppen auf nationaler Ebene abzustimmen und mit europäischen und internationalen Aktivitäten, zum Beispiel Berichterstattung und Finanzierung, zu verbinden.

☉ Verantwortlich für den Text:

Achim Daschkeit, Petra Mahrenholz, Inke Schauser (Fachgebiet I 1.6)



Quellen

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- EEA, 2014: National adaptation policy processes in European countries – 2014. Copenhagen: European Environment Agency, EEA Report No 4/2014
- UBA (2015): „Einfluss des Klimawandels auf die Biotropie des Wetters und die Gesundheit bzw. die Leistungsfähigkeit der Bevölkerung in Deutschland“. Umwelt & Gesundheit-Reihe des Umweltbundesamtes 6/2015. Dessau, 139 Seiten. [http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-biotropie-des](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-biotropie-deshttp://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-des-klimawandels-auf-die-biotropie-des)



Das Klimaschutzabkommen von Paris

alle Staaten umfassend und mit völkerrechtlich verbindlicher Obergrenze des Temperaturanstiegs

Die Ausgangssituation für ein weltweit umfassendes Klimaschutzabkommen war in Paris 2015 deutlich besser als in Kopenhagen 2009. Die Mehrheit der Staaten hatte bereits im Vorfeld geäußert, dass sie eine umfassende Vereinbarung für ein neues, global wirksames und rechtskräftiges Klimaschutzabkommen im Dezember 2015 anstrebt. Die nationalen Prozesse zur Erarbeitung der nationalen Klimaschutzbeiträge für das neue Abkommen (INDCs – Intended Nationally Determined Contributions) sendeten schon vor Konferenzbeginn ein positives Signal. Mit diesen INDCs kommunizierten die Mitgliedstaaten der UN-Klimarahmenkonvention, welchen Beitrag zur Minderung der THG-Emissionen im Rahmen des neuen Abkommens sie bereit wären zu leisten. Deutschland unterstützt im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative (IKI) über 30 Entwicklungsländer bei der Erarbeitung ihrer INDCs. Klimaschutz steht in engem Zusammenhang mit dem sicheren Zugang zu Energie und damit auch der Möglichkeit zu wirtschaftlicher

Entwicklung, eine der ersten Prioritäten für Entwicklungs- und Schwellenländer. Entscheidend wird es jedoch sein, nachhaltige Entwicklungspfade zu beschreiten, mit denen auch dem Klimawandel Einhalt geboten wird. Da die Schwellenländer inzwischen zu den weltweit größten Treibhausgasemittenten zählen, ist ihr Beitrag zur Emissionsminderung – neben dem der klassischen Industrieländer – essenziell.

Die Konferenz in Paris Ende 2015 hat es geschafft, das gemeinsame Klimaschutzinteresse in einem globalen Abkommen auszuformulieren. Zum ersten Mal wird nicht nur die 2-Grad-Obergrenze in einem völkerrechtlichen Abkommen verankert, sondern auch die Anstrengung festgeschrieben, den globalen Temperaturanstieg auf 1,5 Grad zu begrenzen.

Um dieses Langfristziel zu erreichen, zielt das Abkommen darauf ab, eine Umkehrung und damit ein Absenken der Treibhausgasemissionen sobald wie möglich zu erreichen und die globale Treibhausgasbilanz in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts auszugleichen. Das bedeutet de facto eine Dekarbonisierung der Weltwirtschaft und damit einen Ausstieg aus fossiler Energie. Dieses Signal ist deutlich und muss sich in den Handlungen und den Investitionen widerspiegeln.



CC BY 2.0

Besonders zu begrüßen ist der dynamische Ansatz des Abkommens. Alle 5 Jahre müssen alle Staaten neue Ziele vorlegen, die zudem stetig progressiv sein müssen und kein Zurückfallen hinter vorher eingereichte Ziele erlaubt. Dem vorangestellt gibt es ein „global stocktake“ – eine Bestandsaufnahme, ob die Staatengemeinschaft auf dem Weg ist, das Gesamtziel des Abkommens zu erreichen, sprich den Temperaturanstieg auf deutlich unter 2°C zu begrenzen.

Die Ausgestaltung dieses global stocktake, also die Modalitäten der Bestandsaufnahme müssen in den nächsten Jahren ausgearbeitet werden. Auch die Modalitäten und Bestimmungen für das für alle verbindliche Transparenzsystem sowie für die im Abkommen beschlossenen Marktmechanismen sind als Hausaufgabe im neuen Abkommen als Auftrag an die Staatengemeinschaft formuliert.

Nicht zu vernachlässigen ist auch die Stärkung marktbezogener Klimaschutzanstrengungen durch das Paris Abkommen. Das Abkommen sieht, ausdrücklich angelehnt an die Erfahrungen mit bisherigen Marktmechanismen (CDM und JI), einen (neuen) Nachhaltigkeitsmechanismus vor. Dieser trägt den wesentlichen Forderungen der EU Rechnung, indem er Eigenbeiträge von Gastgeberländern unterstützt und

insgesamt zu einer echten Netto-Emissionsminderung und nicht nur zu einer Emissionsverlagerung beitragen soll. Darüber hinaus sieht das Abkommen die Möglichkeit vor, dass Staaten Emissionseinheiten international transferieren und im Rahmen ihrer Inventarisierung anrechnen lassen können. Diese Option ist Teil der sog. kooperativen Ansätze und bietet u. a. die Möglichkeit zur Verbindung verschiedener Emissionshandelssysteme. Mit alledem setzt das Paris Abkommen ein wichtiges Signal auch an private Akteure zur Fortsetzung marktbezogener Klimaschutzmaßnahmen.

Die Details des neuen Abkommens und seiner Umsetzung sowohl auf internationaler als auch nationaler Ebene werden uns in den nächsten Jahren weiter beschäftigen und das Umweltbundesamt wird seine Expertise an vielen Stellen einbringen können. Darüber hinaus unterstützen wir z. B. Entwicklungsländer beim Aufbau ihrer Treibhausgasinventare, in dem wir ihnen unser Inventarsystem vorstellen und für Fragen zur Verfügung stehen.

● **Verantwortlich für den Text:**

Juliane Berger (Fachgebiet I 2.1)
Frank Wolke, Konrad Raeschke-Kessler
(Fachgebiet E 1.6)

Der Europäische Emissionshandel



Stärken und strukturell reformieren

Der Europäische Emissionshandel (EU-ETS) ist in Europa das zentrale Instrument für Klimaschutz im Energie- und Industriesektor und erfasst rund 45 Prozent der EU-weiten Treibhausgasemissionen. Mit seiner ökonomischen Anreizwirkung und der effektiven Begrenzung von Emissionen über das Budget an Emissionsberechtigungen (Cap) soll der Emissionshandel sicherstellen, dass die europäischen Klimaschutzziele treffsicher und kosteneffizient erreicht werden.

Hohe Marktüberschüsse an Emissionsberechtigungen und dadurch anhaltend niedrige Preise führen jedoch dazu, dass derzeit keine signifikante Lenkungswirkung vom Emissionshandel ausgeht. Gründe für die Überschüsse sind zunächst die wenig ambitionierten Caps in der dritten und vor allem schon in der zweiten Handelsperiode in Verbindung mit der erheblichen Nutzung günstiger Projektgutschriften (CER/ERU). Auch die gegenüber früheren Erwartungen wesentlich geringeren Emissionen in Folge der Wirtschafts- und Finanzkrise spielen eine große Rolle.

Der Europäische Rat vom 24. Oktober 2014 hat beschlossen, dass die EU ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 verringern soll. Um dieses Ziel zu erreichen, soll mit Beginn der vierten Handelsperiode ab 2021 das Emissionshandels-Cap schneller abgesenkt werden als bisher: Der sogenannte lineare Kürzungsfaktor – er bestimmt, um wie viel das Budget an Emissionsberechtigungen jährlich verknappt wird – soll von derzeit 1,74 Prozent auf 2,2 Prozent steigen.

Außerdem haben sich auf europäischer Ebene Europäische Kommission, Europäisches Parlament und die Mitgliedstaaten auf eine Reform des EU-Emissionshandels durch die Einführung einer sogenannten Marktstabilisierungsreserve (MSR) geeinigt, die die Überschüsse im EU-Emissionshandel sukzessive abbauen und später bei Bedarf wieder Emissionsrechte dem Markt zuführen soll. Mit dem Ziel das zentrale Klimaschutzinstrument zu stärken, haben sich die Bundesregierung und das UBA bereits sehr früh mit der Forderung nach einer ambitionierten Ausgestaltung der MSR positioniert, um die Verhandlungen so aktiv mitgestalten zu können. Denn auch für die von der Bundesregierung angestrebte Minderung der Emissionen Deutschlands (bis 2020 um 40 Prozent gegenüber 1990) ist ein starkes Preissignal im EU-ETS eine wichtige Grundlage.

tätsreserve (MSR) geeinigt, die die Überschüsse im EU-Emissionshandel sukzessive abbauen und später bei Bedarf wieder Emissionsrechte dem Markt zuführen soll. Mit dem Ziel das zentrale Klimaschutzinstrument zu stärken, haben sich die Bundesregierung und das UBA bereits sehr früh mit der Forderung nach einer ambitionierten Ausgestaltung der MSR positioniert, um die Verhandlungen so aktiv mitgestalten zu können. Denn auch für die von der Bundesregierung angestrebte Minderung der Emissionen Deutschlands (bis 2020 um 40 Prozent gegenüber 1990) ist ein starkes Preissignal im EU-ETS eine wichtige Grundlage.

Eckpunkte eines reformierten Europäischen Emissionshandels

Durch die Einführung der MSR sollen bestehende Überschüsse abgebaut werden und der Emissionshandel künftig robuster auf Nachfrageschwankungen reagieren können.

Die MSR funktioniert im Wesentlichen so: Die Auktionsmengen im Emissionshandel werden ab September eines Jahres automatisch für die folgenden 12 Monate gekürzt, wenn die Menge überschüssiger Berechtigungen zum Ende des Vorjahres einen festen Schwellenwert von 833 Millionen Berechtigungen überschreitet. Dabei entspricht die Auktionsmengenkürzung 12 Prozent der Überschüsse. Die nicht versteigerten Emissionsberechtigungen fließen in die MSR. Umgekehrt werden pauschal 100 Millionen Emissionsberechtigungen zusätzlich versteigert, wenn festgestellt wird, dass die Überschüsse weniger als 400 Millionen Emissionsberechtigungen betragen.

Beginnen wird die Auktionsmengenkürzung im Januar 2019. Zusätzlich werden die in den Jahren 2014 bis 2016 zurückgehaltenen 900 Millionen Emissionsberechtigungen (so genanntes Backloading) sowie die nicht bis Ende 2020 kostenlos zugewiesenen Berechtigungen (so genannte

Restmengen) direkt in die MSR überführt. Die Europäische Kommission hatte ursprünglich einen Start der MSR für 2020 (erstmalige Kürzung 2021) und die Versteigerung von Backloading- und Restmengen vorgeschlagen. Die erzielte Einigung geht damit deutlich über den ursprünglichen Vorschlag hinaus und wird den EU-ETS bereits vor 2020 deutlich stärken.

Das UBA empfiehlt darüber hinaus mindestens 1,6 Milliarden Emissionsberechtigungen dauerhaft zu löschen, um Fehleinschätzungen aus der Vergangenheit, die zu den hohen Überschüssen geführt haben, rasch und vor allem nachhaltig zu korrigieren. Nur dann können auch die mittel- und langfristigen Klimaziele sicher erreicht werden.

Ein weiterer Schwerpunkt für die Reform des EU-ETS ergibt sich aus der Frage, welche Regeln künftig für die Industrie gelten sollen. Einerseits muss wirkungsvoll verhindert werden, dass energieintensive Produktionen und damit Emissionen in Staaten verlagert werden, die keinen vergleichbar strengen Klimaschutz betreiben (so genanntes „Carbon Leakage“). Andererseits sind eine ambitionierte Minderung und damit anspruchsvolle Emissionsstandards (Benchmarks) für die Industriebranchen notwendig, um Effizienz- und Technologieentwicklungen in den Unternehmen anzureizen. Dafür müssen die effizientesten Produktionsverfahren identifiziert werden. Diese Fragen werden im Rahmen der derzeit laufenden Verhandlungen zur Novellierung der Emissionshandelsrichtlinie entschieden.

Klimaschutz im Luftverkehr

Auch im Luftverkehr ist derzeit ein Veränderungsprozess im Gange. Nachdem die EU im Jahr 2012 den Emissionshandel auf den Luftverkehr ausgedehnt und damit ein deutliches klimapolitisches Zeichen gesetzt hat, ist auch Bewegung in die bislang erfolglosen Bemühungen um mehr Klimaschutz im internationalen Luftverkehr gekommen: Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation ICAO entwickelt aktuell ein globales marktbasierendes Klimaschutzinstrument (global market based measure, GMBM) für den internationalen Luftverkehr, das 2016 beschlossen werden soll.

Ziel ist, den Anstieg der CO₂-Emissionen ab 2020 durch den Kauf von Zertifikaten aus anderen Sektoren zumindest zu kompensieren. Umstrittenster Punkt ist dabei der Mechanismus für die Verteilung der jeweiligen Kompensationsverpflichtungen auf die einzelnen Fluggesellschaften. Um auf der ICAO-Generalversammlung im Herbst 2016 über die Maßnahme abstimmen zu können, muss die inhaltliche Facharbeit bis Ende 2015 so gut wie abgeschlossen sein. Das

UBA wirkt auf fachlicher Ebene intensiv mit.

Zur Unterstützung des Prozesses in der ICAO wird der EU-ETS bis 2016 nur auf Flüge innerhalb Europas angewendet. Danach wird der Anwendungsbereich abhängig von den Inhalten des ICAO-Beschlusses neu festgelegt und möglicherweise auch wieder auf außereuropäische Flüge ausgedehnt, falls die ICAO keine zufriedenstellende globale Regelung findet. Allerdings kann auch ein erfolgreicher ICAO-Prozess nur ein erster Schritt sein, die Klimawirkungen des Luftverkehrs zu begrenzen. Um zu einer wirklichen Reduzierung zu kommen, sind weitergehende Schritte notwendig, die auch berücksichtigen, dass die Wirkung der Treibhausgasemissionen in der Reishöhe von Verkehrsflugzeugen etwa doppelt so groß ist wie am Boden. Derzeit hat der Luftverkehr einen Anteil an den globalen Treibhausgasemissionen von mindestens 5 %. Die klimaschädlichen Emissionen des internationalen Luftverkehrs sind von 1990 bis 2012 um 86,4 % gewachsen.

► Verantwortlich für den Text:

Jan Weiß, Claudia Gibis, (Fachgebiet E 2.3)
Gladys Takramah (Fachgebiet E 1.3)

Fazit

Damit die globale Mitteltemperatur um nicht mehr als zwei Grad Celsius steigt, dürfen die Treibhausgasemissionen nicht mehr lange weiter wachsen. Vielmehr muss alsbald – bei least-cost-Szenarien wird von einem Peak zwischen 2010 – 2020 ausgegangen – die Gesamtmenge an Emissionen rückläufig werden. Wichtig ist ferner, nicht mehr nach Zielen für Industrieländer auf der einen und Entwicklungsländer auf der anderen Seite zu unterscheiden. Entscheidend ist eine allumfassende Minderung, die natürlich individuellen Fähigkeiten und Verantwortlichkeiten Rechnung trägt. Aufstrebende Wirtschaftsnationen sollten aber genauso ihren Anteil zum Klimaschutz erbringen wie Industrienationen. Viele Staaten haben mittlerweile erkannt, dass Klimaschutz letztlich in ihrem eigenen wirtschaftlichen Interesse liegt. Die EU hat sich Anfang 2015 mit der Veröffentlichung ihres INDC zu ihrem ambitionierten Minderungsziel von mindestens 40 Prozent EU-interner Minderung bis zum Jahr 2030 – im Vergleich zum Jahr 1990 – bekannt. Darüber hinaus wäre eine weitere Erhöhung dieses EU-Ziels bei flankierender Nutzung marktbezogener Klimaschutzinstrumente wie dem Emissionshandel und dem CDM förderlich. Langfristiges Ziel muss – auch für Industriestaaten – eine treibhausgasneutrale Wirtschaft sein. Dass das geht, hat das UBA im Jahr 2014 mit der Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“ gezeigt.

Stickstoff. Zu viel des Guten!?

Nützlich oder schädlich? Ein Stoff mit vielen Facetten

Wenn der Umweltschutz einen Stoff thematisiert, dann lautet die Forderung im Allgemeinen: Je weniger, desto besser! So ist es beim Treibhausgas CO₂, beim Feinstaub in der Luft, bei Schwermetallen in Böden oder beim Auftreten von Arzneimittelwirkstoffen und Pflanzenschutzmitteln in Gewässern.

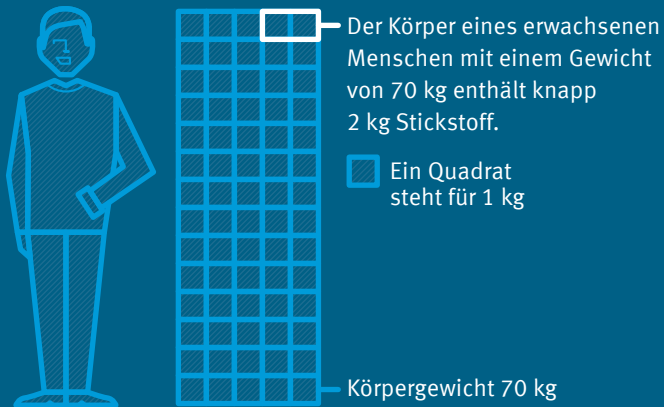
Beim Stickstoff sieht es etwas anders aus, denn er ist ein Grundbaustein der Natur und für alle Lebewesen als Nährstoff unentbehrlich. Der Körper eines erwachsenen Menschen mit einem Gewicht von 70 kg enthält knapp 2 kg Stickstoff. Auch unsere Atemluft besteht zum überwiegenden Teil aus Stickstoff (78 %). Stickstoffdüngung steigert die Erträge in der Landwirtschaft und im Hausgarten. In Weltregionen, in denen zu wenig Stickstoffdünger zur Verfügung steht, liegen die Ernteerträge deutlich unter dem, was Boden und Klima zulassen. Bei alledem ist es kaum zu glauben, dass gerade dieses wichtige und weit verbreitete chemische Element an der Entstehung großer Umweltprobleme beteiligt ist.

Was ist Stickstoff?

Stickstoff in der Umwelt

Das Element Stickstoff ist unerlässlich für alles Leben auf dieser Welt. Um als Lebensbaustein zu funktionieren, muss Stickstoff chemische Verbindungen mit anderen Elementen eingehen und dadurch in seine reaktive Form übertreten. Elementarer Luftstickstoff kann von den meisten Lebewesen nicht direkt verwertet werden, obwohl er Hauptbestandteil unserer Atmosphäre ist.

Stickstoff im Körper



Stickstofffreisetzungen in die Umwelt

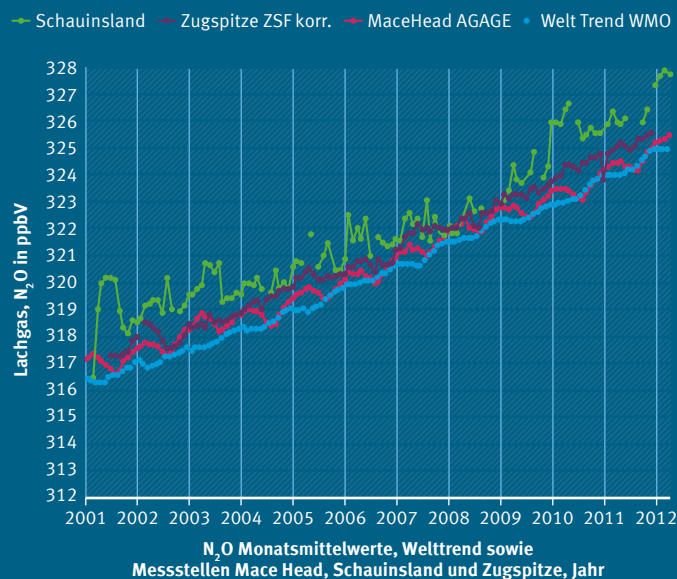
Die Stickstofffreisetzungen in die Umwelt haben zusammen mit der Weltbevölkerung erheblich zugenommen.

Stickstofffreisetzung

| | |
|-----------|-----------|
| 20 Tg Nr | 180 Tg Nr |
| 1900 | 2005 |
| 1800 Mio. | 6000 Mio. |

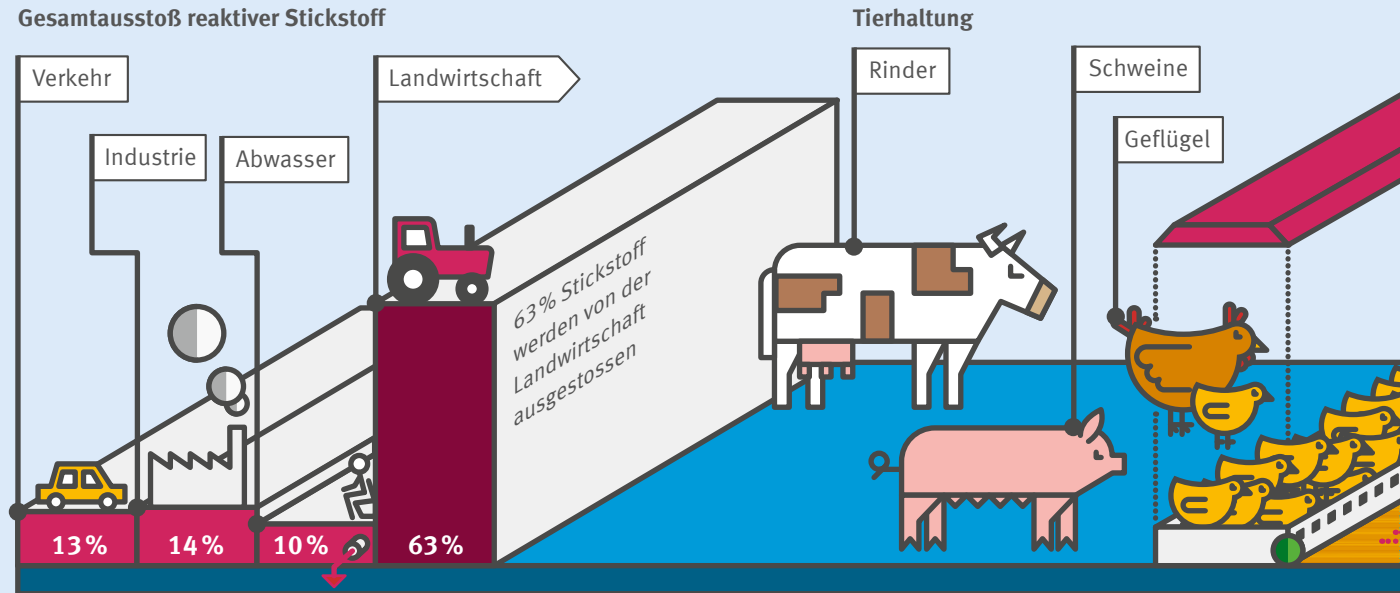
Weltbevölkerung

Atmosphärische Konzentration der klimawirksamen Stickstoffverbindung Lachgas (N₂O)



Hauptverursacher: Landwirtschaft

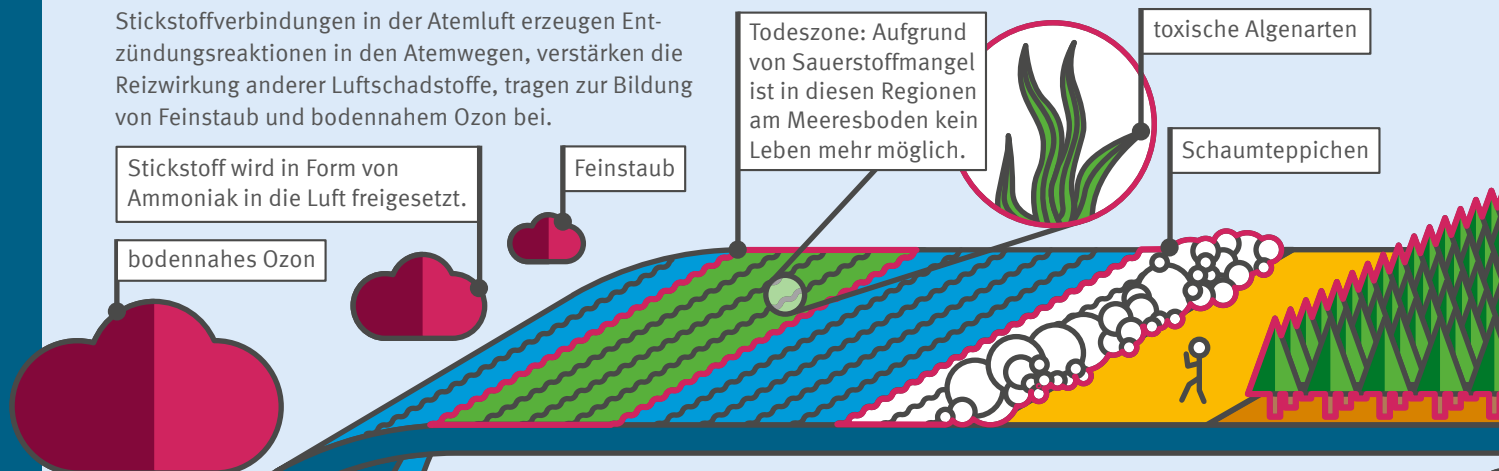
Gesamtausstoß reaktiver Stickstoff



Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

Atemluft

Stickstoffverbindungen in der Atemluft erzeugen Entzündungsreaktionen in den Atemwegen, verstärken die Reizwirkung anderer Luftschadstoffe, tragen zur Bildung von Feinstaub und bodennahem Ozon bei.



Küste und Meer

Stickstoff in Küsten- und Meeresökosystemen fördert das Algenwachstum und das Auftreten toxischer Algenarten, führt zur Bildung von Schaumteppichen und „Todeszonen“.

Was ist zu tun?

Futter

Über 90 % der Ammoniakemissionen in Deutschland stammen aus der Landwirtschaft. Bei einer nährstoffangepassten Fütterung kann die Ammoniakfreisetzung vermindert werden.

Je älter die Tiere werden, desto weniger Stickstoff benötigen sie. So kann z. B. durch 1% weniger Rohprotein im Futter eine Ammoniakminderung von bis zu 10% erreicht werden.

Abluft

Ungereinigte Abluft der Ställe belastet die Luft mit Ammoniak, Geruch, Staub und Bioaerosolen.

Minderungsmaßnahmen: gutes Stallmanagement, baulich-technische Maßnahmen sowie Abluftreinigung



Düngung und Pflanzenanbau

Mineralische und organische Stickstoffdüngemittel liefern wertvolle Pflanzennährstoffe. Sie sollten entsprechend des Pflanzenbedarfes eingesetzt werden.

Zum Schutz der Umwelt dürfen mit Wirtschaftsdüngern nicht mehr als 170 kg Stickstoff pro Hektar im Jahr ausgebracht werden.

Auf unbewachsenes Ackerland ausgebrachte Gülle sollte innerhalb von einer Stunde eingearbeitet werden. Auf bewachsene Flächen Gülle mit emissionsarmer Technik ausbringen.

Werden die Äcker überdüngt, gelangt der überschüssige reaktive Stickstoff ins Grundwasser.

Ökosysteme

Überschüssiger Stickstoff in Ökosystemen verringert die Artenvielfalt, erhöht deren Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel, verdrängt Arten mit geringem Nährstoffbedarf.

geringe Artenvielfalt

erhöhte Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel

Grundwasser

Nitrat im Grundwasser ist gesundheitsgefährdend, besonders für Kleinkinder und Säuglinge.

Stickstoff gelangt ins Grundwasser

Nahrungsumstellung

Gülle

Um die Gülle sinnvoll zu nutzen, muss eine ausreichend große Ackerfläche vorhanden sein.

Ziel sollte sein, die Effizienz der Landwirtschaft im Hinblick auf Stickstoff deutlich zu verbessern.

Kaufverhalten

Regionale Produkte kaufen

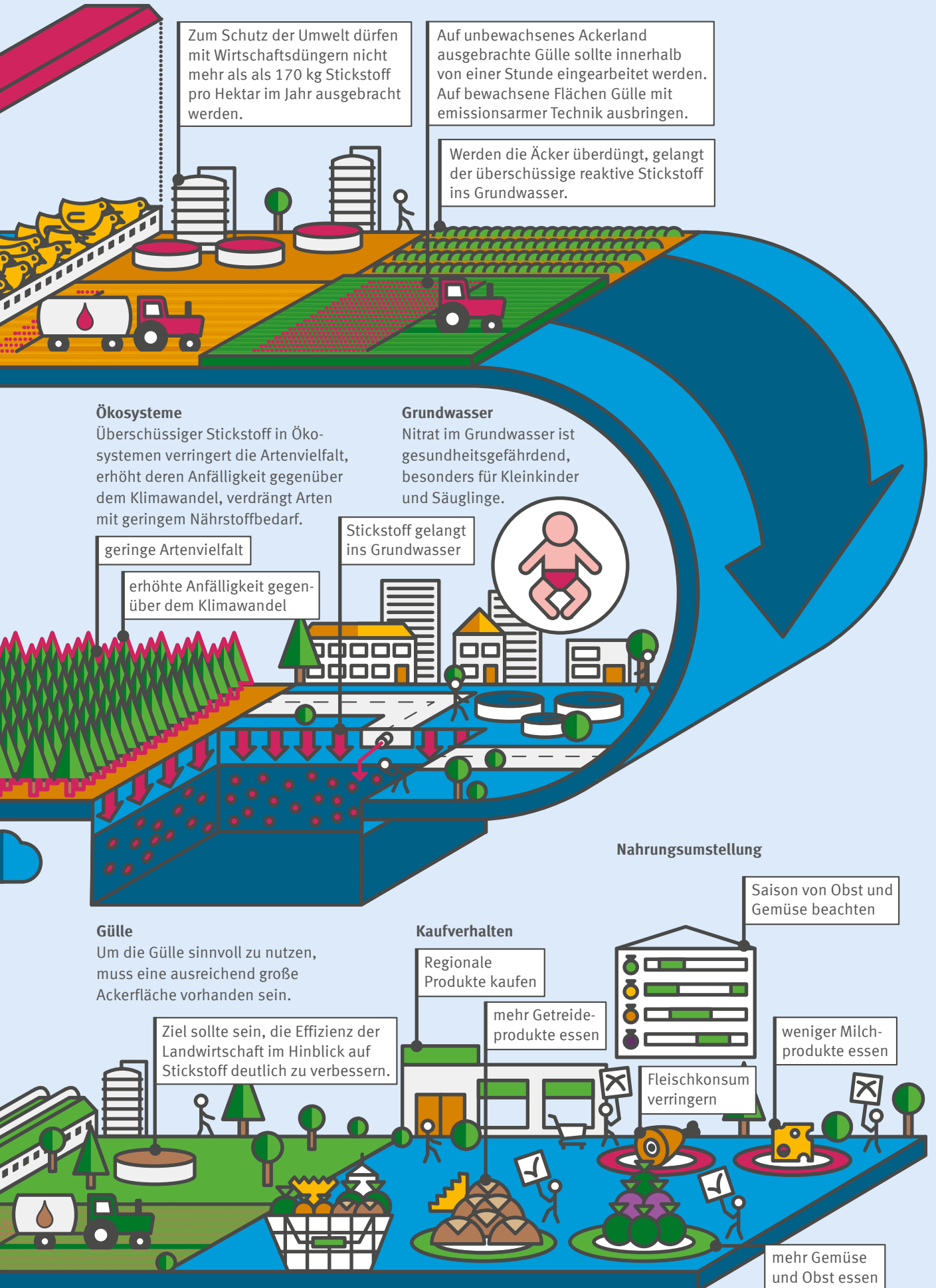
mehr Getreideprodukte essen

Fleischkonsum verringern

weniger Milchprodukte essen

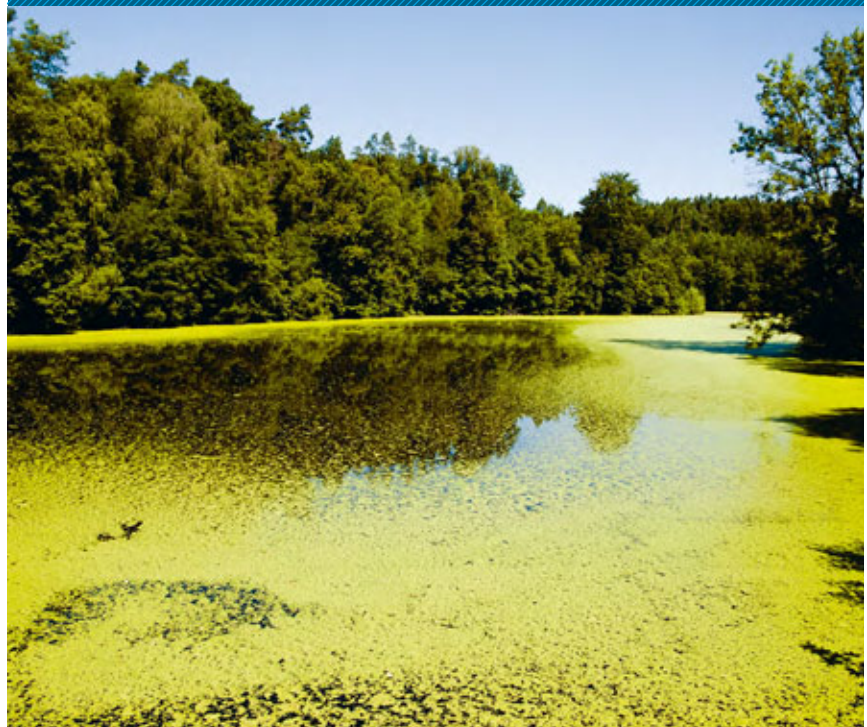
mehr Gemüse und Obst essen

Saison von Obst und Gemüse beachten





Stickstoff ist ein wichtiges Element für alles Leben auf dieser Welt.



Beliebter Verbindungspartner – aber nicht überall gern gesehen

Das Element Stickstoff ist unerlässlich für alles Leben auf dieser Welt. Um als Lebensbaustein zu funktionieren, muss Stickstoff chemische Verbindungen mit anderen Elementen eingehen, denn elementarer Luftstickstoff kann von den meisten Lebewesen nicht direkt verwertet werden, obwohl er Hauptbestandteil unserer Atmosphäre ist. Anders ist es bei dem in chemischen Verbindungen gebundenem, sogenannten reaktiven Stickstoff: Er zirkuliert in einem Kreislauf, kommt als Gas, gelöst oder organisch gebunden vor und kann so von Land- und Wasserlebewesen gleichermaßen effizient verwertet werden. Der globale Stickstoffkreislauf transportiert reaktiven Stickstoff in nahezu jeden Winkel unserer Erde.

Der Mensch führt diesem System seit etwa 100 Jahren kontinuierlich Stickstoff zu, besonders durch Emissionen von Stickstoffoxiden aus Verbrennungsprozessen und durch die industrielle Synthese reaktiver Stickstoffverbindungen über das sogenannte Haber-Bosch-Verfahren (Ammoniaksynthese mit dem Ziel der Düngemittelherstellung), letzteres vor allem um die Produktion von Pflanzen zu verbessern und zu intensivieren.

Global hat sich die Menge reaktiven Stickstoffs mittlerweile ungefähr verdoppelt. Dies führt nahezu allerorts zu Risiken für Mensch und Umwelt.¹ Gefährdet sind die Luft- und Wasserqualität und damit auch die menschliche Gesundheit und die Biodiversität. Auch zum Klimawandel trägt der reaktive Stickstoff bei.

Risiken für die Biodiversität entstehen durch ein Überangebot reaktiven Stickstoffs in Ökosystemen. Dies führt zu einem übermäßigen Wachstum bestimmter Arten und damit zu einer verringerten Artenvielfalt. Diese Wirkung nennt man „Eutrophierung“, was im Griechischen „gut ernährt“ heißt. Da nährstoffliebende, schnell wachsende Pflanzen bevorzugt werden, die dann anderen Licht, Wasser, Nährstoffe und Platz für Wachstum und Ausbreitung wegnehmen, kommt es zu Massenentwicklungen einzelner Arten, die das ökologische Gleichgewicht gefährden. In Gewässern führten derartige Massenentwicklungen von Algen nach ihrem Absterben zu Sauerstoffmangel, was die Fischfauna und die bodenlebenden Organismen schädigt. Wie auch die Konvention zum Schutz der Biodiversität (CBD) feststellt, ist der

Stickstoffeintrag weltweit, aber vor allem in den gemäßigten, borealen und alpinen Klimazonen einer der fünf Hauptgründe für die Gefährdung der biologischen Vielfalt².

Auch in Küsten- und Meeresökosystemen stellt das Überangebot von stickstoffhaltigen Nährstoffen ein Problem dar. Dort führt es nicht nur zu verringerter Sichttiefe und Sauerstoffmangel, sondern auch zu gesteigertem Algenwachstum, und vermehrtem Auftreten von Algenarten, die Toxine bilden und ausscheiden. Diese schädigen andere Meeresorganismen und können über den Konsum von Muscheln, die diese toxischen Algen filtrieren, auch den Menschen treffen; die Folge können etwa Durchfallerkrankungen sein. Neben den naturraumtypischen Lebensgemeinschaften können durch eine Überdüngung der Meere auch Fischerei und Tourismus in Mitleidenschaft gezogen werden.

Im Grundwasser führen die stickstoffhaltigen Nährstoffe – vor allem in Form von Nitrat – auf andere Weise zu Problemen. Diese Form des Stickstoffs gelangt aus überdüngten Äckern und Weiden in das Grundwasser. Nitrat hat im Übermaß eine gesundheitsschädliche Wirkung, die besonders dort zum Problem werden kann, wo aus Grundwasser Trinkwasser gewonnen wird.

Auch in der Atemluft sind gesundheitsschädliche Wirkungen von unerwünschten Stickstoffverbindungen bekannt. Stickstoffdioxid ist ein Gas, das bei Verbrennungsprozessen fossiler Energieträger, z. B. im Straßenverkehr entsteht. Es führt zu Entzündungsreaktionen in den Atemwegen und kann die Reizwirkung anderer Luftschadstoffe verstärken. Außerdem tragen reaktive Stickstoffverbindungen in der Luft zur Bildung sekundärer Feinstäube und von bodennahem Ozon bei, die beide gesundheitsschädlich sind. Bodennahes Ozon ist für Pflanzen ebenfalls ein Schadstoff und wirkt auch, zusammen mit stickstoffhaltigen Säuren in der Atmosphäre, korrodierend auf Stein-, Metall- und Kunststoffmaterialien.

Nicht zuletzt beschleunigt reaktiver Stickstoff in Form von Lachgas den Klimawandel. Lachgas entsteht vor allem bei Umwandlungsprozessen von reaktivem Stickstoff in Böden und Gewässern. Es ist 265mal klimaschädlicher als Kohlendioxid und trägt zu etwa 6 % zum Klimawandel bei³.



Der Stickstoff-Kreislauf in Deutschland

Reaktiver Stickstoff ist sehr mobil und wandelfähig. Er durchläuft in seinen unterschiedlichen Formen die verschiedenen Umweltmedien. In der Atmosphäre tritt reaktiver Stickstoff z. B. als Ammoniak, Stickstoffdioxid, Lachgas oder Ammoniumcarbonatpartikel auf. In gelöster Form sind es Ammonium und Nitrat, die mit dem Niederschlag in Böden und von dort über Auswaschungen in Grund- und Oberflächengewässer gelangen. Neben den anthropogenen Prozessen, die Luftstickstoff in die reaktive Form überführen, gibt es auch solche, die reaktiven Stickstoff wieder in unschädlichen Luftstickstoff verwandeln. Dazu gehören die bakterielle Denitrifikation (Nitrat wird zu N_2 reduziert) oder die selektive katalytische Reduktion (SCR) von Stickstoffoxiden in Motorabgasen. Diese Prozesse können – klug eingesetzt – die Menge reaktiven Stickstoffs im Kreislauf effektiv vermindern. Die Denitrifikation ist ein mikrobieller Prozess in Böden und Gewässern, bei dem Bakterien Stickstoffoxide in nicht mehr umweltrelevante Formen umwandeln. In der Abwasserbehandlung setzt man ihn gezielt ein, um reaktiven Stickstoff aus dem Wasser zu entfernen.

In Deutschland gelangt Jahr für Jahr deutlich mehr reaktiver Stickstoff in den Kreislauf als derzeit wieder entfernt werden kann. Es bedarf daher dringend einer Reduktion der Stickstoffemissionen, um die negativen Wirkungen anthropogener Stickstoffeinträge zu vermindern. Um den Handlungsbedarf zu priorisieren, hat das Umweltbundesamt unlängst zusammengestellt, woher die Stickstoffverbindungen stammen, die in den Kreislauf gelangen, und wie viel die verschiedenen Wirtschaftsbereiche beitragen.⁴ Die bedeutendsten Eintragspfade sind:

- die industrielle Fixierung von Luftstickstoff mit dem Haber-Bosch-Verfahren zur Herstellung von Ammoniak,
- der Import von reaktivem Stickstoff durch eiweißhaltige Futtermittel, insbesondere Soja,
- die biologische Stickstoff-Fixierung auf unseren Äckern durch Leguminosenanbau,
- die Verbrennung fossiler Energieträger sowie
- der grenzüberschreitende Transport stickstoffhaltiger Luft- und Wasserschadstoffe über Flüsse und Atmosphäre.

Die Analyse kommt zu dem Schluss, dass knapp zwei Drittel der Emissionen in Luft, Boden und Gewässer in der Landwirtschaft entstehen. Der Rest teilt sich zu je etwa 10 bis 15 % auf die Bereiche Verkehr, Industrie- und Energiewirtschaft sowie Abfall- und Abwassermanagement auf. Das war einmal anders: Während die Gesamtemissionen über die letzten beiden Jahrzehnte gesunken sind, hat der relative Anteil der Landwirtschaft in den vergangenen 20 Jahren deutlich zugenommen. So stammten in den 1990er Jahren noch weniger als 50 % der Emissionen reaktiver Stickstoffverbindungen aus der Landwirtschaft.⁵ Das heißt nicht, dass die landwirtschaftlichen Emissionen stark gestiegen sind – auch sie haben leicht abgenommen. Aber im Vergleich dazu haben Abwasserwirtschaft und Verkehr ihre Emissionen durch technische Maßnahmen erfolgreich und in beträchtlichem Umfang reduziert. Die Ammoniakemissionen der Landwirtschaft bleiben seit über 20 Jahren weitgehend konstant. Die Salden der nationalen Stickstoffbilanz gehen nur noch sehr langsam zurück, nachdem sie Anfang der 1990er Jahre als Folge des Niedergangs der Viehwirtschaft in den neuen Bundesländern zeitweise rasch abgesunken waren.

Zuviel Stickstoff gefährdet das ökologische Gleichgewicht

Nicht nur der Verlust der biologischen Vielfalt und der Klimawandel, sondern auch die Stickstoffeinträge haben bereits eine kritische Grenze überschritten, welche das ökologische Gleichgewicht der belebten Erde gefährden. Das war die überraschende Aussage einer Untersuchung namhafter Wissenschaftler aus dem Jahr 2009 zu den sogenannten Planetaren Grenzen.⁶ Die übermäßige globale Stickstoffbelastung wird vor allem durch die intensive Landwirtschaft in wenigen Regionen verursacht – dazu gehört auch Mitteleuropa. Somit sind wir nicht nur wegen unserer regionalen Umweltprobleme in der Pflicht zu handeln, sondern auch, um einem globalen Risiko zu begegnen.

Zu hohe Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft

Erhöhte Konzentrationen von Pflanzennährstoffen, wie Stickstoff und Phosphor, führen in oberirdischen Gewässern zu verstärktem Algenwuchs. Folgen davon sind Trübung und später, beim biologischen Abbau der pflanzlichen Biomasse, Sauerstoffzehrung und zeitweise auch Sauerstoffmangel in den Gewässern. Daraufhin verändert sich die Zusammensetzung der typischen Gewässerflora und -fauna. Viele Flüsse und Seen in Deutschland und Europa erreichen daher den von der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) angestrebten guten ökologischen Zustand derzeit nicht. In Flüsse gelangen Nährstoffe punktuell aus Kläranlagen, vor allem aber diffus über Abschwemmungen des Bodens von angrenzenden Flächen sowie durch Infiltration von belastetem Grundwasser.

Neben Phosphat ist Nitrat dafür verantwortlich, dass in Deutschland heute noch alle Küstengewässer und 60 % der Seen den guten ökologischen Zustand verfehlen. Die Nitratbelastung der Flüsse hat in den letzten Jahrzehnten dank der Stickstoffentfernung in Kläranlagen abgenommen; der erhöhte Anschlussgrad an Kläranlagen wirkt sich ebenfalls positiv aus. Die Stickstoffeinträge in die Oberflächengewässer in Deutschland lagen in den Jahren 2006 bis 2008 bei 600.000 t/a; sie verminderten sich gegenüber dem Zeitraum 1983 bis 1987 um 42 %. Der Anteil aus Kläranlagen hat sich hingegen um 77 % verringert. Demgegenüber wurden die Einträge aus der Landwirtschaft nur um 23 % vermindert, sie machen heute 80 % aller verbliebenen Stickstoffeinträge in Oberflächengewässern aus. Auch in anderen EU-Ländern sieht es nicht besser aus. So sank die mittlere Nitratkonzentration in europäischen Fließgewässern zwischen 1992 und 2010 nur um etwa 11 % (von 2,5 mg/l N auf 2,2 mg/l N): Das ist bisher zu wenig, um die Ziele der EG-WRRL zu erreichen.

Das Grundwasser wird hauptsächlich durch Nitrat belastet. Einen guten chemischen Zustand hat Grundwasser, wenn unter 50 mg/l Nitrat sowie unter 0,1 µg/l Pflanzenschutzmittel enthalten und die Schwellenwerte für relevante Schadstoffe eingehalten sind (Anforderungen der EG-WRRL). Gegenwärtig verfehlen in Deutschland ca. 37 % aller Grundwasserkörper diesen guten Zustand. Betrachtet man allein den Parameter Nitrat, dann sind 27 % aller Grundwasserkörper in Deutschland aufgrund ihrer Belastung mit diesem Stoff in einem schlechten chemischen Zustand. Hauptursache der Nitratbelastung sind Einträge aus der Landwirtschaft, wobei der Zustand in anderen EU-Ländern mit intensiver landwirtschaftlicher Produktion ähnlich ist. Nachdem sich in Deutschland die Grundwasserbelastung durch Nitrat bis etwa 2007 langsam verringerte, zeigen die Daten mittlerweile – vor allem regional – wieder Anstiege. Dies wird u.a. auf den verstärkten Anbau von Energiepflanzen (insbesondere Mais) und den dafür teilweise erfolgten Grünlandumbruch zurückgeführt. Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen des Grundwassers können sich aber stark verzögern, weil die Fließzeit von der Bodenoberfläche durch die wasserungesättigten Deckschichten bis ins Grundwasser oft Jahre oder Jahrzehnte betragen kann. Schätzungen reichen von vier bis acht Jahren (Deutschland, Ungarn) bis zu mehreren Jahrzehnten (Niederlande).

Ein Vergleich der Landnutzungen im Umfeld der Grundwassermessstellen zeigt die Hauptursachen von Nitrat im Grundwasser: Wo Wald dominiert, findet sich die geringste Belastung; bei weniger als 5 % der Messstellen liegt Nitrat über 50 mg/l. Unter Grünland (Wiesen und



Weiden) steigt die Zahl der hoch durch Nitrat belasteten Stellen auf 6,5 %. Dominieren Acker- und Siedlungsflächen, so steigt der Anteil der Messstellen mit Nitratwerten über 50 mg/l auf 23 % (Acker) bzw. 13 % (Siedlung). Die Landwirtschaft ist damit von hoher Bedeutung für die Belastung des Grundwassers mit Nitrat.

Dieser Zusammenhang ist seit langem bekannt. Bereits im Jahr 1991 hat die EU die Richtlinie zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitrat-Richtlinie, 91/676/EG) erlassen. Sie verlangt die Einhaltung der „guten fachlichen Praxis“ in der Landwirtschaft und die Durchführung eines Aktionsprogramms. Deutschland hat die Richtlinie flächendeckend mit der Düngeverordnung sowie den Länderverordnungen zur Gülle-Lagerung umgesetzt. Beide Rechtsbereiche sollen in Zukunft höhere Umweltauflagen aufweisen. Entsprechende Verordnungen – insbesondere eine novellierte Düngeverordnung – sind derzeit in Vorbereitung und sollen 2016 in Kraft treten.

Neben der Umsetzung der Düngeverordnung werden weitere Maßnahmen durch die Bundesländer im Zuge der zweiten Bewirtschaftungsplanung der Flussgebiete im Rahmen der Umsetzung der EG-WRRL ergriffen, um die Ziele der EG-WRRL zu erreichen. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bilanziert die Erfordernisse zur Stickstoffeintragsreduzierung in den großen deutschen Flussgebieten zwischen 6 % (Rhein) und 40 % (Elbe). Ausweisung von Gewässerrandstreifen, Renaturierung von Uferzonen und Überschwemmungsgebieten können den Nährstoffrückhalt im Bereich der kleineren Zuflüsse der großen Ströme erheblich verbessern.



Algenblüte und „Todeszonen“: Nord- und Ostsee leiden unter Nährstoffüberschüssen

Übermäßige Stickstoffeinträge sind gegenwärtig neben der Überfischung das größte ökologische Problem in Nord- und Ostsee. Die damit verbundene Eutrophierung (Überernährung) dieser Küsten- und Meeresgewässer führt zu einer Reihe negativer Auswirkungen auf die marinen Ökosysteme, z. B. Zonen mit Sauerstoffmangel, toxische Algenblüten und Beeinträchtigungen bodenlebender Tiere und Wasserpflanzen. In der Ostsee hat sich die Ausdehnung der Fläche der Gebiete, in denen aufgrund von Sauerstoffmangel am Boden kein Leben mehr möglich ist, – die sogenannte „Todeszone“ – in den vergangenen 115 Jahren mehr als verzehnfacht.⁷ Die Eutrophierung ist oft die hauptsächliche oder ausschließliche Ursache dafür, dass Meeresgewässer den „guten Umweltzustand“ gemäß Meeresstrategierahmenrichtlinie (MSRL) verfehlen.

Der Stickstoffeintrag in Nord- und Ostsee stammt zum überwiegenden Teil aus der Landwirtschaft und erfolgt zu etwa 75% über die Flüsse. Rund ein Viertel des Stickstoffs wird über die Atmosphäre eingetragen, insbesondere aus der Landwirtschaft (Ammoniak aus der Tierhaltung und der Düngung), Schifffahrt, Straßenverkehr, Kraftwerke und Industrie.

Um die Eutrophierung zu bekämpfen, setzen die regionalen Meeresschutzübereinkommen zum Schutz des Nordostatlantiks (OSPAR) und zum Schutz der Ostsee (HELCOM) konkrete Reduktionsziele für Stickstoffeinträge. Die zweite internationale Nordseeschutzkonferenz (INK) in London und die OSPAR-Vertragsstaaten beschlossen bereits in den 1980er und 1990er Jahren Strategien, um Nährstoffeinträge in die Meeresgewässer allgemein und Stickstoffeinträge um 50 % zu reduzieren, bezogen auf das Jahr 1985. Deutschland konnte die Stickstoffeinträge in die Nordsee aus Flüssen – sogenannte flussbürtige Einträge – zwischen 1985 und 2005 um 48 % und in die Ostsee um 50 % senken. Diese Reduktionen lassen zusammen mit noch weit aus höheren Reduktionen der Phosphateinträge (Phosphat-Elimination in Kläranlagen; Einführung phosphatfreier Waschmittel) einige Effekte der Eutrophierung langsam abklingen. So ist z. B. im Wattenmeer eine Rückkehr der Seegrasbestände zu verzeichnen. Dennoch zeigen aktuelle Bewertungen des Eutrophierungszustands, dass weitere Reduktionen in vergleichbarer Größenordnung erforderlich sind, um die Ziele der MSRL in Nord- und Ostsee zu erreichen.

Als Reaktion auf die anhaltenden gravierenden Eutrophierungsprobleme der Ostsee verabschiedeten die Ostseeanrainer 2007 den Ostseeaktionsplan, in dem sie sich auf ehrgeizige Reduktionsverpflichtungen für Nährstoffeinträge einigten. Diese wurden 2012 einer

wissenschaftlichen Revision unterzogen, in der erstmals auch atmosphärische Stickstoffeinträge neben den flussbürtigen Einträgen berücksichtigt wurden. Deutschland hat sich auf der HELCOM Ministerkonferenz im Oktober 2013 verpflichtet, seine Stickstoffeinträge in die Ostsee um 7.670 t zu senken, wobei fast 75 % dieser Reduktionsverpflichtung darüber zu leisten ist, die atmosphärischen Nährstoffeinträge zu senken. Dazu müssen auch die Emissionsreduktionsziele, auf die sich unter anderem die Anrainerstaaten im Göteborg-Protokoll der UNECE geeinigt haben, vollständig erreicht, aber auch Maßnahmen zur Senkung der Stickstoffemission der Schifffahrt getroffen werden. Helfen könnte dabei die Einführung eines Stickoxid-Emissions-Kontrollgebiets (NECA) in Nord- und Ostsee, in dem nur Schiffe mit einer dem Stand der Technik entsprechenden Abgasreinigung verkehren dürfen.

Viele terrestrische Ökosysteme vertragen keinen Stickstoff

Als empfindliche Ökosysteme im Hinblick auf Stickstoffeinträge gelten u. a. nährstoffarme Wiesen und Weiden, Laub-, Nadel- und Mischwälder, natürliches Grünland, Heiden und Moorheiden, Sümpfe und Torfmoore. Reaktive Stickstoffverbindungen werden über die Luft in diese Ökosysteme eingetragen. Hier wirken sie als Nährstoffe, deren Anreicherung nährstoffliebende Pflanzen in ihrem Wachstum begünstigt, die dann an diesen von Natur aus nährstoffarmen Standorten nährstoffempfindliche Pflanzen verdrängen. Indirekt können hiervon auch viele Tierarten betroffen sein, die an bestimmte, nährstoffempfindliche Pflanzenarten gebunden sind. Außerdem erhöht sich durch die Eutrophierung die Anfälligkeit vieler Pflanzen gegenüber Stressfaktoren wie Frost, Dürre oder Fraßschädlinge. Viele Pflanzenarten stehen daher wegen der Wirkung erhöhter Nährstoffeinträge auf der „Roten Liste“.⁹ In der EU sind etwa zwei Drittel aller natürlichen Lebensräume überdüngt, fast die Hälfte der Ökosysteme ist nicht ausreichend vor Versauerung geschützt.

Verantwortlich für Überdüngung (Eutrophierung) und Versauerung ist vor allem die Luftbelastung durch reaktive Stickstoffverbindungen wie Ammoniak (NH_3) und Stickstoffoxide (NO_x). Ein wesentlicher Teil davon wird über große Entfernungen in der Atmosphäre transportiert und kann daher nur im Rahmen internationaler Abkommen effizient gemindert werden. An den Belastungsschwerpunkten tragen aber auch lokale Verursacher erheblich dazu bei, nährstoffempfindliche terrestrische Ökosysteme zu gefährden, vor allem die Intensivtierhaltung. Der Stickstoffausstoß muss daher auf zwei Wegen gemindert werden: Erstens durch Begrenzung der jährlichen Gesamtmenge umweltschädlicher Luftschadstoffemissionen, die in der europäi-



schen NEC-Richtlinie (englisch: National Emission Ceilings, NEC) und im Göteborg-Protokoll der Genfer Luftreinhaltkonvention geregelt ist. Zweitens durch die Minderung des Schadstoffausstoßes direkt an der Quelle, also anlagenbezogen durch die Industrieemissionsrichtlinie und die zugehörigen BVT-Merkblätter (Beste Verfügbare Technik).

Die EU-NEC-Richtlinie¹⁰ legt für bestimmte Luftschadstoffe Emissionsobergrenzen fest, die die EU-Mitgliedstaaten seit dem Jahr 2010 nicht mehr überschreiten dürfen (für Deutschland z. B. 550.000 t Ammoniak). Darüber hinaus hat auch die Genfer Luftreinhaltkonvention (CLRTAP) der UN Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) in der Fortschreibung ihres Göteborg-Protokolls im Jahr 2012 vereinbart, die jährlichen Emissionen von Luftschadstoffen zu begrenzen. Die Emissionsminderungsverpflichtungen sind bis zum Jahr 2020 einzuhalten, sie stellen mit Blick auf Ammoniak-Emissionen aber nur wenig ehrgeizige Ziele dar. Auch die EU diskutiert zurzeit eine Neufassung der NEC-Richtlinie. Eine neue Richtlinie wird voraussichtlich Emissionsbegrenzungen für das Jahr 2030 enthalten, die derzeit noch verhandelt werden.

Lokale Belastungsschwerpunkte mit Ammoniak bzw. Ammonium-Verbindungen sind Anlagen zur Intensivtierhaltung mit über 2.000 Mastschweineplätzen, 750 Sauenplätzen und 40.000 Plätzen für Geflügel. Sie fallen in den Geltungsbereich der Industrieemissionsrichtlinie¹¹ (IE-Richtlinie), die den verbindlichen Einsatz der BVT, die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten und die regelmäßige Überwachung der Tieranlagen vorschreibt. Die BVT werden in Merkblättern beschrieben, die im Konsensverfahren von einer technischen Arbeitsgruppe (TWG) mit Experten aus den EU-Mitgliedstaaten

Sowohl bei Geflügel als auch bei Schweinen führt eine einprozentige Senkung des Proteingehaltes im Futter zu einer zehnprozentigen Minderung der Stickstoff- und Ammoniakemissionen.



Stickstoffoxide in der Atemluft

Die reaktive Stickstoffverbindung, die in der Atemluft die menschliche Gesundheit beeinträchtigt, ist das Stickstoffdioxid (NO_2). NO_2 zählt wie das Stickstoffmonoxid (NO) zu den Stickoxiden und wird bei Verbrennungsprozessen aus dem Stickstoff der Umgebungsluft gebildet. Bei der Verbrennung entsteht hauptsächlich NO , das in der Atmosphäre weiter zu NO_2 reagieren kann. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt für NO_2 seit 2010 innerhalb der Europäischen Union ein Grenzwert für das Jahresmittel von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein Grenzwert für das Stundenmittel von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht öfter als 18-mal in einem Kalenderjahr überschritten werden darf. In manchen Regionen wurde die Frist zur Einhaltung der Grenzwerte um fünf Jahre verlängert, seit 2015 müssen diese aber überall in Deutschland eingehalten werden.

erarbeitet werden. Grundlage für das derzeit noch geltende alte BVT-Merkblatt „Intensivtierhaltung von Schweinen und Geflügel“ vom Juli 2003 sind die in Europa eingesetzten Verfahrenstechniken zur emissionsarmen Haltung, Lagerung, Behandlung und Ausbringung von Gülle und Dung. Seit einigen Jahren wird an einer Neufassung des BVT-Merkblatts „Intensivtierhaltung von Schweinen und Geflügel“ gearbeitet. Neben der Minderung von Schadstoffen (Stickstoff, Phosphor, Geruch, Staub und Bioaerosole) finden hier auch der Ressourcen- und neuerdings auch der Tierschutz Beachtung. Größter Ammoniak-Emitter ist jedoch die Rinderhaltung, die auch im neuen Merkblatt entgegen dem ursprünglichen Entwurf der EU-Kommission unberücksichtigt bleibt. Aus dem überarbeiteten BVT-Merkblatt Intensivtierhaltung werden sogenannte BVT-Schlussfolgerungen abgeleitet, die voraussichtlich 2016 im EU-Amtsblatt veröffentlicht und somit verbindlich werden.

Als eine der effizientesten Möglichkeiten für verringerte Umweltbelastungen erweist sich in der landwirtschaftlichen Praxis die Kombination von zwei Fütterungsverfahren:

- die Verbesserung der Futtereigenschaften durch niedrige Protein- und Phosphorgehalte zur nährstoffangepassten Fütterung und
- die Zusammenstellung einer Futtermischung, die den Aufzichtsabschnitten der Tiere entspricht (Mehrphasenfütterung).

Sowohl bei Geflügel als auch bei Schweinen führt eine einprozentige Senkung des Proteingehaltes im Futter zu einer zehnprozentigen Minderung der Stickstoff- und Ammoniakemissionen. Während bei Rindern und Geflügel ein hohes Minderungspotential für Ammoniak bei der Lagerung und Ausbringung der Exkreme in Form von Wirtschaftsdüngern vorhanden ist, liegt bei Schweinen auch ein Schwerpunkt im Stall. Deshalb sind in Deutschland inzwischen über 1000 große Schweineställe (>500 Tierplätze) mit Abluftreinigungsanlagen ausgerüstet.

Bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern gehören abgedeckte Lager für Gülle ebenso zum Stand der Technik wie der Einsatz von Schleppschlauch, Schleppschuh und Schlitztechniken als emissionsarme Ausbringungstechniken für Gülle. Einen wesentlichen Beitrag zur Minderung von Ammoniak leistet das sofortige Einarbeiten (<1 Stunde) von Gülle und Stallmist nach der Ausbringung auf nicht bewachsenem Boden.

Alle diese Maßnahmen beschreiben den heutigen Standard für die Umweltanforderungen in der Landwirtschaft. Sie sind allerdings als Umweltschutzanforderungen in den Regelwerken noch nicht ausreichend verankert.

Eine Frage der Form: Stickstoff in der Atemluft

Unsere Luft besteht zu knapp 80 % aus Stickstoff – allerdings im Wesentlichen in Form von N_2 , einer chemisch inerten, also wenig reaktiven Verbindung, die von den meisten Lebewesen nicht genutzt werden kann. Ausnahmen sind z. B. Leguminosen (Hülsenfrüchtler) und bestimmte Bäume (z. B. Erlen), die im Zusammenleben (Symbiose) mit Knöllchenbakterien oder Strahlenpilzen Luftstickstoff fixieren und für ihre Versorgung nutzen können. Vor allem durch Verbrennungsprozesse im Energiesektor und im Straßenverkehr werden aber auch chemisch reaktive Stickstoffoxide freigesetzt – und zwar vielerorts in einem Umfang, der die Gesundheit gefährdet. Das bestätigt ein Blick auf die gemessenen Konzentrationen: An innerstädtischen Verkehrsstationen wird der Grenzwert für das Jahresmittel meistens überschritten. Hier betragen die Konzentrationen in den vergangenen Jahren im Mittel zwischen 40 und 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und an 60 bis 70 % dieser Stationen war eine Überschreitung des Jahresgrenzwertes zu verzeichnen. Das Stundenmittel von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde an rund 20 % aller verkehrsnahen Stationen überschritten, eine 18-malige Überschreitung trat an ca. 2 % der Stationen auf. Abseits von verkehrsreichen Straßen sinken in Städten die NO_2 -Konzentrationen auf mittlere Werte von unter 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Grenzwertüberschreitungen traten hier in den vergangenen Jahren nur vereinzelt auf.¹² Europaweit sind nach einer Auswertung der Europäischen Umweltagentur dennoch die NO_2 -Konzentrationen in Deutschland am höchsten.¹³

Die hohen NO_2 -Konzentrationen an verkehrsnahen Messstationen werden hauptsächlich durch den Kfz-Verkehr verursacht. Gemäß einer umfangreichen Analyse deutscher Luftreinhaltepläne trägt der lokale Kfz-Verkehr in Städten im Mittel zu 64 % zur NO_2 -Belastung bei, Gebäudeheizungen zu 7 % und die Industrie zu 3 %. Weitere 21 % sind durch einen Schadstofftransport aus größerer Entfernung bedingt.¹⁴

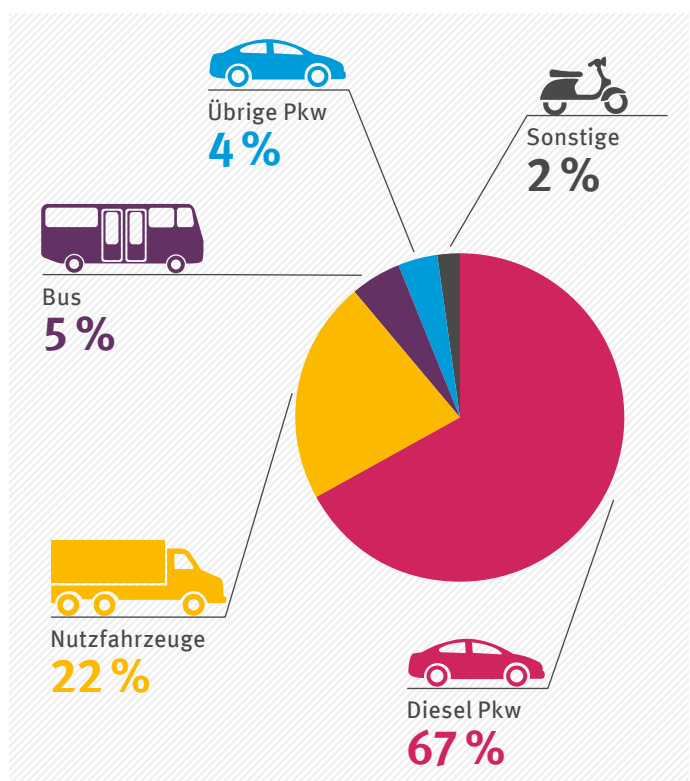
Maßnahmen zur Minderung der innerstädtischen NO_2 -Konzentrationen müssen daher hauptsächlich beim Kfz-Verkehr ansetzen. Ein wichtiges Instrument sind dabei die EU-weit gültigen Euro-Abgasnormen, die für Neufahrzeuge ständig gemäß dem fortschreitenden Stand der Abgasreinigung fortgeschrieben werden.

Seit September 2015 müssen Pkw bei Erstzulassung die Euro 6-Norm erfüllen. Bei Diesel-Pkw reduziert sich der Emissionsgrenzwert für Stickoxide damit von 180 mg/km (bisherige Euro 5-Norm) auf 80 mg/km ; bei Pkw mit Ottomotoren bleibt der Grenzwert mit 60 mg/km unverändert. Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte wird für jeden Fahrzeugtyp im Rahmen

einer Messung in einem festgelegten Fahrzyklus überprüft. Dieser spiegelt allerdings nur unzureichend die Fahrbedingungen im realen Betrieb wider. So haben Messungen der realen Emissionen von Euro 6-Diesel-Pkw auf der Straße mit einem neuen Messverfahren Werte ergeben, die im Mittel um das Siebenfache höher waren als die Euro 6-Norm.¹⁵ Bei Dieselfahrzeugen ist diese Diskrepanz umso bedeutsamer, da bei ihnen der Anteil von direkt emittiertem NO_2 besonders hoch ist. Daher wird derzeit in der EU eine zusätzliche Testprozedur diskutiert, die unter realen Bedingungen stattfinden soll, wie sie bereits heute bei schweren Nutzfahrzeugen angewendet wird. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Verschärfung der Abgasnormen nun auch zu deutlich geringeren Stickoxidemissionen in Städten führt. Umweltzonen, in die nur Fahrzeuge mit einem Mindeststandard der Abgasreinigung einfahren dürfen, können die Erneuerung der Fahrflotte beschleunigen. Die Zuordnung zu den verschiedenfarbigen Plaketten, über die die Einfahrt in Umweltzonen geregelt wird, basiert im Wesentlichen auf den Abgasnormen.

Neben dem Straßenverkehr setzt der Gesetzgeber aber auch bei anderen Sektoren an, auf europäischer Ebene beispielsweise mit der Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen. Sie bildet die Grundlage, auf der für verschiedene Industriebranchen die jeweils besten verfügbaren Techniken spezifiziert werden, um so unter anderem den Ausstoß von Stickstoffoxiden in die Luft zu reduzieren.

Diesel-Autos stoßen das meiste NO_2 aus



Quelle: UBA/TREMODO 5.61

Stickstoff-Management hilft sparen

Stickstoff gehört beim Acker- und Pflanzenbau zusammen mit Phosphor, Kalium und Magnesium zu den sogenannten Makronährstoffen. Alle Nährstoffe müssen während der Wachstums- und Reifungsphase der Pflanzen in ausreichender Menge und in einem ausgewogenen Verhältnis verfügbar sein, um ein optimales Wachstum, hohe Erträge und gute Qualität des Ernteguts zu sichern.

Stickstoff konnte in früheren Jahrhunderten dem Boden nur über tierische Ausscheidungen (meist als Stallmist), Gründüngung oder Leguminosen (Hülsenfrüchte, Klee, Luzerne, Lupinen etc.) zugeführt werden. Erst mit der Erfindung des Haber-Bosch-Verfahrens im Jahr 1910 (Ammoniaksynthese) und des Ostwald-Verfahrens (Oxidation des Ammoniaks zu Salpetersäure, dem Ausgangsstoff von Nitraten) wurde es im industriellen Maßstab möglich, den reaktionsträgen elementaren Stickstoff aus der Luft in reaktive, pflanzenverfügbare Verbindungen umzuwandeln und sogenannte Mineraldünger („Kunstdünger“) herzustellen. Der verbreitete Einsatz mineralischer Düngemittel war eine der Voraussetzungen für die enormen Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg und trug damit dazu bei, Hunger und Mangel der Kriegs- und Nachkriegsjahre zu überwinden.

Vor der Haber-Bosch-Synthese war zum Beispiel der Chile-Salpeter oder Guano als Düngemittel gebräuchlich, der in Südamerika aus den Ausscheidungen von Seevögeln gewonnen wurde.

„Gott segn' euch, ihr trefflichen Vögel an der fernen Guanoküst' – Trotz meinem Landsmann, dem Hegel*, schafft ihr den gediegensten Mist!“
(Joseph Viktor von Scheffel, 1826 – 1886)

*Der Philosoph Hegel war bekannt für seine sprichwörtliche anti-amerikanische Einstellung.



Die Intensivierung der landwirtschaftlichen Stickstoffdüngung hat jedoch zu einem Stickstoffüberschuss in der Umwelt geführt, der – wie bereits dargestellt – eine Reihe negativer Wirkungen mit sich bringt. Maßnahmen zur Verbesserung der N-Effizienz in der Landwirtschaft müssen daher weiterentwickelt und umgesetzt, Stickstoffüberschüsse sollen zurückgefahren und Nährstoffausträge minimiert werden.

Dabei stellt sich die Situation regional sehr unterschiedlich dar, denn mineralischer Stickstoffdünger kostet Geld und wird daher im Allgemeinen gezielt und effizient eingesetzt. Reine Pflanzenbaubetriebe (Marktfruchtbetriebe) weisen meist niedrige Stickstoffüberschüsse je Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche auf. Ausnahmen sind hier vor allem Sonderkulturen wie der intensive Gemüsebau am Oberrhein und in der Köln-Aachener Bucht. Problematisch sind vor allem solche Regionen, in denen eine räumlich konzentrierte Intensiv-Tierhaltung stattfindet (sog. Veredlungsregionen). Dazu zählen vor allem Regionen in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen. Dort werden die anfallenden Mengen an tierischem Kot und Harn (Gülle) oft über den zur Pflanzenernährung erforderlichen Bedarf hinaus ausgebracht. Die durch Stickstoff verursachten Umweltprobleme sind in diesen Regionen daher am höchsten.

Bevor die Haber-Bosch-Synthese erforscht war, nutzte man Guano – also Ausscheidungen von süd-amerikanischen Seevögeln – als Düngemittel.



Maßnahmen zur Erhöhung der N-Effizienz

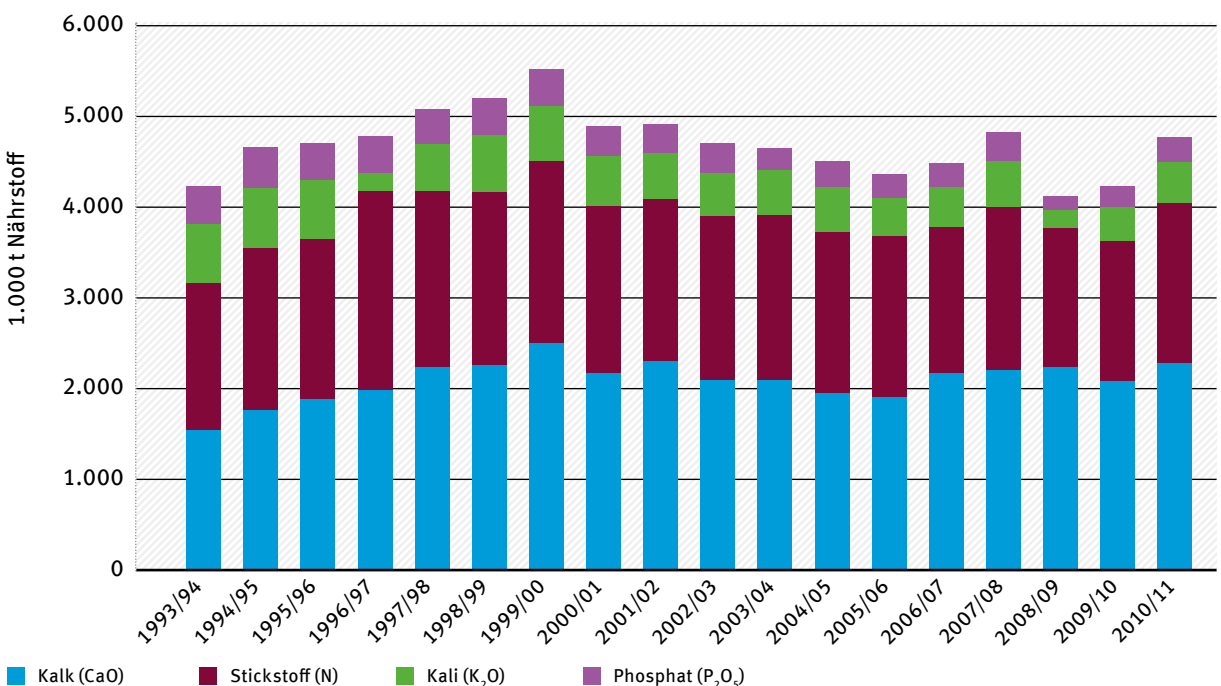
- Präzisionslandwirtschaft: Verbesserte Düngeprognose (verschiedene Verfahren wie Nmin und Elektro-Ultrafiltration); Ausrichtung geteilter Düngergaben am gegenwärtigen Pflanzenbedarf (Einsatz von N-Sensoren, die den Chlorophyllgehalt bestimmen und daraus den aktuellen Stickstoffbedarf der Kultur errechnen); teilflächen-/teilschlagspezifische Bewirtschaftung auf der Grundlage hochaufgelöster Boden- und Ertragskarten
- optimales Management und Verwertung der vorhandenen Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft (Gülle, Mist) ausschließlich unter pflanzenbaulichen Gesichtspunkten (keine Abfall-Beseitigung) einschließlich verlustarmer Ausbringung mit modernem Gerät und sofortiger Einarbeitung in unbestellte Böden
- Optimierung von Fruchtfolgen und verbesserte Berücksichtigung von Stickstoff-Nachwirkungen (z. B. von Raps)
- Vermeidung längerer Schwarzbrachezeiten, Flächenbegrünung, Anbau von Zwischenfrüchten zur Vermeidung der N-Auswaschung („Catch Crops“)
- Humuspflege und standortangepasste Bodenbearbeitung für eine optimale Struktur und gute Durchwurzelbarkeit der Böden. Dadurch können die Pflanzen vorhandene Nährstoffvorräte im Boden besser und auch in tieferen Schichten erschließen
- weiterer züchterischer Fortschritt und Sortenanpassung an den jeweiligen Standort
- Weiterentwicklung nährstoffeffizienter Anbauverfahren (z. B. Streifenbearbeitung mit Unterflurdüngung; Depotdüngung; CULTAN etc.)

Voraussetzungen für die flächendeckende Umsetzung von Maßnahmen zur Erhöhung der N-Effizienz sind ein hoher Ausbildungsstand der Akteure, ergänzt durch eine hochqualifizierte Beratung sowie eine praxisorientierte Agrarforschung nebst effizienter Umsetzung ihrer Ergebnisse in die Praxis. Ferner sind unter gewissen Aspekten die Qualitätsanforderungen

an landwirtschaftliche Produkte zu überprüfen. Die Forderung nach 14 % Eiweißgehalt (Kleber) bei Brotweizen (sonst Abstriche beim Preis) löst oft eine umweltseitig problematische späte Stickstoffdüngergabe aus. Angesichts moderner Backtechnologie erscheint diese Zielmarke fachlich umstritten und revisionsbedürftig.

Abbildung 1

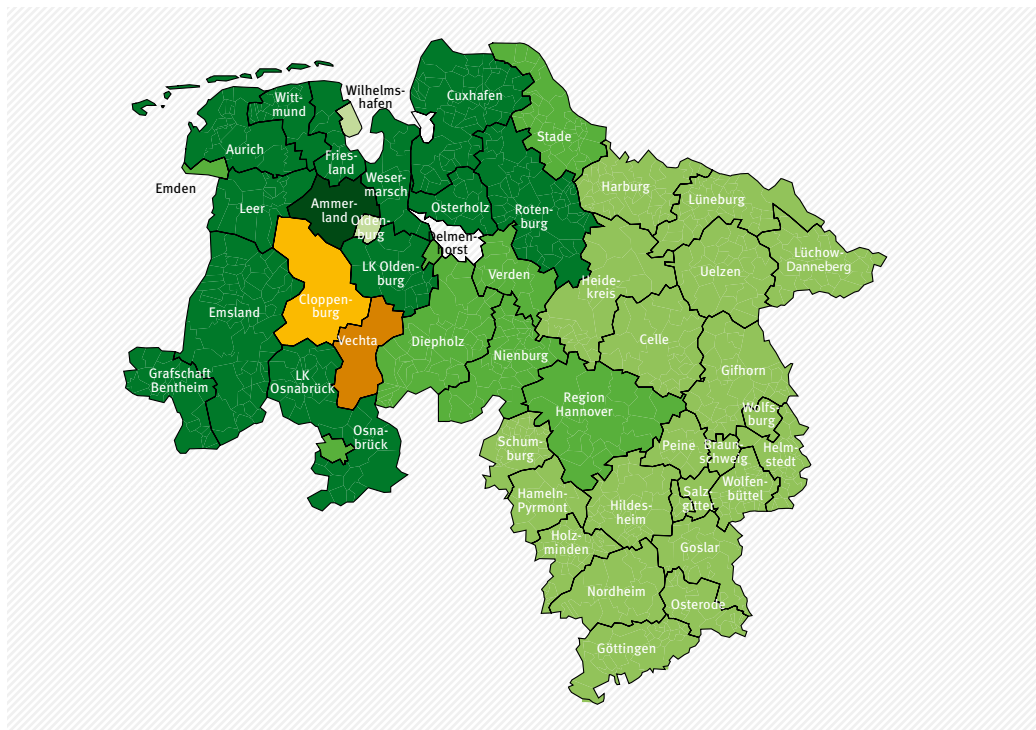
Entwicklung des Inlandsabsatzes von mineralischen Düngemitteln



Quelle: BMELV

Abbildung 2

Stickstoff-Saldo aus organischen Düngern



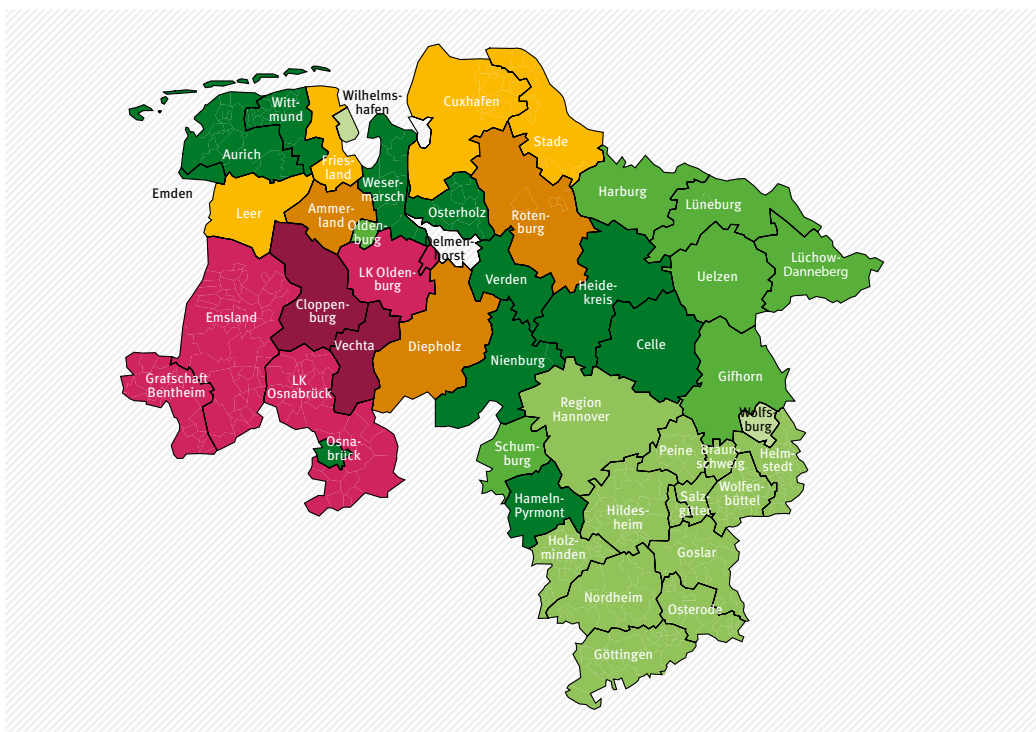
N-Obergrenze 170 kgN/ha

- unter 40
- 40 bis unter 80
- 80 bis unter 120
- 120 bis unter 160
- 160 bis unter 170
- 170 bis unter 180
- 180 und mehr

Quelle: DLG-Mitteilungen 3/2014

Abbildung 3

Phosphat-Saldo aus organischen Düngern



Saldo für Niedersachsen Ø 8,2 kg P₂O₅/ha

- -80 bis unter -60
- -60 bis unter -40
- -40 bis unter -20
- -20 bis unter -5
- -5 bis unter 0
- 0 bis unter 20
- 20 bis unter 40
- 40 und mehr

Quelle: DLG-Mitteilungen 3/2014

Gemeinsame Agrarpolitik schöpft Handlungsspielraum nicht aus

Die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU setzt den politischen Förderrahmen für die Landwirtschaft in den Mitgliedstaaten. Viele auch für deutsche Bauern wichtige Entscheidungen fallen in Brüssel und nicht mehr in Berlin.

Die GAP besteht derzeit aus zwei Säulen. Die erste Säule umfasst die Direktzahlungen an landwirtschaftliche Betriebe („Subventionen“) sowie Elemente der Marktordnung (im Wesentlichen ein Sicherheitsnetz gegen allzu heftige Preisschwankungen). Die zweite Säule betrifft Maßnahmen zur Förderung der ländlichen Entwicklung.

Der Erhalt von Direktzahlungen (erste Säule) ist in seinem Basisteil (70 % der Zahlung) unter anderem an Verpflichtungen aus dem Bereich des Umweltschutzes gebunden („Cross Compliance“), die mehr oder weniger die gute fachliche Praxis abbilden. Hinzu kommt (mit einem Anteil von 30 % der Zahlung) seit 2015 das sogenannte Greening, welches Auflagen enthält, die über die gute fachliche Praxis hinausgehen. Dazu gehören die Anbaudiversifizierung, der Erhalt des Dauergrünlands und die Bereitstellung von 5 % (ab 2018 voraussichtlich 7 %) ökologischer Vorrangflächen auf der Ackerfläche. Zur ländlichen Entwicklung (zweite Säule) gehören unter anderem die Agrar-Umweltklimaprogramme einschließlich der Förderung des Ökolandbaus.

Die GAP beeinflusst den Faktoreinsatz, also auch den zu Düngezwecken in der Landwirtschaft eingesetzten Stickstoff erheblich. Früher setzte die GAP direkte Anreize für einen hohen Stickstoffeinsatz, indem sie Produktpreise stützte und Zahlungen an die produzierte Menge koppelte. Seit dem Jahr 2000 wurden die Direktzahlungen in Deutschland jedoch umgestellt. Sie sind nun an die Fläche gebunden, unabhängig davon, was und wie viel darauf angebaut wird, da dies der Markt regeln soll. Mit dieser Entkopplung sollte der Druck zur Intensivierung verringert werden. Die Daten über den Mineraldüngerabsatz in Deutschland zeigen, dass der bis zum Jahr 2000 steigende Trend gestoppt und in einen allerdings sehr geringfügig sinkenden Trend umgekehrt wurde.

Gegen den hohen Nährstoffanfall in der (oft flächenarmen) Intensivtierhaltung half die neu eingeführte Flächenbindung der Direktzahlungen nicht. Die Veredlungsstandorte sind nach

wie vor durch hohe Überschüsse bei Stickstoff (N) und Phosphor (P) gekennzeichnet. In letzter Zeit kommen weitere Überschüsse durch die Gärreste aus der Biogas-Produktion hinzu, die ebenfalls auf landwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht werden. Die in der Novellierung befindliche Düngeverordnung muss auch hier strenge Maßstäbe anlegen und wirksamer vollzogen werden.

Mit dem Greening soll unter anderem ein wirksamer Dauergrünlandschutz erreicht und dem abnehmenden Trend der letzten Jahre entgegengewirkt werden. Bei Grünlandumbrüchen wird immer sehr viel Humus abgebaut, dabei freigesetzte überschüssige Nährstoffe versickern teilweise ins Grundwasser. Ein effizienter Grünlandschutz wirkt somit zumindest einer weiteren Erhöhung der Nitrateinträge entgegen. Eine weitere Greening-Anforderung ist die Erbringung von ökologischen Vorrangflächen auf Ackerland. Mit niedrigerer Gewichtung werden hierbei auch Zwischenfrüchte und Untersaaten anerkannt. Damit soll ansonsten versickerungsfähiges Nitrat über die winterliche Sickerwasserperiode hinweg in der Pflanzendecke gehalten („catch crops“), das Grundwasser geschützt und die Stickstoffeffizienz erhöht werden. So werden Einsparungen bei der Frühjahrsdüngung ohne Ertragseinbußen möglich.

Über die zweite Säule der GAP können Maßnahmen zur ländlichen Entwicklung gefördert werden. Aus Programmen der Länder und ko-finanziert durch die EU werden im Rahmen der ländlichen Entwicklung freiwillige Agrar-Umwelt Klimamaßnahmen gefördert – etwa extensives Grünland oder Ackerrandstreifen – einschließlich der Beibehaltung und Umstellung auf den ökologischen Landbau. Insbesondere letzterer muss sehr effizient mit Stickstoff umgehen, da im Gegensatz zum konventionellen Landbau eine mineralische Stickstoffdüngung nicht erlaubt ist. Das Grundwasser unter Ökobetrieben ist daher in der Regel weniger mit Nitrat belastet. Manche Wasserversorger setzen ganz bewusst auf den Ökolandbau in ihren Wassergewinnungsgebieten, etwa die Wasserversorgung München im Mangfalltal oder die Wasserwerke Leipzig mit ihrem Wassergut Canitz.

Das Förderspektrum reicht vom Stickstoffmanagement bis hin zur Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern (Gülle, Jauche und Mist). Die zweite Säule ist jedoch notorisch unterfinanziert. Dabei besteht die Möglichkeit Mittel aus der ersten in die zweite Säule umzuschichten, diese wird aber nicht voll genutzt:

Das EU-Recht erlaubt, bis zu 15 % der Mittel umzuschichten; Deutschland begnügt sich dagegen gemäß einem Beschluss der Agrarministerkonferenz von Bund und Ländern vom November 2013 mit 4,5 %. Hier besteht aus Umweltsicht ein erhebliches Verbesserungspotenzial.

Eine Handlungsoption für jedermann: Ernährung verändern

Auch der Lebensstil beeinflusst den Eintrag von reaktivem Stickstoff in die Umwelt. Dies gilt besonders für den Bereich Ernährung, denn Produktion und Konsum von Nahrungsmitteln in Deutschland verursachen bis zu 30 % aller Umweltwirkungen, sie haben also einen bedeutenden ökologischen Rucksack. Besonders negativ wirken sich ein hoher Fleischverzehr, der Konsum nicht-saisongerechter Produkte sowie Nahrungsmittelverluste und -abfälle auf die Umwelt aus.¹⁶

Wird der Verzehr von tierischem Eiweiß verringert, werden also weniger Fleisch, Eier und Milchprodukte gegessen, so ist dies ein Beitrag zum Klima- und Umweltschutz. Pro Kilogramm Ware müssen für die Produktion tierischer

Nahrungsmittel wesentlich mehr Nährstoffe und Energie aufgewendet werden, als zur Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel. Der Kauf landwirtschaftlicher Produkte aus biologischer Produktion hat nicht nur den Vorteil, dass diese praktisch keine chemischen Rückstände enthalten. In vielen Fällen sind Bio-Produkte, auch mit einem geringerem Stickstoffeintrag in die Umwelt verbunden, da diese ohne den Einsatz von Mineraldünger auskommen.¹⁷

Es kommt aber nicht nur darauf an, was wir essen, sondern auch darauf, was wir nicht essen. Studien zeigen, dass von den pro Person jährlich rund 456 kg eingekauften Lebensmitteln rund 18 % bzw. 81 kg entsorgt werden. Mindestens die Hälfte dieser Lebensmittel hätte noch verzehrt werden können. Dadurch werden wertvolle Ressourcen verschwendet. Und zwar sowohl die zur Erzeugung der Lebensmittel eingesetzten Ressourcen wie z. B. Wasser und Energie als auch solche, die später bei der Behandlung und Entsorgung dieser Abfälle nötig sind. Welche Umweltwirkungen die Berge an Lebensmittelabfällen genau verursachen, hängt stark von der Zusammensetzung der Abfälle ab. Maßnahmen zur Vermeidung von Lebensmittelabfällen [s. dazu Beitrag „Alles,

Studien zeigen, dass von den 456 kg pro Kopf eingekauften Lebensmitteln jährlich rund 18 %, also ca. 81 kg, auf dem Müll landen.



nur kein Abfall“] sollten daher auch speziell Lebensmittel in den Blick nehmen, die aus tierischen Eiweißen hergestellt werden, da diese für Stickstoffemissionen verantwortlich sind.

Nützliche Tipps und Hinweise, wie Verbraucher Lebensmittelabfälle vermeiden können, sind wichtig, das Thema Lebensmittelverschwendung darf den Konsumenten allerdings nicht zu einseitig angelastet werden. Auch der Handel muss seine Anforderungen an Makellosigkeit, Größe und Form von Obst und Gemüse überdenken, denn häufig führen diese Vorgaben dazu, dass verzehrfähige Nahrungsmittel auf dem Acker verbleiben, weil sie die handelsüblichen Kriterien nicht erfüllen. Verschiedene Initiativen setzen sich dafür ein, dass auch Nahrungsmittel, die nicht dem gewohnten „Standard-Design“ entsprechen, Wertschätzung als verzehrfähige Nahrungsmittel erhalten.¹⁸

Ein wichtiger Ansatzpunkt ist und bleibt, diese Wertschätzung zu steigern und einer Entwertung entgegenzuwirken. Dies kann dadurch gelingen, vorhandene Informationen und Kenntnisse auch praktisch mit allen Sinnen erfahrbar zu machen. So können z. B. Kinder

Besonders negative Auswirkungen auf den Eintrag von reaktivem Stickstoff in die Umwelt haben: ein hoher Fleischverzehr, der Konsum nicht-saisongerechter Produkte sowie Nahrungsmittelverluste und -abfälle.

und Jugendliche auf dem Acker selbst „Hand anlegen“¹⁹ und auf diese Weise eine andere Beziehung zu Nahrungsmitteln und zum Thema Ernährung insgesamt entwickeln.

Einen Beitrag zur Überwindung zunehmender Entfremdung von unseren Lebensmitteln und ihren Ursprüngen leisten die zahlreichen Initiativen des Urban Gardening sowie städtischer Lebensmittelproduktion im „Kleinstformat“. Auch Initiativen gemeinschaftsgetragener solidarischer Landwirtschaft erfreuen sich zunehmender Beliebtheit.²⁰





Auf der Suche nach einer integrierten Strategie

Im Bewusstsein der Öffentlichkeit und der Politik wächst die Erkenntnis, dass die Überdüngung der Umwelt nicht nur Brennnesseln besser wachsen lässt, sondern erhebliche lokale und globale Auswirkungen hat, die aquatische und terrestrische Ökosysteme, aber auch die menschliche Gesundheit betreffen. Es ist keine Lösung, Wasser so aufzubereiten, dass es trinkbar ist. Ziel muss es sein, Wasser und Boden, sowohl als Ökosysteme wie auch als Ressourcen, nachhaltig zu schützen. Die rechtlich vorgeschriebenen Grenzwerte bilden die wesentliche Grundlage für diesen Schutz.

Die Notwendigkeit, den reaktiven Stickstoff in der Umwelt zu mindern, hat mittlerweile Eingang in zahlreiche internationale Abkommen gefunden, die den Erhalt einzelner Schutzgüter zum Ziel haben: Genannt wurden hier bereits OSPAR, HELCOM, CLRTAP, die CBD und nicht zuletzt das Kyoto-Protokoll. Dabei besteht allerdings die Gefahr, dass Stickstoff immer nur als ein Risiko unter vielen gesehen wird. Eine Koordinierung und damit auch Priorisierung der wichtigsten Schritte wird so erschwert.

Verschiedene europäische und weltweite Netzwerke von Wissenschaftlern und politiknahen Akteuren machen mittlerweile verstärkt auf die eng verknüpften Zusammenhänge aufmerksam und versuchen überregionale und medienübergreifende Lösungsansätze zu entwickeln. Im Jahre 2002 wurde die globale Internationale Stickstoff Initiative (INI) gegründet, deren fünf regionalen Zentren auf den fünf Kontinenten die Entwicklung regionaler Lösungsansätze und deren Integration in eine gemeinsame Strategie fördern.

Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen betont in seinem Sondergutachten zum Thema Stickstoff²¹ die Forderung nach einer nationalen integrierten Strategie. In einer solchen Strategie sollen stickstoffrelevante Umweltziele gebündelt sowie bestehende Maßnahmen und Regelungen zur Stickstoffminderung evaluiert, zusammengeführt und priorisiert werden. Die Umsetzung soll durch ein ambitioniertes Maßnahmenprogramm und regelmäßige Überprüfung der Zielerreichung unterlegt werden. Das Umweltbundesamt unterstützt diese Sichtweise. Dabei sind Kosteneffizienz und die Minderungen möglichst am Anfang der Stickstoffkaskade wichtige Kriterien um die dringendsten Maßnahmen zu identifizieren.

Fazit

Reaktiver Stickstoff verursacht in Form unterschiedlicher chemischer Verbindungen zahlreiche Umwelt- und Gesundheitsprobleme. Dem kann nur durch einen integrierten Ansatz begegnet werden, der alle Verursacher mit einbezieht und eine konsequente Reduzierung der Einträge bewirkt.

Da reaktiver Stickstoff vor allem aus Verbrennungsprozessen und landwirtschaftlichen Aktivitäten stammt, liegt hier das größte Verbesserungspotential. Beim Einsatz fossiler Energieträger zur Stromerzeugung sind technische Minderungsoptionen weitestgehend ausgeschöpft. Die Wende hin zu den regenerativen Energiequellen Wind und Sonne wird aber wesentlich zur Minderung der Stickoxidemissionen aus diesem Industriesektor beitragen. Auch jeder einzelne kann etwas tun: Benzin-

motoren emittieren deutlich weniger Stickoxide als Dieselfahrzeuge und eine fleischarme Ernährung ist mit erheblich weniger Einträgen reaktiven Stickstoffs in die Umwelt verbunden.

All diese Schritte werden aber noch keinen zufriedenstellenden Umweltzustand herstellen, wenn die Landwirtschaft nicht mitzieht. Sie ist der größte Verursacher mit dem höchsten Minderungspotential. Dabei bedarf es neben einem geänderten Management bspw. bei der Fütterung und der Düngerausbringung auch struktureller Änderungen: Für die bei der Intensivtierhaltung entstehende Gülle muss eine entsprechend große landwirtschaftliche Fläche zur Ausbringung zur Verfügung stehen. In einzelnen Regionen sind dabei die maximal verträglichen Tierzahlen derzeit deutlich überschritten. Die Förderung der Gemeinsamen Agrarpolitik bietet weitere Stellschrauben, um dem Stickstoffproblem zu begegnen – sie müssen im Rahmen der nationalen Spielräume aber konsequent genutzt werden, damit wir möglichst bald sagen können: Nitrat im Grundwasser, Algenteppiche an der Küste und Gesundheitsrisiken aufgrund schlechter Atemluft – das war gestern.

● **Verantwortlich für den Text:**

Ulrich Irmer
Leiter II 2 „Wasser und Boden“
Marion Wichmann-Fiebig
Leiterin II 4 „Luft“

Beteiligte Fachgebiete:

I 3.6 – Ländliche Entwicklung und Landwirtschaft
II 2.3 – Meeresschutz
II 2.4 – Binnengewässer
II 4.1 – Grundsatzfragen der Luftreinhaltung
II 4.3 – Luftreinhaltung und terrestrische Ökosysteme
III 1.5 – Kommunale Abfallwirtschaft, Gefährliche Abfälle, Anlaufstelle Basler Übereinkommen

Alles, nur kein Abfall

Wie die moderne Kreislaufwirtschaft gelingt

Der weltweit zunehmende Konsum macht es notwendig, beim Umgang mit natürlichen Ressourcen umzudenken. Maßgebliche Beiträge zur Ressourcenschonung liefert eine Kreislaufwirtschaft, die alle Aspekte vom Produktdesign, über nachhaltige Produktions- und Konsumweisen bis zum Recycling ganzheitlich integriert.

Seite 38–57

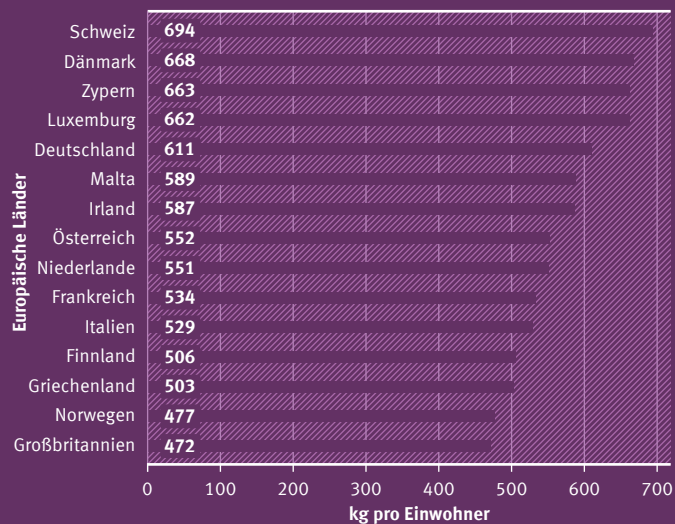
.....

ENDNOTEN

- 1 Fowler, D., Pyle, J. A., Raven, J. A., and Sutton, M. A. (2013). The global nitrogen cycle in the twentyfirst century: Papers of a Discussion Meeting organised and edited by David Fowler, John A. Pyle, John A. Raven and Mark Sutton. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 368.
- 2 Sala, O. E., Chapin Iii, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., and Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287, 1770-1774.
- 3 IPCC (2013). „Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.“ Cambridge University Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 4 Umweltbundesamt (2014). Reaktiver Stickstoff in Deutschland. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/reaktiver-stickstoff-in-deutschland>
- 5 Eichler, F., and Schulz, D. (1998). The nitrogen reduction programme in the Federal Republic of Germany. Environmental Pollution 102, 609-617.
- 6 Rockström, J., et al (2009): Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Ecol. Soc. 14, 32.
- 7 Carstensen; J.; Andersen, J.H.; Gustafsson, B.G.; Conley, D.J. (2014): Deoxygenation of the Baltic Sea during the last century. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, Band 111, Ausgabe 15, Seiten 5628-5633
- 8 EMEP (2014): Atmospheric supply of nitrogen, lead, cadmium, mercury and dioxins/furans to the Baltic Sea in 2014. EMEP Centres Joint Report for HELCOM, EMEP/ MSC-W Technical Report 2/2014
- 9 Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2012). „Daten zur Natur 2012.“ BfN, Bonn.
- 10 Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2001 über nationale Emissionshöchstmenge für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie)
- 11 Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24.11.2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung der Umweltverschmutzung) (Neufassung)
- 12 Link zur „Luftqualität 2014“
- 13 <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>
- 14 <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bestandsaufnahme-wirksamkeit-von-massnahmen-der>
- 15 <http://www.theicct.org/real-world-exhaust-emissions-modern-diesel-cars>
- 16 Meier, Umweltschutz mit Messer und Gabel, Der ökologische Rucksack der Ernährung in Deutschland, München 2014
- 17 UBA, Stickstoff, Zuviel des Guten!, S. 35
- 18 <http://www.culinarymifits.de/>; <http://www.geniesstuns.de/>
- 19 Hartkemeyer/Guttenhöfer/Schulze (Hrsg.), Das pflügende Klassenzimmer, München 2014
- 20 Stierand, Speiseräume. Die Ernährungswende beginnt in der Stadt, München 2014
- 21 SRU: Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem, Januar 2015

Was ist Abfall?

Siedlungsabfallaufkommen pro Kopf, 2012



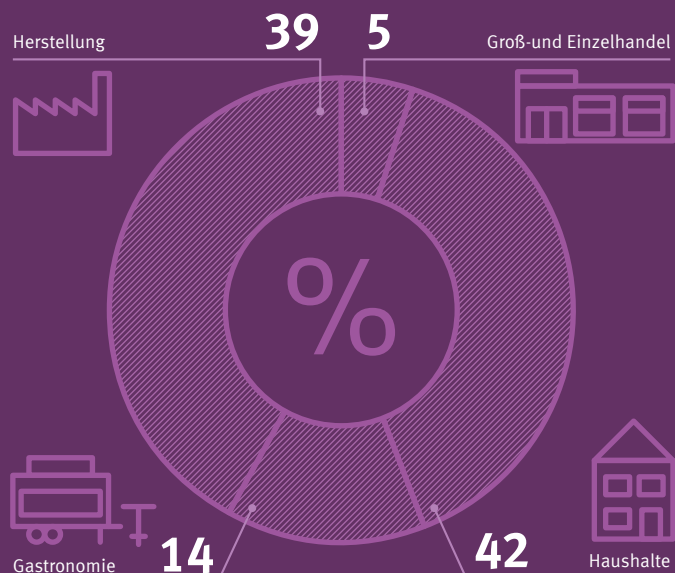
Haushaltstypische Siedlungsabfälle Deutschlands, 2013

Angaben in 1000 t

Haushaltstypische Siedlungsabfälle



Was sind die Ursachen für Lebensmittelabfälle in Europa 2010, Angaben in Prozent



New York

Hauptverursacher



456 kg LM verbrauchen ca. 3 t CO₂, das entspricht einem Flug von Frankfurt nach New York und zurück pro Kopf/Sitzplatz

Lebensmittelverbrauch

Menge an Lebensmitteln die jeder Bürger im Jahr einkauft.

Flächenverbrauch der Lebensmittel

Die Erzeugung unserer Lebensmittel beansprucht landwirtschaftliche Nutzfläche.

Wasserverbrauch und Emissionen

Anbau und Herstellung unserer Lebensmittel benötigen eine große Menge Wasser und verursachen Emissionen.



Auswirkung auf Mensch und Umwelt

Bodenerosion

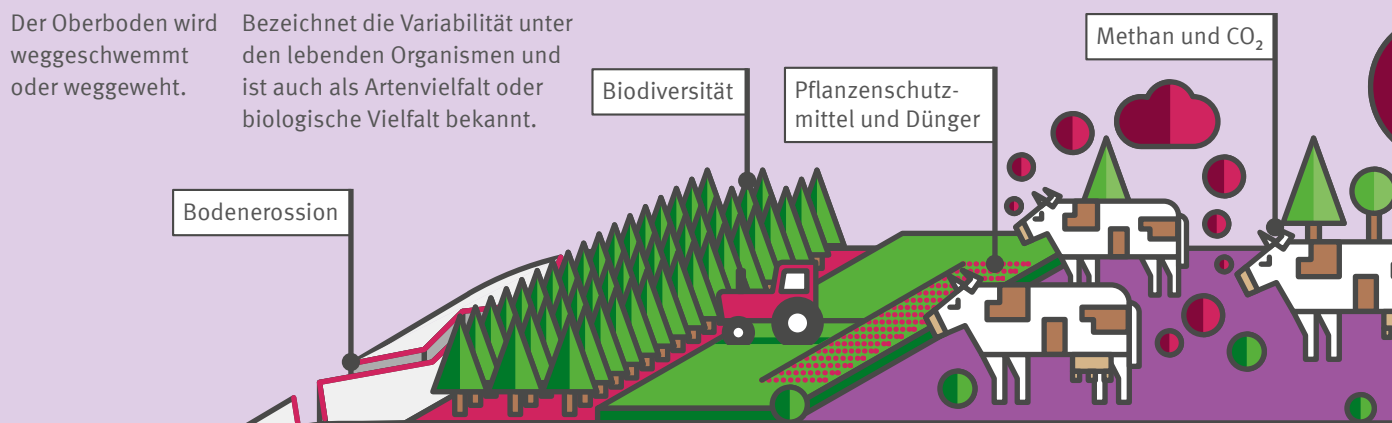
Der Oberboden wird weggeschwemmt oder weggeweht.

Biodiversität

Bezeichnet die Variabilität unter den lebenden Organismen und ist auch als Artenvielfalt oder biologische Vielfalt bekannt.

Treibhausgase

2,3 Tonnen Treibhausgase verursachen wir pro Kopf und Jahr durch die von uns verzehrten Lebensmittel.



Was kann ich tun?

Den Einkauf planen

Was möchte ich essen?
Was brauche ich dafür?

Saison von Obst und Gemüse beachten

Richtig Einkaufen

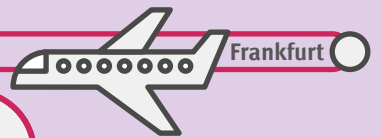
Kurs halten gegen verführerische Angebote und Großpackungen.

Mindesthaltbarkeitsdatum bzw. Verbrauchsdatum beachten

Nach Maß einkaufen

Einkaufsliste schreiben/ Planungstools nutzen





Frankfurt



81 kg Lebensmittel

werden jährlich pro Kopf wegge-
worfen

Zu gut für die Tonne
Gut die Hälfte der Lebensmittel, die wir wegwerfen, hätte nicht zu Abfall werden müssen.

Back- und Teigwaren

Milchprodukte

Fleisch und Fisch

Obst und Gemüse

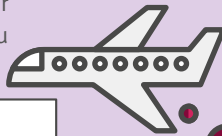
Speisereste

Getränke

Umweltauswirkung

Produktion und Konsum unserer Lebensmittel verursachen bis zu 30% aller Umweltwirkungen.

Ca. 20% der Treibhausgase entstehen durch unsere Ernährung



Zu Hause

Lebensmittelschätze richtig lagern und regelmäßig kontrollieren. Beim Probieren den eigenen Sinnen vertrauen. Mit Resten kreativ kochen und neue Lieblingsgerichte entdecken.

Richtig kühlen

Richtig lagern

Zu Hause kochen und essen

Essensreste verwerten

Nach Maß kochen

Einfrieren

Müll trennen

Zukünftig

Kleine Kniffe können eine große Wirkung haben, wenn alle mitmachen.

Abfall vermeiden

um
59%

kann der LM-Abfall durch einfache Mittel gesenkt werden



Die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland ist seit langem geprägt von steigender industrieller Produktion und mehr Dienstleistungen. Damit gehen natürlich Umweltbelastungen einher, die sich aber in vielen Bereichen reduzieren oder eindämmen ließen, weil sich die Umwelttechnik weiter entwickelte, die Betriebe selbst etwas für den Umweltschutz in Unternehmen taten und mit Energie und Rohstoffen effizienter umgingen.

Weil die Produktmengen aber anstiegen, sich gleichzeitig die Produktvielfalt vergrößerte sowie Produktion zunehmend ins Ausland verlagert wurde, sind viele der Erfolge im Umweltschutz in Deutschland gesamtwirtschaftlich wieder aufgezehrt oder sogar überkompensiert worden. Ein Beispiel sind elektrisch betriebene Geräte, die zwar pro Gerät deutlich effizienter wurden, gleichzeitig wurden aber auch viel mehr Geräte gekauft. Effizienzgewinne gehen so wegen der Menge an Geräten verloren oder fallen nicht mehr so groß aus.

Würden die Produktions- und Konsummuster der industrialisierten Welt zukünftig von mehr als neun Mrd. Menschen übernommen, wäre das für Natur und Umwelt mit katastrophalen Folgen weltweit verbunden.¹ Es reicht daher nicht, wenn die Rohstoffproduktivität und die Beanspruchung von Umwelt und Natur relativ pro Wirtschaftsgut sinken – der Ressourcenverbrauch muss absolut sinken, also vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden.

Das von der Bundesregierung verabschiedete Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) hat dazu ein zentrales Ziel formuliert: Ressourcenverbrauch und die damit verbundenen Umweltbelastungen reduzieren und so Wohlstand und Entwicklungsmöglichkeiten sichern.² Das Programm folgt dem Leitbild einer in Stoffkreisläufe eingebetteten Wirtschaft. Bessere technische Maßnahmen in jeglicher Industrieproduktion sowie Maßnahmen, die das konkrete Produkt betreffen, sollen uns ein Wirtschaften ermöglichen, das die natürlichen Ressourcen schont und möglichst verhindert, dass die Umwelt dauerhaft mit umwelt- und gesundheitsschädlichen Stoffen belastet wird.

Ganz herausragende Bedeutung dafür hat die Kreislaufwirtschaft. Kreislaufwirtschaft bedeutet, Materialien in der Produktion effizienter und sparsamer einzusetzen, Produkte umweltfreundlich zu gestalten und zu nutzen sowie Abfälle zuerst zu vermeiden oder zumindest hochwertig zu verwerten. Dazu sollte in sogenannten Stoffströmen gedacht werden, die Rohstoffe und die daraus hergestellten Produkte über ihren gesamten Lebenszyklus in den Blick nehmen: Das beginnt beim Abbau etwa von Edelmetallen oder seltenen Erden für unsere Handys bis hin zum Recycling des Produktes.

Das von der Bundesregierung verabschiedete Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) hat ein zentrales Ziel formuliert: Den Ressourcenverbrauch und die damit verbundenen Umweltbelastungen reduzieren und so Wohlstand und Entwicklungsmöglichkeiten sichern.

Der Blick richtet sich auch nicht nur auf die in Deutschland vorgenommenen Produktions- und Nutzungsphasen, sondern erfasst die gesamte globale Wertschöpfungskette.

Damit Stoffe möglichst ressourcenschonend genutzt werden, müssen die in Produkten enthaltenen Materialien möglichst in einem Materialkreislauf gehalten, dabei aber eine Anreicherung von Schad- und Störstoffen verhindert werden. Kreislaufwirtschaft ist dann erfolgreich, wenn es gelingt, möglichst wenige Abfälle zu produzieren, die aus ökologischen Gründen nicht mehr verwendet werden können.

Mit Umsetzung der europäischen Abfallrahmenrichtlinie in das Kreislaufwirtschaftsgesetz wurde eine fünfstufige Abfallhierarchie umgesetzt. Wichtige Leitplanken wurden dabei mit der Ausrichtung auf Abfallvermeidung, der Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling gesetzt. Hierzu trägt auch die Produktverantwortung der Hersteller bei, etwa für Verpackungen oder Elektro- und Elektronikgeräte. Diese überträgt den Herstellern die Verantwortung, dass deren Produkte nach Verwendung umweltverträglich und hochwertig verwertet bzw. gemeinwohlverträglich beseitigt werden.

Von Vorne gedacht: Abfälle vermeiden

Die Kreislaufwirtschaft in Deutschland war in den vergangenen Jahrzehnten erfolgreich, sie verfügt jedoch noch über großes Potenzial zur Weiterentwicklung. Das jährliche Abfallaufkommen stagnierte bzw. stieg in den letzten Jahren sogar wieder leicht an. Das hat verschiedene Gründe. Einmal gibt es eine größere Produktvielfalt, immer kürzere Innovationszyklen, insbesondere bei technischen Geräten, sowie häufig wechselnde Modetrends. Das führt zu immer schnellerem Neukauf von Produkten wie Elektrogeräten oder Textilien. Und nach wie vor werden in Deutschland pro Kopf und Jahr immer noch ca. 81 Kilogramm Lebensmittel zu Abfall (von den 456 Kilogramm Lebensmitteln, die zuhause konsumiert werden).

Der ökologische Rucksack unserer Lebensmittel

Lebensmittel haben einen bedeutenden ökologischen Rucksack: Anbau und Ernte, Transport, Einkauf und Beseitigung verbrauchen Wasser, Energie und Boden. Die für die



Die Menge Lebensmittel, die eine Person in Deutschland pro Jahr einkauft, verursacht in etwa einen Flächenverbrauch von einem Drittel Fußballplatz, einen Wasserverbrauch, der 84 Badewannen entspricht, sowie Treibhausgasemissionen von drei Tonnen

Herstellung jedes Lebensmittels benötigten Ackerflächen und Wasserressourcen sind weltweit ein kostbares und knappes Gut. Die Menge Lebensmittel, die eine Person in Deutschland pro Jahr einkauft, verursacht in etwa einen Flächenverbrauch von einem Drittel Fußballplatz, einen Wasserverbrauch, der 84 Badewannen entspricht, sowie Treibhausgasemissionen von drei Tonnen – was der Menge an CO₂ entspricht, die ein Flug von Frankfurt nach New York und zurück verursacht. Hochgerechnet auf die 80 Millionen Einwohner Deutschlands sind die Umweltbelastungen immens.

Wer Lebensmittel bedarfsgerecht einkauft und Abfälle vermeidet, leistet einen maßgeblichen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz. Kaum irgendwo sonst ist Abfallvermeidung so zum Greifen nahe wie bei Lebensmitteln. Lebensmittelabfälle entstehen auf allen Stufen der Produktion und ihres Konsums. Schon bei der ersten Stufe, der landwirtschaftlichen Erzeugung von Lebensmitteln, verbleiben verzehrfähige Nahrungsmittel auf dem Acker, wenn sie nicht handelsübliche Vorgaben an Form, Größe und Aussehen erfüllen – obwohl sie genauso schmackhaft und essbar sind.

Erhebliche Mengen an Lebensmittelabfällen entstehen aber auch in der „Konsumphase“. Die Abfallbilanz von Restaurants, Kantinen und bei Veranstaltungen mit Catering sieht da nicht besonders gut aus: Im so genannten „Außer-Haus-Konsum“ wird nämlich gut ein Drittel der bereitgestellten Lebensmittel vorzeitig entsorgt: Pro Person werden jährlich 70,47 kg Lebensmittel in Restaurants, Großküchen oder bei Veranstaltungen bereit gehalten. Davon landen aber 23,6 kg bzw. 33 Prozent vorzeitig im Abfall. Die Gründe hierfür sind vielfältig, zum Beispiel ein zu großzügiges Kalkulieren der Teilnehmerzahl einer Veranstaltung verbunden mit dem fehlendem Anreiz, besser zu planen, da das Essen ja bereits bezahlt wurde.

Zum Glück gibt es positive Ansätze. Etwa die freiwilligen Zusagen von Lebensmitteleinzelhandel und Gastronomie zur Reduktion von Lebensmittelabfällen. Sie sind auch im Abfallvermeidungsprogramm des Bundes unter Beteiligung der Länder genannt und sollten möglichst schnell umgesetzt werden. Insbesondere sollten rechtliche Standards und Handelsnormen über das Aussehen und die Form von Lebensmitteln gelockert werden. Ferner sind Vorschriften zu hinterfragen, die die Weitergabe von essbaren Lebensmitteln unnötig erschweren.



Bitte nicht missverstehen: Mindesthaltbarkeit und Verbrauchsdatum

Ganz praktisch lassen sich Lebensmittelabfälle vermeiden, wenn das Mindesthaltbarkeitsdatum auf Joghurt oder der Milch nicht als „Verfallsdatum“ missverstanden wird. Wenn die Milch trotz Ablauf der Mindesthaltbarkeit nicht riecht oder sauer ist, kann man sie gefahrlos trinken. Verlassen Sie sich ruhig auf Ihre geschulten Sinne! Leicht verderbliche tierische Produkte wie Fisch oder Fleisch, die mit einem Verbrauchsdatum gekennzeichnet sind, gehören allerdings in den Abfall, wenn das Verbrauchsdatum überschritten ist.

Lassen Sie sich nicht von Sonderangeboten und (zu großen) Familienpackungen verführen, sondern kaufen Sie geplant und nicht zu viel ein. Die richtige Lagerung im Kühlschrank hält die Ware länger frisch. Und mit kreativen Rezepten wird die Resteverwertung am Ende zu einem Geschmackserlebnis. Viele Speisen können Sie auch am nächsten Tag noch aufwärmen oder für neue Mahlzeiten verwerten. Alternativ lassen sich Essensreste auch einfrieren.

Wenn man bereits gekaufte Lebensmittel selber nicht verzehren kann, z. B. weil ein spontaner Urlaub ansteht, kann man Lebensmittel auch an Freunde, Bekannte oder Nachbarn verschenken. Dies ermöglichen Portale wie „foodsharing“, auf denen man Lebensmittel „nehmen“ und „geben“ kann. Tatsächlich verdorbene Lebensmittel gehören in die Biotonne.

Moderne Produkte – umweltgerechtes Design

Die Produktgestaltung ist der Schlüssel, um Umweltwirkungen zu mindern, die Produkte entlang ihres gesamten Lebensweges haben. Umweltschutzbezogene Designkriterien sollten als gleichrangiges Prinzip neben den praktischen, ökonomischen und rechtlichen Anforderungen in der Gestaltung verankert werden. Produktdesign muss vor allem Ansätze verfolgen, die die Lebensdauer von Produkten erhöhen, diese einfacher reparierbar und recyclebar machen. Mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ und dem Bundespreis Ecodesign gibt es zwei wichtige Ansätze, um umweltfreundliche Produkte auch für Konsumenten transparenter zu machen.

Deutschlands bekanntestes Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ legt in vielen Produktgruppen das Augenmerk auf Langlebigkeit und Reparaturfreundlichkeit. So wird der Blaue Engel für Drucker nur verliehen, wenn Ersatzteile mindestens fünf Jahre verfügbar sind. Der Blaue Engel stellt auch Garantieforderungen, die über gesetzliche Vorgaben zur Gewährleistung hinausgehen, und er fordert die Vorhaltung von Ersatzteilen nach Vermarktungsende. Das schont die Umwelt. Denn mit jedem vorzeitig ausgefallenen Produkt gehen auch seine Herstellungsenergie und viele Roh-



stoffe verloren. Wer Produkte mit dem Blauen Engel kauft, schützt sich auch vor kostspieligen Neuanschaffungen.

Der Bundespreis Ecodesign, ein Wettbewerb für ökologische Produktgestaltung, zeichnet seit 2012 Waren, Konzepte und Dienstleistungen aus, die über den gesamten Lebensweg eines Produktes von höchster gestalterischer und ökologischer Qualität sind. Um die Einreichungen zu bewerten wurde eine Kriterienmatrix erstellt, in welcher alle im Designprozess relevanten Umweltaspekte über den gesamten Lebensweg eines Produktes zusammengefasst sind. Dabei sind auch Aspekte der Abfallvermeidung und eines entsorgungsgerechten Designs berücksichtigt.³ Im Jahr 2014 wurde unter anderem eine Rezyklat-Initiative für ihren

innovativen Ansatz prämiert, 20 bis 40 Prozent Alt-Kunststoffe (PET – Polyethyltherephthalat) aus der getrennten Wertstoffsammlung für Verpackungen (Flaschen) einzusetzen. Ein weiterer Preisträger ist die kostenlose Recyclingsuche-App eSchrott, die die Entsorgung alter Elektrogeräte schnell und einfach möglich macht, indem sie den Nutzerinnen und Nutzern die nächstgelegene Sammelstelle anzeigt.⁴ Auch in der Ausbildung von Designern, Produktentwicklern und Konstrukteuren müssen ökologische Kenntnisse für Ökodesign gefördert werden. Lehrmodule für ökologisches Design⁵ sollen deshalb die Hochschulausbildung im Design und Ingenieurwesen in Fragen des Ökodesigns unterstützen. Sie befinden sich derzeit in der Erprobung. Aspekte der Abfallvermeidung und Kreislaufwirtschaft werden Bestandteil der Lehrinhalte werden.

Neben Bildung und Information sind aber auch ordnungsrechtliche Vorgaben zur Produktgestaltung notwendig, damit kritische Rohstoffe sinnvoll im Kreislauf geführt werden. Für energieverbrauchsrelevante Produkte und darunter speziell für Elektro- und Elektronikprodukte besteht mit der Ökodesign-Richtlinie⁶ auf EU-Ebene bereits eine Regelung. Zukünftig

ist ein Materialeffizienztool zu nutzen, welches Aspekte der Produktlebensdauer, der Recyclingfähigkeit und des Rezyklatgehaltes von Kunststoffen sowie des Gehaltes an kritischen Rohstoffen untersucht. Erste Mindestanforderungen und/oder Informationsanforderungen zur Lebensdauer sind in den Durchführungsverordnungen für Haushaltslampen, Staubsauger und Notebooks festgelegt. Bei Fernsehgeräten und anderen Produktgruppen sind Anforderungen in Diskussion, die die Recyclingfähigkeit einzelner Stoffe erhöhen. Dazu gehören zum Beispiel die einfache Separierbarkeit von Komponenten, die für das Recycling besonders relevant sind, oder die Kennzeichnung von bestimmten Stoffen oder Materialien. Diese Ansätze sind künftig konsequent weiter auszubauen, auch weil häufig Edel- und Sondermetalle, die nur in Spuren eingesetzt werden, nur dann zurückgewonnen werden können, wenn der Informationsfluss über die Wertstoffinhalte zwischen Produzenten, Herstellern, Konsumenten und Entsorgern optimiert wird.

Die Reparierbarkeit von Produkten ist ebenfalls ein wichtiger Ansatz, um die Lebensdauer von Produkten zu verlängern und eine Wiederverwendung zu fördern.

Handyakkus sollte jeder wechseln können – nicht nur Experten mit Spezialwerkzeug
▼



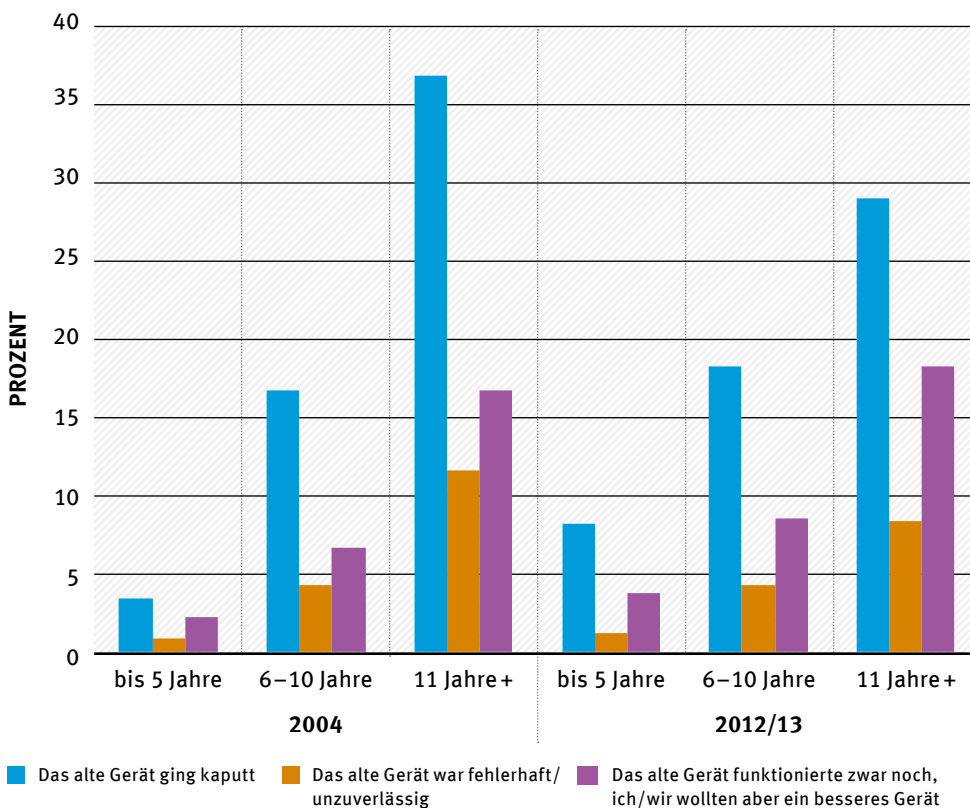
Lebensdauer von Elektro- und Elektronikgeräten

„Kaufen für die Müllhalde“⁴⁷ – unter anderem dieser Dokumentarfilm löste 2011 eine Debatte in der Öffentlichkeit und den Medien zum Thema „Obsoleszenz“ aus, also zur Frage, ob manche Hersteller ihren Produkten bewusst eine verkürzten Lebensdauer einbauen (so genannte geplante Obsoleszenz). Der Diskussion zum Thema fehlten bislang vor allem statistische Daten. Das Umweltbundesamt untersucht daher in einer Studie, welche Rolle die Obsoleszenz im breiteren Kontext der Produktlebens- und Nutzungsdauer für ausgewählte Elektro- und Elektronikprodukte spielt. Auf Basis der Zwischenergebnisse⁸ sind Trends zu kürzeren Erstnutzungsdauern oder auch zu kürzeren Verweildauern bei einer Reihe von Produkten zu erkennen, jedoch nicht bei allen untersuchten Produkten.

Haushaltsgroßgeräte (Kühl- und Gefriergeräte, Herde, Waschmaschinen, Geschirrspülmaschinen, Wäschetrockner), die aufgrund eines Defektes ausgetauscht wurden, wurden vom Erstnutzer im Jahr 2004 noch 13,5 Jahre genutzt – bis 2012/2013 nahm die Nutzungsdauer leicht auf 12,5 Jahre ab. Fast ein Drittel der ausgetauschten Haushaltsgroßgeräte funktionierte aber noch. Kritisch ist, dass der Anteil an defekten Haushaltsgroßgeräten, die nach weniger als fünf Jahren ersetzt werden mussten, von 3,5 Prozent aller Gesamtersatzkäufe im Jahre 2004 auf 8,3 Prozent in 2012 stieg.

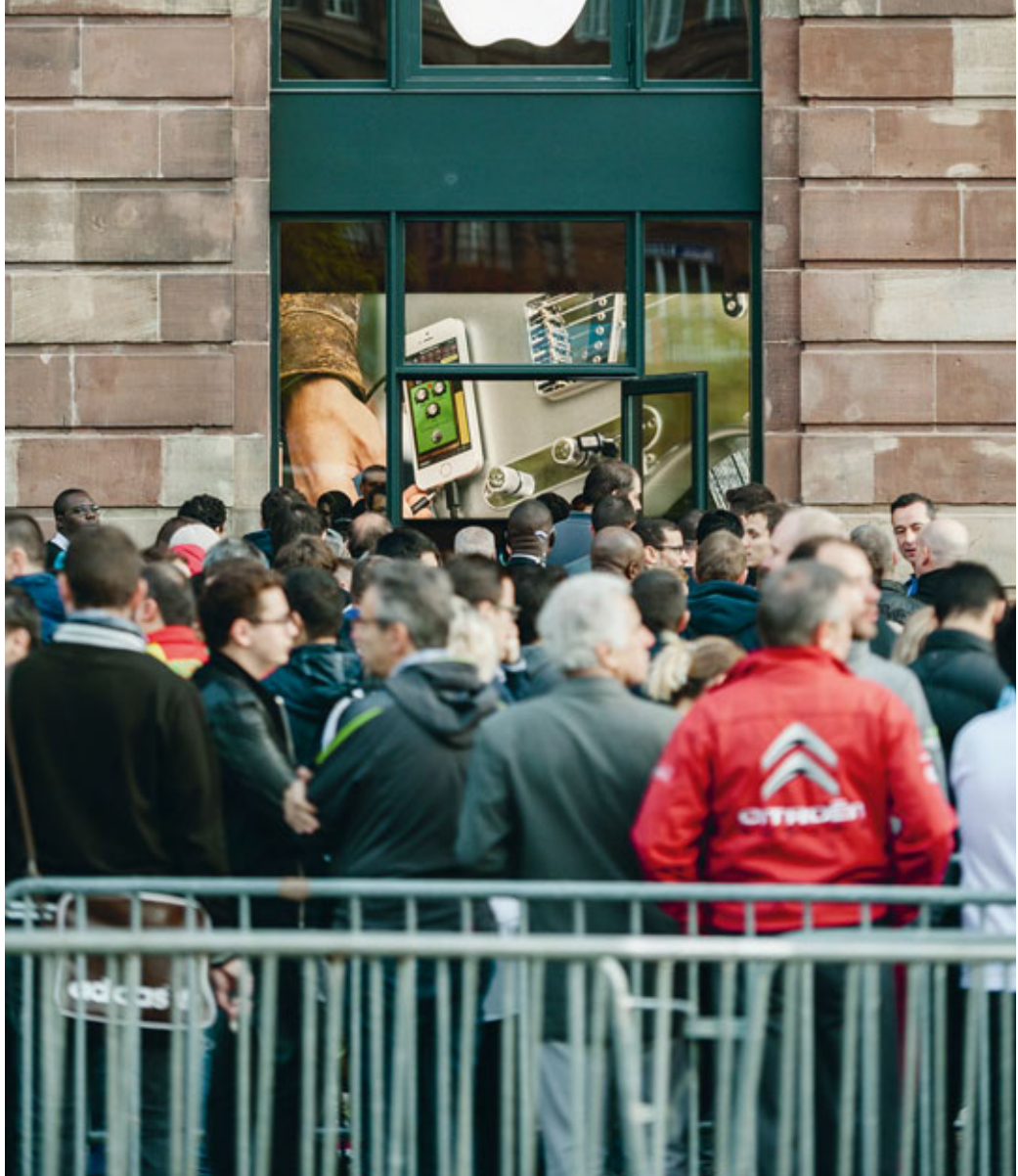
Abbildung 1

Anteil (%) der ausgetauschten Haushaltsgroßgeräte an Gesamtersatzkäufen differenziert nach Ersatzgrund sowie Altersklasse



2004: n= 2712; 2012: n=5664 für Haushaltsgroßgeräte gesamt Quelle: Öko-Institut, Universität Bonn: berechnet nach GfK-Daten

TV-Flachbildschirme nutzen Erst-Nutzer im Jahr 2012 im Schnitt 5,6 Jahre, bevor sie sich ein neues Gerät kauften. Der Defekt war jedoch nur zu einem Viertel der Austauschgrund, über 60 Prozent dieser Ersatzkäufe im Jahr 2012 erfolgten trotz noch funktionierendem Flachbildschirmfernseher. Die durchschnittliche Erst-Nutzungsdauer von Röhrenfernsehern insgesamt schwankte in den Jahren 2005 bis 2012 zwischen 10,4 und 12,2 Jahren, bis zum Defekt lag sie ebenfalls über zehn Jahre (zwischen 11,1 bis 12,6 Jahre).



▲ Handy, Tablet & Co. – heiß begehrt und dann kalt abserviert

Altes Handy nicht mehr trendy? Die psychologische Obsoleszenz

In der Debatte um die Obsoleszenz von Produkten taucht neuerdings auch der Begriff der psychologischen Obsoleszenz auf. Das meint alle Arten der nicht-technischen Obsoleszenz, also Fälle, in denen ein eigentlich noch voll funktionsfähiges Produkt in der Wahrnehmung der Nutzenden seine Attraktivität verliert – weil es technische Weiterentwicklungen gibt oder es schlicht nicht mehr Modetrends entspricht.

Diese Entwicklung wird durch immer kürzere Innovationszyklen und Marketing begünstigt, das Kunden jedes Jahr ein neues Mobiltelefon nahelegt. Besonders gravierend ist diese Beschleunigung übrigens in der Modeindustrie, in der bis zu zwölf neue Kollektionen pro Jahr auf den Markt kommen – fast fashion. Auch im Bereich der Unterhaltungselektronik führen sinkende Preise zu einer immer kürzeren Produktnutzungsdauer. Aus Sicht der Abfallvermeidung und Ressourcenschonung sind diese Entwicklungen äußerst problematisch. Doch wie kann dem entgegengewirkt werden?

Längere Nutzungsdauer

Bei der Verlängerung der Nutzungsdauer sind besonders die Produktentwicklerinnen und -entwickler gefragt. Produkte mit zeitlosem Design, die lange halten und modular aufgebaut sind, sind zentral. So können Produkte auf den technisch neuesten Stand gebracht werden ohne sie komplett auszutauschen. Sie sind somit weiterhin attraktiv. Geräte mit zeitlosem Design lassen sich übrigens auch einfacher verkaufen.

Neben besserer Technik gibt es auch wichtige Initiativen, die der Wegwerfmentalität entgegen wirken: In vielen Städten gibt es mittlerweile Reparatur-Initiativen, in denen defekte Geräte gemeinsam und günstig repariert werden. Tauschringe sind ein wichtiger Ansatz, bei denen Mitglieder nicht mehr benötigte Produkte einfach untereinander tauschen. Diese Entwicklungen sind Einzelbeispiele, aber wichtige Schritte heraus aus der Wegwerfgesellschaft hinein in die Reparier- und Tauschgesellschaft.

Teilen statt besitzen: Meins, Deins, Unser!

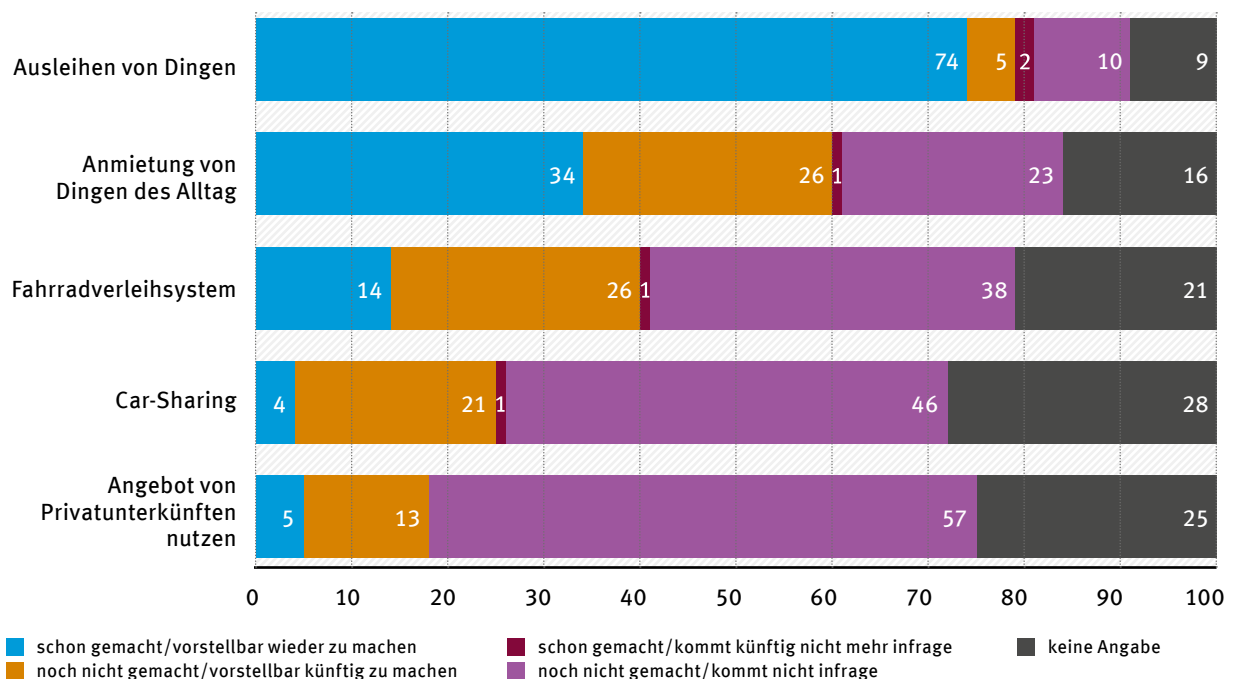
Abfallarme Konsummuster und Lebensstile sind ein wichtiges Element für Abfallvermeidung und Kreislaufwirtschaft. Eine signifikante Schonung natürlicher Ressourcen kann aber nur gelingen, wenn Umweltschutz im Lebensalltag der Menschen verankert wird. Einem Großteil der Bürgerinnen und Bürger ist klar, dass sie durch eine weniger abfallintensive Lebensweise einen relevanten Beitrag zum Ressourcenschonen leisten können. Dazu müssen sie aber ihr eigenes Konsumverhalten ändern.⁹ Aktuelle Zahlen über den Kauf „grüner“ Produktalternativen¹⁰ sowie aktuelle Trends bei der Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern¹¹ zeigen jedoch, dass die Deutschen – trotz einzelner positiver Entwicklungen – in der praktischen Umsetzung insgesamt noch am Anfang stehen. In der neuesten Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2014“ gaben 74 Prozent der Befragten an, Dinge des Alltags schon einmal bei Freunden und Bekannten ausgeliehen zu haben. Sinn ergibt das vor allem bei Dingen des Alltags, die oft nur wenige Minuten im Jahr im Einsatz sind und sonst im Keller verstauben:

Bohrmaschinen und Gartengeräte etwa. Eine wachsende Anzahl der Bürgerinnen und Bürger gab in der Umfrage auch an, positive Erfahrungen beim Kauf gebrauchter Güter bzw. bei der Wahrnehmung von Tausch-, Verleih- und Sharing-Angeboten gemacht zu haben.¹²

Teilen liegt anscheinend generell im Trend, vom eigenen Auto bis zu eigenen Wohnung. In den vergangenen Jahren gewinnt die sogenannte „Sharing Economy“ oder die „Collaborative Consumption“ auch in Deutschland an Bedeutung.¹³ Im Mittelpunkt steht dabei die Idee des „Nutzen statt Besitzens“ und neue Geschäftsmodelle für einen bedarfsgerechten Konsum. Ein gutes Beispiel aus jüngster Zeit ist die öffentliche Debatte um den Ausbau von Angeboten und internetgestützten Plattformen des Tauschens und Teilens zu unterschiedlichen Gebrauchsgegenständen (Carsharing) oder die zunehmende Verbreitung einer „Wiederverkaufskultur“¹⁴ oder einer „Kultur des Selbermachens“¹⁵ (z. B. Reparatur-Initiativen, Urban Gardening). Auch die Ausbreitung von gemeinschaftsbasierten Modellen gelebter Nachhaltigkeit¹⁶ (z. B. Ökodörfer), sind wesentliche Bestandteile neuer Konsummuster.

Abbildung 2:

Erfahrungen und Interesse an professionellen Sharing-Angeboten

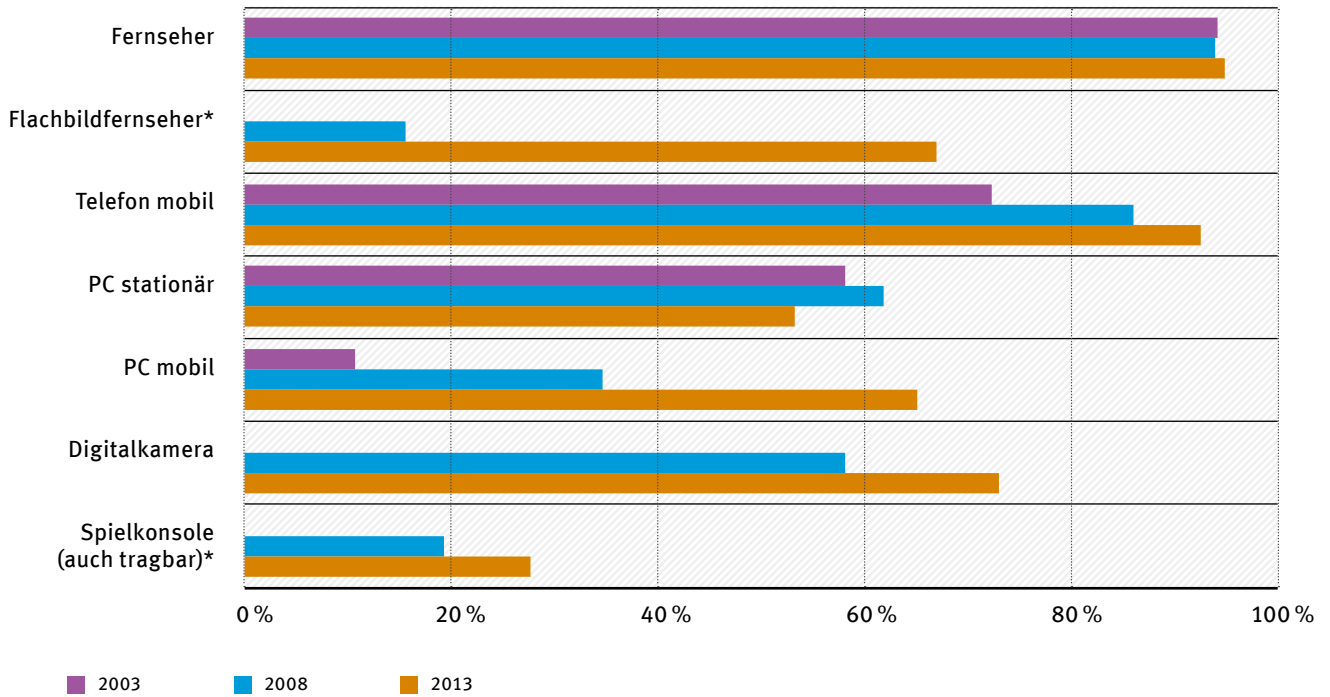


Quelle: BMUB/UBA (Hrsg.): Umweltbewusstsein in Deutschland 2014

Abbildung 3:

Ausstattungsgrad privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern 2003–2011

Bereich IKT in Prozent

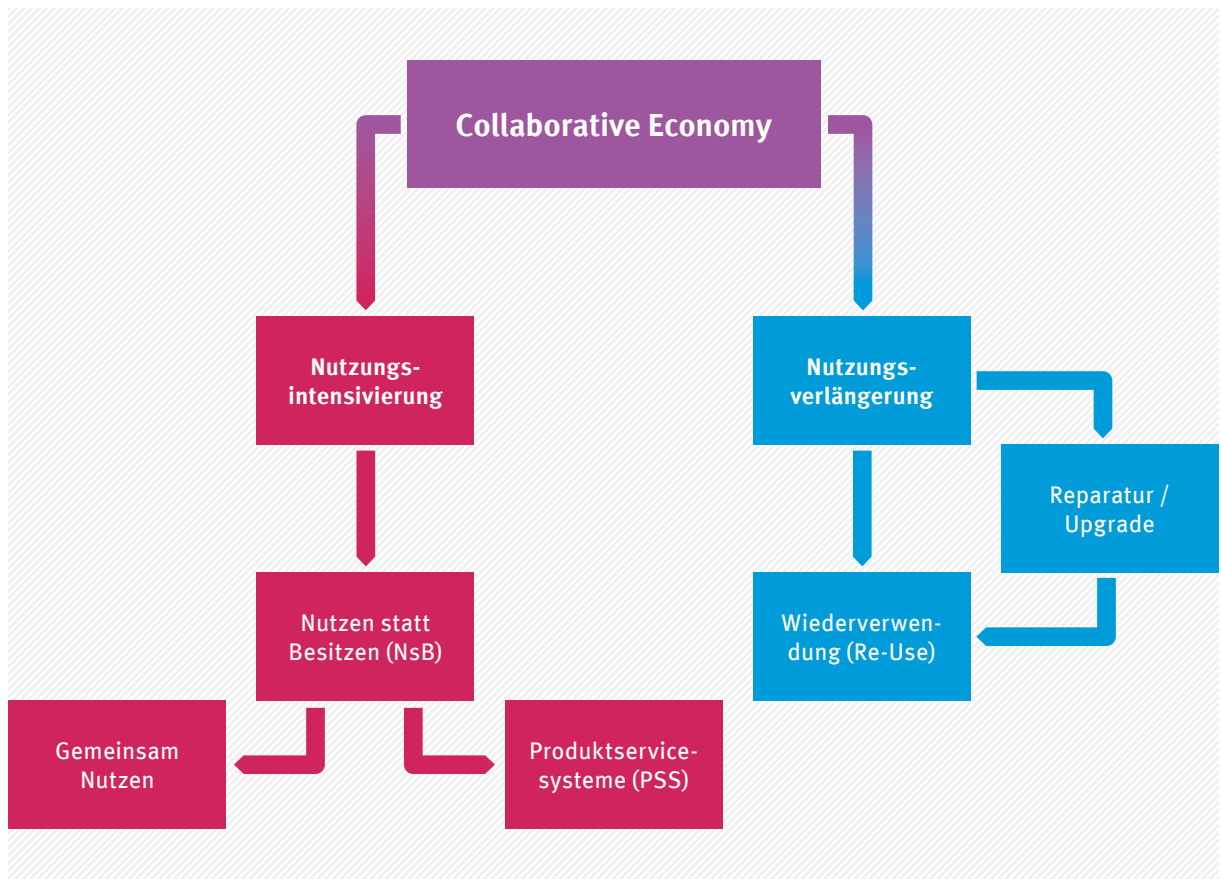


* 2003 nicht erhoben

Quelle: Statistisches Bundesamt

Abbildung 4:

Strategische Grundmodelle einer Collaborative/ Sharing Economy¹⁷



Quelle: Eigene Darstellung

Sharing-Initiativen und -Experimente gewinnen auch innerhalb der Umweltpolitik der Bundesregierung zunehmend an Aufmerksamkeit.¹⁸ Attraktiv sind vor allem die potenziellen Umweltentlastungseffekte sowie weitere soziale und ökonomische Vorteile (z. B. Integration benachteiligter Bevölkerungsgruppen, Marktpotenziale neuer Geschäfts- und

Dienstleistungsmodelle, Aktivierung breiter Bevölkerungskreise für ein umweltpolitisches Engagement). Das Umweltbundesamt unterstützt mit aktuellen Projekte des Umweltforschungsplans sowie der Verbändeförderung die systematische Förderung von „Nutzen statt Besitzen“-Modellen sowie soziale Innovationen für nachhaltigen Konsum.

Schätze der Vergangenheit heben – Wiederverwendung stärken

Werden Produkte oder ihre Bestandteile wiederverwendet, spart das Ressourcen und vermeidet Abfälle. Eine verlängerte Nutzungsdauer trägt dazu bei, Rohstoffe zu schonen und durch eine potenziell verringerte Produktion die Umwelt zu entlasten. Das Kreislaufwirtschaftsrecht priorisiert die Abfallvermeidung und die (Vorbereitung zur) Wiederverwendung daher völlig richtig in der „Abfallhierarchie“. Doch wie kann man dies in der Praxis noch stärken?

Ein guter Trend: Reparatur-Initiativen

Technische Produkte sind in den vergangenen Jahren immer komplexer geworden und viel zu oft wenig reparaturfreundlich. So hört man im Elektromarkt beim Defektfall: Die Reparatur lohne sich nicht, man solle doch besser gleich ein neues Gerät kaufen. Das ist natürlich schlecht für die Umwelt. Besonders ärgerlich ist es, wenn der Austausch beschädigter oder leistungsschwacher Akkus nicht oder nur sehr aufwändig und nur mit Fachkenntnis möglich ist, weil diese im Gerät fest verbaut sind. Doch es gibt gegenläufige Trends, die sich zur Aufgabe machen, vermeintlich unwiederbringlich defekten Geräten neues Leben einzuhauchen. Neben traditionellen Reparaturdienstleistungen von Fachbetrieben gibt es immer häufiger Reparatur-Initiativen (Reparatur-Treffs, Repair-Cafés, Werkstatt-Cafés etc), die temporäre Events organisieren. Hinter dem neuen Trend steckt ein einfaches Prinzip: Menschen treffen sich an einem Ort, um – ggf. mit professioneller Unterstützung – gemeinsam ihre defekten Produkte zu reparieren. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer helfen sich dabei gegenseitig, tauschen Wissen und Erfahrungen zu Reparaturmöglichkeiten und -techniken aus. Die oft unentgeltliche Teilnahme an solchen Veranstaltungen kann dazu beitragen, dass auch solche Produkte repariert werden, für die sich eine kostenpflichtige Reparatur nicht mehr lohnt. Repair-Café-Initiativen gibt es inzwischen in über 130¹⁹ deutschen Städten, mehr als 300 Reparatur-Initiativen sind bundesweit vernetzt²⁰. Das Umweltbundesamt unterstützt solche positiven Trends – durch die Förderung von Ver-

bänden. Außerdem erarbeitet das UBA Strategien zur weiteren Verbreitung solcher „sozialen Innovationen für nachhaltigen Konsum“²¹.

Ungenutztes Potenzial: Reparaturzentren retten Elektrogeräte

Viele weggeworfene Elektroaltgeräte gehen ins Recycling. Das ist gut für die Umwelt, aber noch besser ist es, gebrauchsfähige oder leicht reparierbare Altgeräte zu prüfen, zu reinigen und wenn nötig nach kleinerer Reparatur wieder zu verwenden. Obwohl das Gesetz der „Vorbereitung zur Wiederverwendung“ eine hohe Priorität einräumt, findet das in Deutschland nur sehr selten statt. Ein entscheidendes Hindernis ist, dass Reparaturbetriebe gegenwärtig kaum Zugang zu Altprodukten haben, die bei den kommunalen Wertstoffhöfen oder mit dem Sperrmüll gesammelt wurden – insbesondere zu Elektro- und Elektronikaltgeräten. Das Umweltbundesamt sucht nach Wegen²², das zu verbessern. So sollten beispielweise geeignete Elektroaltgeräte schon bei der Sammlung separiert und an Reparaturzentren übergeben werden. Um das Vertrauen der Konsumenten in gebrauchte Geräte zu erhöhen, bieten sich zudem Qualitätsanforderungen für die Reparaturbetriebe an, die Geräte aufbereiten und erneut verkaufen.

So, Schatz, der tut's wieder!





In schlechter Gesellschaft: Kühlschränke gehören in den Elektroschrott, nicht auf den Sperrmüll

Hier wird nichts weggeworfen – Beispiele für das Recycling

Abfälle, die sich weder vermeiden noch wieder verwenden lassen, sollen recycelt werden – das ist die dritte Stufe der Abfallhierarchie. Ziel des Recyclings ist, möglichst hochwertige Sekundärrohstoffe – etwa Stahl aus alten Waschmaschinen oder Kupfer aus alten Elektromotoren – zurückzugewinnen. Recycling hilft beim Klimaschutz und verringert andere Umweltbelastungen. Für einige Abfallarten – wie Eisen und Stahl, Kupfer, Altpapier und Altglas – ist in

Deutschland das Recycling bereits lange etabliert und erzielt hohe Quoten. Doch auch hier besteht Bedarf zur Weiterentwicklung – denn Schadstoffe können das Recycling belasten. Aktuelle Beispiele sind Mineralölrückstände im Recyclingpapier, die aus Druckfarben stammen, oder Flammschutzmittel wie Hexabromcyclododecan (HBCD) in Kunststoffen, die etwa in Fernsehern eingesetzt wurden.

Mehr Kunststoffe im Kreislauf führen

Ob in der Verpackungs-, Elektro- oder in der Bauindustrie, die Bedeutung von Kunststoffen wächst von Jahr zu Jahr. Leichte Werkstoffe wie Kunststoffe sind insbesondere für den Automobilbau und den Windenergiesektor im Trend. In der Folge steigen auch die Mengen an Kunststoffabfällen. Im Jahr 2013 fielen rund 5,7 Mio. t²³ an. Davon wurden 41 % werkstofflich und 57 % energetisch verwertet. Eine Studie des Umweltbundesamtes, in der die Potenziale zur Steigerung des Kunststoffrecyclings untersucht wurden²⁴, hat gezeigt, dass die Menge an Kunststoffabfällen, die einer werkstofflichen Verwertung zugeführt wird, schon durch eine konsequentere Abfallvorbehandlung um etwa 1,1 Mio. t gesteigert werden kann. Dazu zählt z. B. konsequente Getrennterfassung von recyclingfähigen Kunststoffen, die Optimierung der Trenntechnik in den Sortieranlagen und vor allem die Vorgabe ambitionierter Recyclingquoten. Ein wichtiger Schritt ist die bundesweite Einführung einer einheitlichen Wertstofferfassung in Haushalten („Wertstofftonne“). Auch gemischte gewerbliche Siedlungsabfälle bieten ein großes Potenzial, das Kunststoffrecycling zu steigern. Um bisher ungenutzte Recyclingpotenziale zu erschließen, stehen weitere Produktbereiche im Blickpunkt, auf die eine

Produktverantwortung ausgeweitet werden könnte, z. B. Landwirtschaftsfolien oder die Rotorblätter von Windenergieanlagen.

Plastik aus Altfahrzeugen – bis zu sechs Mal mehr lässt sich recyceln

Jährlich fallen in Deutschland rund 500.000 Altfahrzeuge mit einer Gesamtmasse von ca. 500.000 t an. Enthalten sind etwa 15 % Kunststoffe, das sind rund 150 Kilogramm pro Altfahrzeug. Bei der üblichen Verschrottung werden jedoch nur drei bis vier Kilogramm Kunststoffe je Altfahrzeug in Form von Großbauteilen (z. B. Stoßfänger) ausgebaut und wiederverwendet oder recycelt.²⁵ Die sonstigen Kunststoffe verbleiben in der Altkarosserie und werden mit den übrigen Teilen geschreddert. Beim Schreddern werden rund 70 % Metall des Altfahrzeuges abgetrennt und so gewonnen. Von den nun verbleibenden Schredderrückständen bilden etwa 25 % die sogenannte Shredder-Leichtfraktion. Diese besteht noch zu 40 % aus Kunststoffen²⁶, die jedoch überwiegend nur minderwertigen Verwertungspfaden zugeführt werden.²⁷ Durch eine verbesserte und tiefere Bauteildemontage vor dem Schreddern könnten bis zu 24 kg Kunststoffe je Altfahrzeug für das Recycling zurückgewonnen werden.



Edel- und Sondermetalle erfassen und zurückgewinnen

Ob in Anlagen der Photovoltaik, der Windenergie, in Elektrofahrzeugen oder in Produkten der Kommunikations- und Informationstechnik: Viele Anwendungen dieser sich rasant entwickelnden Techniken kommen nicht mehr ohne Edel- und Sondermetalle aus. Laut der Hochrechnung in einer Studie des Umweltbundesamtes²⁸ enthielten beispielsweise die im Jahr 2010 in Deutschland verkauften 30 edel- und sondermetallhaltigsten Arten an Elektrogeräten insgesamt in etwa 3,3–11 Tonnen Gold, 20–54 Tonnen Silber, 2,9–3,0 Tonnen Indium, 630–910 Tonnen Zinn, 62–97 Tonnen Neodym, 200–460 Tonnen Yttrium und 14–22 Tonnen Tantal. Wichtigste Produktgruppen sind dabei PCs, Laptops, Handys, Digitalkameras und Fernsehgeräte. Das beschriebene Metallpotenzial der deutschen Geräte entspricht immerhin einem Anteil von mehreren Prozent an den global in Elektrogeräten eingesetzten Edel- und Sondermetallen (u. a. Gold: 1,1–3,8 %; Neodym 3,9–6,1 %). Um diese Metalle zurückzugewinnen zu können, bedarf es neuer und angepasster Erfassungs- und Logistikkonzepte sowie Behandlungsverfahren für die betreffenden Altprodukte. Je kleiner das Altprodukt, desto komfortabler muss die Erfassung aus Sicht des Abfallerzeugers ausgestaltet sein. Bislang landen vor allem kleine Elektrogeräte wie elektrische Zahnbürsten, Haartrockner oder Handys in der grauen Tonne, obwohl dies nicht erlaubt ist. Die Rückgabe beim Recyclinghof ist schlicht zu unpraktisch, weil oft zu weit weg. Für Elektroaltgeräte wird sich das ab Sommer 2016 ändern: Verbraucher können die Geräte dann viel einfacher direkt im Handel zurückgeben können. So sieht es die Novelle des Elektro- und Elektronikgerätegesetzes vor. Durch diese Kombination bestehender Sammelstrukturen bei den

Recyclinghöfen und den neuen Rücknahmestellen im Handel soll somit die Rückgabe für die Verbraucher deutlich vereinfacht werden.

Um für das Recycling der typischerweise sehr gering konzentrierten Edel- und Sondermetalle eine lohnenswerte Masse anzusammeln, sollten Altprodukte und Abfälle mit ähnlicher Zusammensetzung möglichst beim Recycling zusammengeführt werden, so z. B. unterschiedliche neodymhaltige Abfallströme wie PCs und Laptops (im Festplattenmagnet), Lautsprecher, Raumklimaanlagen sowie Windenergieanlagen und Elektrofahrräder (Magnet im Elektromotor). Für die Ressourcenschonung sind aber nicht nur die meist wirtschaftlich nachgefragten Edelmetalle, sondern auch die Sondermetalle zentral. Dazu zählen Seltene Erden, Gallium, Indium oder Tantal, die bislang noch nicht wirtschaftlich recycelt werden können, da die Gewinnung aus Erzen, Bergbauhalden und metallurgischen Nebenprodukten (noch) billiger ist. Das Umweltbundesamt wird im Rahmen des Umweltforschungsplanes 2016 ein Vorhaben starten, dessen Ziel es ist, Maßnahmen zu entwickeln, die einer besseren Bündelung und Lenkung edel- und sondermetallhaltige Abfallströme dienen. Hierdurch soll die gesamte Verwertungskette mit Blick auf die Rückgewinnung ressourcenrelevanter Metalle optimiert werden. Wichtig ist auch, die Informationslage aller beteiligten Akteure zu verbessern: Wenn Hersteller die Wertstoffinhalte auch an Konsumenten und Entsorger weitergeben, wird sowohl die Sammlung als auch die Rückgewinnung der Edel- und Sondermetallen durch eine gezieltere Erfassung und gezieltere Behandlung verbessert. Und zweitens lernen Produktdesigner hinzu, wenn vom Verwerter klare Rückmeldungen dazu kommen, ob sich ein Produkt einfach recyceln lässt – oder eben nicht.

Edel- und Sondermetalle

Metalle, die besonders korrosionsbeständig sind, werden nicht zuletzt wegen ihres hohen Werts Edelmetalle genannt. Zu diesen zählen Gold und Silber sowie die Platinmetalle. Abweichend von den in großer Menge eingesetzten Massenmetallen wie Aluminium, Eisen und Kupfer gibt es Metalle, die zwar in weitaus geringeren Mengen in Produkten eingesetzt sind, deren relativer Gewinnungsaufwand und Versorgungsrisiko aber teilweise ungleich höher liegen. Diese werden hier unter dem Begriff Sondermetalle subsumiert, beispielsweise Indium, Gallium, Tantal, Wolfram, Neodym oder Kobalt.





Bis 2020 könnten 25 % des jährlichen Sand- und Kiesbedarfs für den Hochbau aus recyceltem Bauschutt stammen.

Dünger aus Klärschlamm

Phosphor ist ein essentieller Nährstoff für Mensch und Tier und wichtiger Bestandteil von Düngemitteln für die Landwirtschaft. Deutschland deckt seinen Bedarf an mineralischem Phosphor für Dünger über Importe. Über die Industrie, beispielsweise durch Pestizide, bei der Metallbehandlung oder der Gummierstellung, und menschliche wie tierische Ausscheidungen gelangt ein großer Teil des Phosphors ins Abwasser. Kläranlagen müssen das Phosphor dann entfernen, damit das in den Kläranlagen gereinigte Abwasser den Trophiegrad der Gewässer nicht negativ beeinflusst. Der Phosphor gelangt bei der Abwasserreinigung in den Klärschlamm. Da Klärschlamm eine Vielzahl potentiell schädlicher Inhaltsstoffe enthalten kann²⁹, will die Bundesregierung verbieten, Klärschlamm zu Dünge Zwecken auf Felder zu bringen. Damit ginge aber auch der Phosphor für die Felder verloren, so dass dieser aus Klärschlamm zurückgewonnen werden soll³⁰. Die Techniken dazu gibt es, wenngleich noch nicht alle im großtechnischen Maßstab und zu konkurrenzfähigen Preisen. Im Wesentlichen konkurrieren zwei Techniken: Ein Weg ist die Gewinnung von Magnesium-Ammonium-Phosphat direkt aus dem Klärschlamm, welches dann direkt zur Düngung eingesetzt werden kann. Ein zweiter Weg ist die energetische Verwertung des Klärschlammes in Monoverbrennungsanlagen. Der Phosphor muss dabei anschließend aus der Asche zurückgewonnen werden. Der Rückgewinnungsgrad liegt zwischen zehn und 90 % vom Kläranlagenzulauf und ist vor allem vom verfahrenstechnischen Aufwand abhängig. Viele Phosphor-Rückgewinnungsverfahren wurden bereits erfolgreich erprobt und müssen nun großtechnisch umgesetzt werden.

Neues Haus aus altem Haus: Bauschutt ersetzt Naturkies

Im deutschen Gebäudebestand lagert eine Größenordnung von 15 Mrd. Tonnen Materialien – hauptsächlich Ziegel und Betone³¹. Der Gebäudebestand Deutschlands ist damit eine enorme Rohstoffquelle. Von den jährlich anfallenden rund 53 Mio. t Bauschutt wird aber nur ein Bruchteil hochwertig genutzt. Dabei könnten vor allem im Hochbau Naturkies ersetzt werden, wenn stattdessen Ersatzstoffe aus Bauschutt dem Beton zugesetzt werden.³² Der überwiegende Teil der aus Bauschutt gewonnenen Gesteine wird aber nicht hochwertig im Gebäudebau (Hochbau) eingesetzt, sondern schlicht im Landschafts- und Wegebau als Schotter.

Da in Deutschland angesichts der demografischen Entwicklung künftig weniger Menschen leben werden – und sich die Wohnbedürfnisse der Bevölkerung ändern, wird es künftig durch den Abbruch und die Sanierung von Gebäuden zu signifikant höheren Bauschuttmengen kommen. Wichtig ist, dass die Recyclinggesteinskörnung gütegesichert ist und die bautechnischen Eigenschaften von Beton aus recycelten Materialien denen des Primärbetons entspricht. Dies kann vor allem durch eine getrennte Erfassung des Schuttes direkt beim Abriss realisiert werden. Wichtig ist auch, Schadstoffe zu entfernen. Recyclingbeton hat viele Umweltvorteile: er spart Naturkies vermindert den Flächenverbrauch und spart weite Transporte ein. Er erfüllt auch die gleichen bautechnischen Anforderungen wie Primärbeton. Recyclingbeton hat aber noch ein Imageproblem – dem könnte begegnet werden, wenn die Ungleichbehandlung von Recyclingbeton durch neutrale Qualitätskriterien in öffentlichen Ausschreibungen beendet wird. Bis zum Jahr 2020 könnte so ein Viertel des Kiesbedarfs für Betonanwendungen im Hochbau durch Recycling-Gesteinskörnungen ersetzt werden.³³

Schadstoffe aus Bauprodukten

Die Recyclingfähigkeit von Bauprodukten ist ein wichtiger Faktor bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden und sogenannten Ingenieurbauwerken (z. B. Brücken, Tunnel). Gemäß der EU-Verordnung für Bauprodukte^{34/35} dürfen EU-Mitgliedstaaten Wiederverwendbarkeit oder Recycling von Bauwerken oder ihren Teilen nach dem Abriss verbindlich regeln. Neben der Verfügbarkeit von geeigneten Rückbau- und Recyclingverfahren sind für die Umsetzbarkeit dieser Anforderungen Kenntnisse über Schadstoffe (siehe Tabelle) im zukünftigen Recycling wichtig. Um zu verhindern, dass sich umwelt- und gesundheitsgefährdende Stoffe in

Stoffkreisläufen verteilen und anreichern, ist der Einsatz dieser potentiellen Störstoffe in neuen Bauprodukten zu vermeiden. Voraussetzung für das künftige unbedenkliche Recycling ist die Kennzeichnung potentieller Störstoffe in den Produktinformationen. Das Umweltbundesamt setzt sich dafür ein, dass die zur Bewertung der Recyclingfähigkeit benötigten Informationen als Standardbestandteil in der verbindlichen Leistungserklärung, also der Erklärung des Herstellers eines Bauprodukts gemäß EU-BauproduktenVO für den Anwender, und der freiwilligen Umweltdeklaration eingeführt werden. Beispiele für in Bauprodukten enthaltene bedenkliche Stoffe zeigt die Tabelle unten, die auch Beispiele für unbedenkliche Bauprodukte aufführt.

Tabelle 1

Positive und negative Beispiele von Bauproduktrecycling aus stofflicher Perspektive

| Bauprodukt | Schadstoffe | Lösungsweg/Verbesserungsvorschlag |
|---|--|---|
| Betonfertigteil mit Gesteinskörnungen aus Bildschirmglas (Kathodenstrahlröhren) | Schwermetalle (Blei, Barium, Strontium) ³⁶ | Einsatz von Bildschirmglas mit erhöhten Schwermetallgehalten in Bauprodukten stoppen |
| PVC-Fenster aus Alt-PVC-Fenstern | Cadmium, Blei | Gut etablierte Getrenntsammlung und Kreislaufführung beibehalten |
| Schüttungen aus Schaumglas-Schotter als Wärmedämmung unter Gründungsplatten hergestellt aus alten Flachbildschirmen | Arsen ³⁷ | Vorhandene arsenfreie Alternativen bei der Produktion von Flachbildschirmen einsetzen |
| Kunstrasenfüllung hergestellt aus Altreifengranulat | Zink, PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) ³⁸ | Unbedenkliche Füllstoffe verwenden |
| Holzwerkstoffe aus Altholz | Keine, wenn Kriterien der Altholzverordnung ³⁹ erfüllt | Nachfrage verstärken |
| Bitumen zur Asphaltherstellung aus alten Bitumendachbahnen | Keine (Ausnahme: mit Mecopropeestern behandelte wurzelfeste Bahnen) | Nachfrage nach Recycling-Bitumen unterstützen. Mit Mecopropeestern behandelte Bahnen kennzeichnen |
| Gipskartonplatte hergestellt aus alten Gipskartonplatten | keine | Nachfrage nach Gipskarton aus Recyclingmaterial erhöhen |



Spitzenreiter der Kreislaufwirtschaft: Papier

Papier wird wie kaum ein anderes Produkt recycelt. Durch die Aufbereitung im Recycling können die Fasern bis zu siebenmal verwendet werden. Der Rohstoff wird auf diese Weise optimal genutzt. Eine Papierfaser wird in Europa durchschnittlich 3,5-mal recycelt.⁴⁰ Deutschland ist europaweit führend beim Papierrecycling und trägt somit vorbildlich dazu bei, Ressourcen zu schonen und Kreisläufe zu schließen. Gemäß der aktuellen Statistik des Verbandes der deutschen Papierfabriken⁴¹ betrug 2014 das Altpapieraufkommen in Deutschland 15,1 Mio. t, was einer Altpapierrücklaufquote von rund 74 % bei einem Gesamtpapierverbrauch von 20,4 Mio. t entspricht. Dazu gehört die vom Altpapierhandel und den privaten und kommunalen Entsorgern erfasste Altpapiermenge. Die Altpapiereinsatzquote lag ebenfalls bei etwa 74 %, bei einem Altpapieranteil von 16,6 Mio. t an der gesamten inländischen Papierproduktion von 22,5 Mio. t im Jahr 2014.

Stark verschmutzte Papierfasern können in der Regel nicht hochwertig recycelt werden. Eine besondere Herausforderung besteht, wenn Altpapiere in Kontakt mit Restabfall, Krankenhausabfällen oder Lebensmittelabfällen standen, oder das Altpapier Bestandteile enthält, die schwer zu trennen sind, wie Öle oder Klebstoffe. Diese in den Papierkreislauf eingetragenen Störstoffe können in der weiteren Aufbereitung nicht vollständig entfernt werden und ein gesundheitliches Risiko darstellen. Der getrennten Sammlung von Altpapier und anderen Abfallströmen kommt daher eine sehr hohe Bedeutung zu.

Um zu vermeiden, dass sich bei zunehmendem Recycling von Papierfasern unerwünschte Stoffe im Altpapier anreichern, wird es immer wichtiger, bereits in der Produktentwicklung etwa von Druckfarben oder Klebstoffen auch an das Papierrecycling zu denken. Es sollten möglichst nur solche Stoffe eingesetzt werden, die das Recycling nicht behindern. Entsprechende Entwicklungen, beispielsweise mineralölfreie Druckfarben, umweltfreundlicher Farbwärter in Thermopapieren oder abtrennbarer Klebstoffe, gilt es voranzutreiben. Damit kann im Idealfall auf nachgelagerte Reinigung oder Schutz verzichtet werden. Einzelne Unternehmen haben bereits erfolgreich Druckversuche mit mineraloptimierten Farben unternommen. Die Ergebnisse sollten von Verlagshäusern und der Druckbranche darauf geprüft werden, ob sie sich europaweit für Presseprodukte einführen lassen.

Wertstoff Bananenschale: die Bioabfallverwertung

Bioabfälle werden bereits seit den 1980er Jahren getrennt gesammelt, um sie als Dünger oder Humuslieferant zu nutzen. Allein über die Biotonne aus Haushalten wurden 2012 knapp vier Mio. t Bioabfälle gesammelt. Dabei gab es bis zum Inkrafttreten des Kreislaufwirtschaftsgesetzes 2012 keine konkrete Verpflichtung für die Kommunen, den Bioabfall getrennt zu sammeln. Dies erklärt teilweise die große Spannweite von einer flächendeckenden Bioabfallsammlung in einzelnen Bundesländern bis hin zu einer fast nicht vorhandenen Sammlung in anderen. In den einzelnen Städten und Landkreisen bedeutet dies, dass zwischen null und 150 kg Bioabfall pro Einwohner und Jahr getrennt gesammelt werden.

Mit § 11 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes von 2012 wurde die getrennte Sammlung von Bioabfällen zur Pflicht und sollte bis zum 1. Januar 2015 flächendeckend eingeführt sein. Nach einer Studie ist die Biotonne zwar in etwa 80 Prozent der Stadt- oder Landkreise flächendeckend oder zumindest in Teilbereichen eingeführt; allerdings ist bis heute knapp die Hälfte aller Haushalte in Deutschland nicht mit einer Biotonne ausgestattet. Als Gründe für den Verzicht auf die Biotonne oder ein anderes System der Getrennterfassung werden von den Städten und Landkreisen im Wesentlichen die hohen Kosten für die getrennte Bioabfallsammlung genannt, häufig in Zusammenhang mit bestehenden vertraglichen Bindungen für die Abfallentsorgung oder eigene Abfallbehandlungsanlagen. Um die Biotonne umgehend flächendeckend einzuführen, sind aus Sicht des Umweltbundesamtes insbesondere notwendig:

- die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwangs für die Biotonne durch die Kommunen,
- die Gestattung von Ausnahmen von der Biotonne in den kommunalen Abfallsatzungen nur bei nachgewiesener fachgerechter Eigenkompostierung und Verwertung des Komposts,
- und die Verhinderung der illegalen Entsorgung von Bio- und Gartenabfällen sowie der Verbrennung im eigenen Garten.⁴²



Mit einer Stoffstrompolitik zur Kreislaufwirtschaft

Wie groß der Beitrag zu Ressourcenschonung durch eine Kreislaufwirtschaft ist, hängt stark von Art und Hochwertigkeit einer Verwertung ab. Für eine Tonne hochreinen Kupfers werden von der Gewinnung über die Veredelung, Raffination und Elektrolyse rund 128 t Primärrohstoffe der Natur entnommen – darunter Kupfererze, Kieselerde, Kalkstein und Erdöl. Wird hingegen Kupferschrott wieder zu Kupferrohmaterial aufbereitet, das dieses hochreine Kupfer ersetzen kann, so erfordert dies lediglich sieben Tonnen neue Rohstoffe, insbesondere für Energieträger zur Schrottsammlung, Sortierung, Aufbereitung und Schmelze. Idealerweise werden beim Recycling einer Tonne Kupferschrott also 121 t Primärrohstoffe eingespart. Geht hingegen Kupfer als geshreddeter Wertstoff im Stahlrecycling auf, so verliert das Kupfer dort nicht nur seine funktionalen, physikalischen Eigenschaften und mindert als Kontamination die Qualität des Elektrostahls. Auch der erzielte Effekt zur Primärrohstoffsubstitution ist bei diesem so genannten Downcycling ungleich geringer, denn die Herstellung einer Tonne Hochofenstahl als Vergleichsprodukt erfordert lediglich 4,5 t Primärrohstoffe.

Um Abfälle möglichst hochwertig zu verwerten, ist ein deutlich verbessertes Verständnis der Stoffkreisläufe nötig, sowohl was den Einsatz von Material, den Verbleib im Bestand und das Wiederfreisetzen angeht.

Abfallstatistik zu ungenau

Um die rohstoffwirtschaftlichen und umweltschutzbezogenen Effekte der Verwertung von Sekundärrohstoffen tatsächlich zu bemessen, ist die Abfallstatistik allein wenig geeignet. Sie bildet etwa mit dem Hausmüll nur aggregierte, vielfach sehr inhomogene Materialströme ab. Kleinere, aber besonders wertvolle oder umweltrelevante Mengenströme bleiben unberücksichtigt (z. B. Seltene Erden und Edelmetalle). Außerdem bezieht sich die Statistik nur auf Materialmengen, die den Abfallstatus erreicht haben. Insofern lässt das auf diese Weise erzeugbare Mengenbild Stoffkreisläufe außen vor, die nicht das Abfallrecht tangieren; z. B. durch betriebs- bzw. produktionsinternes Recycling.

Unterstützt durch Studien werden jedoch zunehmend reproduzier- und fortschreibbare Stoffstromgliederungen erarbeitet. Diese basieren erstens auf einer Zusammenschau von Verwertungsmengen und Schätzungen zu Wertstoffgehalten sowie zweitens auf sektorbezogenen und produktionsinternen Einsatz- und Handelsmengen von Sekundärrohstoffen.⁴³ Indem sie Material- und Güterflüsse in einzelne

Stoffströme überführen, können sie die Abfallstatistik sinnvoll ergänzen. Das Umweltbundesamt fördert diese Entwicklungen, weil sie einer stoffstromorientierten Politik neue, aussagekräftige Indikatoren zur Erfolgskontrolle und Steuerung liefern.

Bodenschätze aus dem Keller: Das anthropogene Lager erfassen

Ein Blick auf die gesamten Materialflüsse der deutschen Volkswirtschaft verrät: Deutschland wächst gewaltig. Werden die Inputs und Outputs überschlägig über die vergangenen Jahrzehnte verrechnet, so ergibt sich in Deutschland ein jährlicher Zuwachs im Bestand von ca. 0,8 Mrd. t Material. Die Zuflüsse aus Importen und inländisch gewonnenen Rohstoffen in das sogenannte anthropogene Lager (als die Gesamtheit der von Menschen akkumulierten anthropogenen Rohstoffe) übersteigen in großem Maße die Abflüsse aus Exporten und Emissionen. Auf diese Weise haben sich in einem halben Jahrhundert – von 1960 bis 2010 – ca. 42 Mrd. t an Material im anthropogenen Lager angesammelt. Den Gesamtbestand in Deutschland schätzt eine Studie sogar auf 52 Mrd. t⁴⁴, was ungefähr der Summe aller im Jahr 2000 weltweit gewonnenen Rohstoffe⁴⁵ entspricht. Das anthropogene Lager ist daher ein wertvolles Sekundärrohstofflager – direkt vor der Haustür.

Doch wir kennen das anthropogene Lager bisher nicht gut genug. Viele der Materialien, die wir in Siedlungsabfällen wiederfinden, stammen aus kurzlebigen Produkten, deren Lebensdauer weniger als ein Jahr beträgt. Dies lässt sich beispielhaft an Kunststoffen illustrieren (s. Abbildung 5). In Deutschland werden ca. 150 kg Kunststoffe pro Jahr und Einwohner verarbeitet. Hiervon findet sich ca. ein Drittel in kurzlebigen Waren wie Verpackungen wieder. Entsprechend hoch ist ihr Anteil an den Abfällen: Von den ca. 60 kg Verbraucher-Kunststoffabfällen pro Jahr und Einwohner sind 60 % Verpackungskunststoffabfälle. Auch wenn die Verpackungskunststoffe abfallwirtschaftlich am relevantesten erscheinen, haben sie im anthropogenen Lager, das sich für Kunststoffe schätzungsweise auf drei Tonnen pro Einwohner bemisst, nur eine sehr geringe Bedeutung.

Relevant für das anthropogene Lager sind vor allem Güter wie Gebäude, Infrastruktur, Haustechnik sowie langlebige Kapital- und Konsumgüter (s. Abbildung 6).

Den weitaus größten Teil des Lagers bildet der Bausektor. Allein 55 % der Materialmenge sind

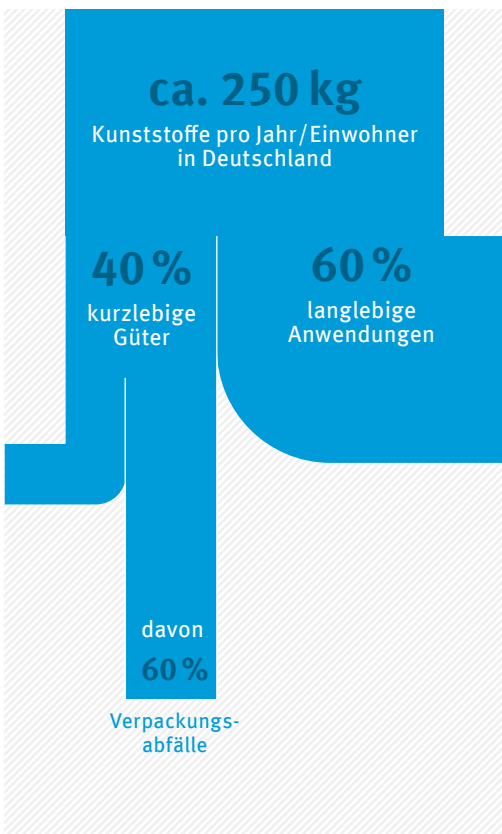
in Wohn- und Nichtwohngebäuden gebunden (Hochbau). Der Tiefbau, der die Verkehrswege, Trink- und Abwasserinfrastruktur, Energie sowie Informations- und Kommunikationsnetze umfasst, deckt 44 % ab. Das Lager, das in der Haustechnik sowie in den Konsum- und Kapitalgütern gebunden ist, ist mit weniger als einem Prozent des gesamten Materiallagers deutlich kleiner.

Das anthropogene Lager besteht zu 26 Mrd. t aus mineralischen Materialien, dabei handelt es sich im Wesentlichen um ungebundene Gesteine und Sande, Beton- und Mauersteine. Es besteht weiter aus 1,2 Mrd. t Metallen, vorrangig Stahl, zu 350 Mio. t aus Holz, zu 250 Mio. t aus Kunststoffen sowie zu 200 Mio. t aus sonstigen Materialien.⁴⁶

Je besser das Wissen um diese Rohstoffe ist und die Zeiträume, wann diese Materialien wieder aus dem Bestand freigesetzt werden, umso eher ist es möglich, sich auf neu entwickelnde Abfallströme und deren bessere Verwertung einzustellen.

Abbildung 5:

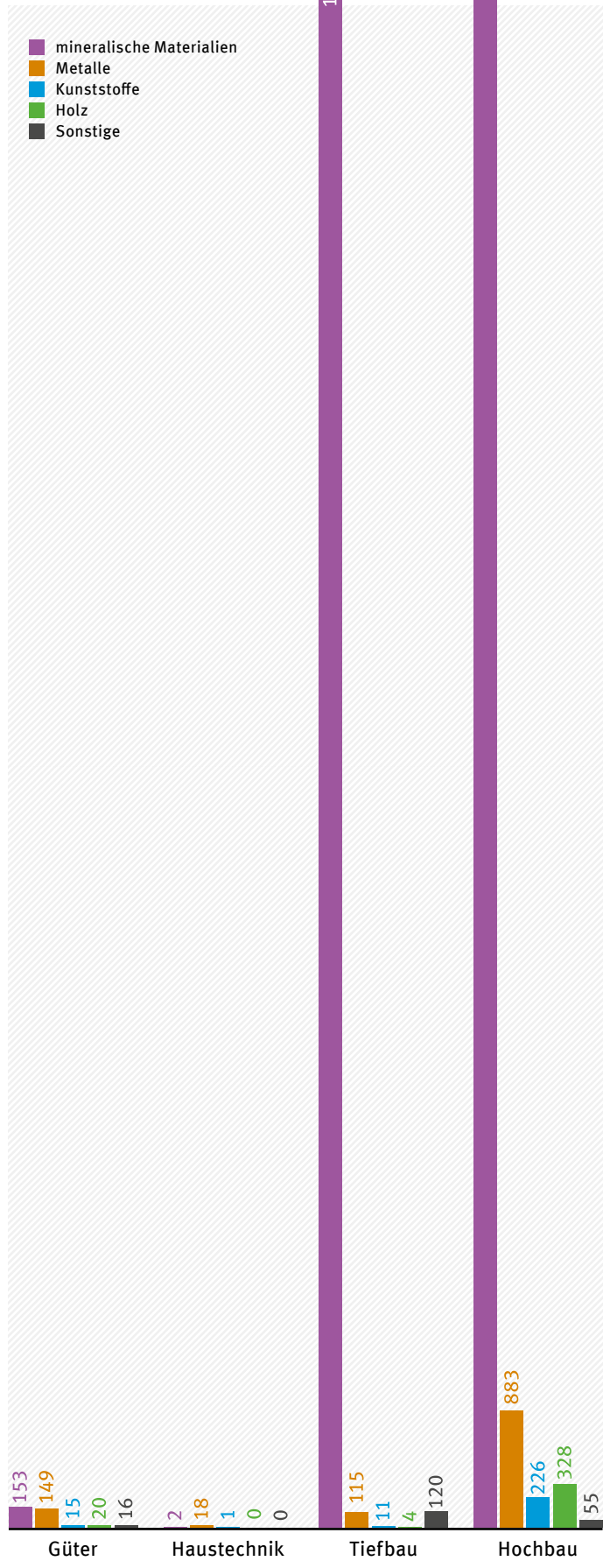
Anteil der Verpackungsabfälle aus Kunststoff



Quelle: UBA

Abbildung 6:

Gesamtbestand des anthropogenen Lagers der Bundesrepublik nach Hauptmaterialgruppen in Mio. t



Quelle: UBA

Von Materialbeständen zu Materialflüssen

Die Materialflüsse in die betrachteten Gütergruppen verschieben sich dynamisch. Beispielsweise zeichnet sich ein relativ großer Zuwachs im Tiefbau ab. Im Vergleich zu den Beständen ist die Verwendung von mineralischen Materialien im Tiefbau mittlerweile um den Faktor 2 größer als im Hochbau. Und auch die Menge der im Tiefbau eingesetzten Metallmengen nimmt zu. Viel Material benötigt auch der Bau neuer Wind-, Biogas- und Photovoltaikanlagen. Interessant ist dabei für eine spätere Rückgewinnung, dass neben den Massenmetallen wie Stahl, Aluminium und Kupfer auch relevante Mengen an faserverstärkten Kunststoffen und wirtschaftsstrategischen Sonder- und Edelmetallen wie Silber, Zinn, Neodym und Gallium in diesen Infrastrukturen angereichert werden.

Vieles, was wir der Umwelt aufbürden, um Rohstoffe zu gewinnen, spiegelt sich nicht in den Marktpreisen wider.

Wie wird sich das künftige Abfallaufkommen verändern? Langfristig wird es einen Wechsel vom Bestandszuwachs zu einem Bestandsabbau geben – das heißt Materialbestände werden wieder zu Materialflüssen. Schon jetzt zeigen sich bei einzelnen Gütergruppen Tendenzen, dass die Abfallströme im Verhältnis zu den neu in Verkehr gebrachten Materialmengen deutlich zunehmen. Die Gründe hierfür sind z. T. technischer Natur wie leichtere Geräte (z. B. Flachbildschirm statt Röhrenmonitor), oder Miniaturisierung von Computern. Auch vor dem Hintergrund der anhaltenden Binnenwanderung und des demografischen Rückgangs der Bevölkerungszahlen bis 2050 zeichnet sich ab, dass deutschlandweit insgesamt eine weit größere Menge an Baustoffen, ca. das Anderthalbfache, aus dem Wohngebäudebestand abfließen wird, als neu in diesen eingebracht werden wird.⁴⁷ Langfristig wird damit der Gebäudebestand zur Rohstoffquelle.

Die Bewirtschaftung des anthropogenen Lagers aus langlebigen Produkten, Gebäuden, Infrastruktur („Urban Mining“) und Ablagerungen („Landfill Mining“), wird daher an Bedeutung zunehmen. Neben der Effektivität und Qualität der Verwertung müssen die anfallenden Materialmengen auch bewirtschaftet werden. Dazu müssen Bewertungsschemata für urbane Minen geschaffen werden, digitale Kataster sowie Gebäude- und Güterpässe, an denen man den Rohstoffgehalt ablesen kann.

Fazit

Die aus der Abfallhierarchie abgeleiteten kreislaufwirtschaftlichen Instrumente sind bereits seit Jahrzehnten erfolgreich in der Anwendung – etwa das Recycling –, oder wurden – wie die Abfallvermeidung und Wiederverwendung – unter neuen Vorzeichen und Erkenntnissen ergänzt, z. B. um nachhaltiges Produktdesign und Konzepte zum nachhaltigen Konsum. Sie helfen, den Paradigmenwechsel von einer nachsorgenden Abfallwirtschaft zu einer vorsorgenden Kreislaufwirtschaft weiter voranzutreiben.

Um sich langfristig dem Ziel in sich geschlossener Stoffkreisläufe zu nähern, sind wie oben beschrieben neue Konzepte und Instrumente zu etablieren. Eine ressourcenschonende Stoffstromwirtschaft berücksichtigt dabei auch solche Effekte der Ressourcennutzung, die im Ausland auftreten, beispielsweise bei der Rohstoffgewinnung.

Wir werden den technischen und logistischen Aufwand steigern müssen, um das rohstoffliche Potenzial unserer Abfälle noch besser auszuschöpfen. Ob der erzielte Nutzen die Höhe der Aufwendungen rechtfertigt, sollte sich in Zukunft weniger an den aktuellen Marktpreisen, sondern viel stärker daran bemessen, wie hoch die Ressourceninanspruchnahmen und Umweltauswirkungen sind, die entstehen, um vergleichbare Rohmaterialien aus Primärrohstoffen herzustellen. Vieles, was wir der Umwelt aufbürden um Primärrohstoffe zu gewinnen, spiegelt sich derzeit nicht in den Marktpreisen der Rohstoffe wider. Materialien, die unter erheblichen, vielfach steigenden ökologischen Belastungen bereitgestellt werden, und die mit hochtechnisierten Herstellungsverfahren in Produkte eingebracht werden, sollten am Ende der Nutzungskette ebenfalls unter Einsatz hochtechnisierter Verfahren zurückgewonnen werden, um erneute ökologische Belastungen zu vermeiden und die Materialien in den Kreislauf zurück zu speisen.

● Verantwortlich für den Text:

Joachim Wuttke
Fachgebietsleiter III 1.5

Susann Krause, Barbara Friedrich, Christiane Schnepel, Lisa Cerny, Ines Oehme, Matthias Fabian, Nicole Dicke, Elisabeth Nunweiler, Christian Löwe, Felix Müller, Tim Hermann, Hermann Keßler

Wissenschaftliche Mitarbeiter/in III 1.1, III 1.2, III 1.5, III 1.6, III 2.1, III 2.2, III 2.4

Beteiligte Fachgebiete:

III 1.1, III 1.2, III 1.5, III 1.6, III 2.1, III 2.2, III 2.4

ENDNOTEN

- 1 Vgl. Umweltbundesamt (Hrsg., 2012): Schwerpunkte 2012 – Jahrespublikation des Umweltbundesamtes. Ressourceneffizienz – Schlüsselkompetenz zukunftsfähiger Gesellschaften. Dessau-Roßlau.
- 2 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg., 2011): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm. Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Berlin.
- 3 Kriterienmatrix unter: <http://www.bundespreis-ecodesign.de/de/ecodesign/kriterien.html>
- 4 Preisträger des Bundespreises Ecodesign der letzten Jahre unter: www.bundespreis-ecodesign.de/de/wettbewerb/2014/preistraeger14.html
- 5 www.ecodesignkit.de
- 6 Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte, ABl. L 285 vom 31.10.2009, S. 10–35, Informationen unter www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oeko-design/oekodesign-richtlinie
- 7 Cosima Dannoritzer: Kaufen für die Müllhalde, 2010, Dokumentarfilm; Jürgen Reuß, Cosima Dannoritzer: Kaufen für die Müllhalde: Das Prinzip der Geplanten Obsoleszenz. Orange Press, Freiburg im Breisgau 2013, ISBN 978-3-936086-66-9.
- 8 Siddharth Prakash, Rainer Stamming, Günther Dehous, Martin Gsell, Tobias Schleicher (2015): Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“ – Zwischenbericht: Analyse der Entwicklung der Lebens-, Nutzungs- und Verweildauer von ausgewählten Produktgruppen, UBA-Texte 10/2015, www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-der-nutzungs-dauer-von-produkten-auf-ihre
- 9 BMUB/UBA (Hrsg.): Umweltbewusstsein in Deutschland 2012. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Berlin/Dessau-Rosslau, 2012
- 10 UBA (Hrsg.): Grüne Produkte in Deutschland. Status Quo und Trends. Dessau-Rosslau, 2013
- 11 UBA (Hrsg.): Daten zur Umwelt. Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern. <http://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/ausstattung-privater-haushalte-langlebigen>
- 12 BMUB/UBA (Hrsg.): Umweltbewusstsein in Deutschland 2014.
- 13 UBA (Hrsg.): Soziale Innovationen im Aufwind. Ein Leitfaden zu sozialen Innovationen für nachhaltigen Konsum. Dessau-Rosslau, 2014
- 14 Behrendt, S. et al. (Hrsg.): Wiederverkaufskultur im Internet. Chancen für nachhaltigen Konsum am Beispiel von Ebay. Springer, 2011
- 15 Vgl. zum Beispiel Anderson, C.: Makers – Das Internet der Dinge: die nächste industrielle Revolution. 2014.
- 16 www.gelebte-nachhaltigkeit.de/home/home/index.htm
- 17 Grundlage: Entwurf Abschlussbericht UBA-Vorhaben: Nutzen statt Besitzen: Neue Ansätze einer Collaborative Economy
- 18 Vgl. zum Beispiel Nationales Abfallvermeidungsprogramm, Nationales Ressourcenschutzprogramm (ProgRess)
- 19 Quelle: RepairCafé.Org online abrufbar unter: <http://repaircafe.org/de/deutschland/>
- 20 Quelle: anstiftung online abrufbar unter: <http://reparatur-initiativen.de/seite/ueber-uns/>
- 21 Wie beispielsweise auch ReUse-Computer oder andere Aufarbeitungs- und Gebrauchthandelsnetzwerke. Vgl. UBA (Hrsg.) 2014: „Soziale Innovationen im Aufwind: Ein Leitfaden zur Förderung sozialer Innovationen für nachhaltigen Konsum“
- 22 Juristisches Gutachten über die Förderung der Vorbereitung zur Wiederverwendung von Elektro-Altgeräten im Sinne der zweiten Stufe der Abfallhierarchie“, Leuphana Universität Lüneburg / Becker Büttner Held Rechtsanwälte, UBA-Texte 36/2014; „Second Life. Wiederverwendung gebrauchter Elektro- und Elektronikgeräte“, Broehl-Kerner/Elander/Koch/Vendramin (BAG Arbeit e. V.), UBA-Texte 39/2012; UBA-Fachtagung „Wider die Verschwendung“ vom 22.05.2014.
- 23 Darin eingeschlossen sind Produktionsabfälle. Die Produktabfälle, die beim Endverbraucher anfallen (Post-Consumer-Abfälle) betragen 2013 rund 4,75 Mio. t (Quelle: Consultic GmbH [2014]: Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2013).
- 24 Wilts, H. et al.: Entwicklung von Maßnahmen und Instrumenten zur Steigerung des Einsatzes von Sekundärrohstoffen – mit Schwerpunkt Sekundärkunststoffe. UFOPLAN-Vorhaben, FKZ 3712 33 340, bisher unveröffentlicht
- 25 Statistisches Bundesamt (2014): Tabelle 15 der Erhebung über die Abfallentsorgung im Jahr 2012, Wiesbaden.
- 26 Martens (2011): Recyclingtechnik. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- 27 Kommission der Niedersächsischen Landesregierung, 5. Regierungskommission (2007): Umweltpolitik im Europäischen Wettbewerb; Abschlussbericht des Arbeitskreises „Entsorgung von Altfahrzeugen unter Berücksichtigung von Lebenszyklusanalysen“. S. 20–21. Link: <http://www.umwelt.niedersachsen.de/servlets/download?C=38867749&L=20>
- 28 Sander, K. et al: Abfallwirtschaftliche Produktverantwortung unter Ressourcenschutzaspekten. Meilensteinbericht August 2012. UFOPLAN-Vorhaben, FKZ 3711 95 318. http://www.oekopol.de/archiv/material/603_RePro_Meilensteinbericht_1.pdf
- 29 Wiechmann et. al (2012): Klärschlamm-entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt.
- 30 Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD (2013): Deutschlands Zukunft gestalten, 18. Legislaturperiode, 27. November 2013.
- 31 Umweltbundesamt (Hrsg., 2015 [im Erscheinen]): Kartierung des Anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft (FKZ 3712 93 316). Dessau-Roßlau.
- 32 Weimann et. al (2013): Optimierung des Rückbaus/Abbaus von Gebäuden zur Rückgewinnung und Aufbereitung von Baustoffen unter Schadstoffentfrachtung (insb. Sulfat) des RC-Materials. UBA-Text: 5/2013, FKZ: 3709 33 317, Umweltbundesamt.
- 33 Schiller et. al (2010): Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung. UBA-Texte 56/2010 (FKZ 3708 95 303). Dessau-Roßlau.
- 34 Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates Text von Bedeutung für den EWR. Amtsblatt der Europäischen Union, L 88/5. 4.4.2011.
- 35 Schiller et. al (2010): Ermittlung von Ressourcenschonungspotenzialen bei der Verwertung von Bauabfällen und Erarbeitung von Empfehlungen zu deren Nutzung.
- 36 Méar, F. et al. (2006): The characterization of waste cathode-ray tube glass. Waste Management. 26 (12): 1468–1476.
- 37 Bihlmaier, A. & M. Völker (2013): WEEE scrap optical glass for the production of foam glass – foaming properties and heavy metal release. Eur. J. Glass Sci. Technol. A, 54(1): 42–44.
- 38 Krüger et al. (2012): Comparison of Batch and Column Tests for the Elution of Artificial Turf System Components. Environ. Sci. Technol. 46: 13085–13092.
- 39 Altholzverordnung vom 15. August 2002 (BGBl. I S. 3302), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 26 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- 40 CEPI Papier Recycling Monitoring Report 2012
- 41 Verband Deutscher Papierfabriken, Papier 2015 – Ein Leistungsbericht
- 42 Peter Krause, Rüdiger Oetjen-Dehne, Iswing Dehne (u.e.c.), Dietrich Dehnen, Heie Erchinger (GAVIA): Verpflichtende Umsetzung der Getrenntsammlung von Bioabfällen. UBA Texte 84|2014, Dessau 12/2014.
- 43 Vgl. Umweltbundesamt (Hrsg., 2012): Ermittlung des Beitrages der Abfallwirtschaft zur Steigerung der Ressourcenproduktivität sowie des Anteils des Recyclings an der Wertschöpfung unter Darstellung der Verwertungs- und Beseitigungspfade des ressourcenrelevanten Abfallaufkommens. UBA Texte 14/2012 (FKZ 3709 33 316). Dessau-Roßlau.
- 44 Vgl. Umweltbundesamt (Hrsg., 2015 (im Erscheinen)): Kartierung des Anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft (FKZ 3712 93 316). Dessau-Roßlau.
- 45 Krausmann, F., S. Gingrich, N. Eisenmenger, K.-H. Erb, H. Haberl and M. Fischer-Kowalski (2009). „Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century.“ Ecological Economics 68(10): 2696–2705.
- 46 Ebd.
- 47 Deilmann, C. et al. (2014): Sensitivitätsstudie zum Kreislaufwirtschaftspotenzial im Hochbau. Im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.

Mobilität der Zukunft

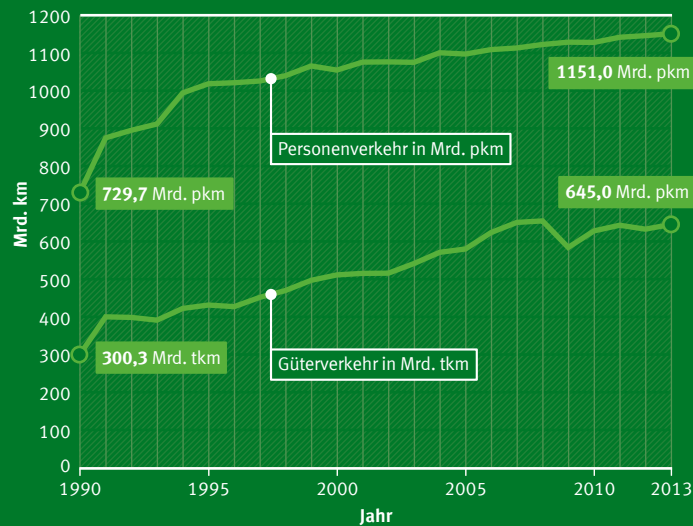
Die (Energie-)Wende im Verkehrssektor

Der Verkehrssektor, insbesondere der Straßenverkehr, verursacht rund 18 Prozent der deutschen Klimagase – und ist leider der einzige Bereich, der seine Emissionen seit 1990 nicht senken konnte. Damit das anders wird, muss vor allem mehr Verkehr vermieden und auf emissionsarme Verkehrsträger verlagert werden. Und wir brauchen eine deutlich klimafreundlichere Energieversorgung des Verkehrs.

Seite 60–79

Was ist Mobilität?

Verkehrsleistung in Deutschland, 2013



Infrastruktur und Güteraufkommen in Deutschland, 2013

Infrastruktur

230.400 km
Straßen des überörtlichen Verkehrs

33.400 km
Schienennetz

7.237 km
Wasserstraßen

8.185 km
Länge der mit Radwegen versehenen Straßen des überörtlichen Verkehrs (Bundes-, Landes-, Kreisstraßen)

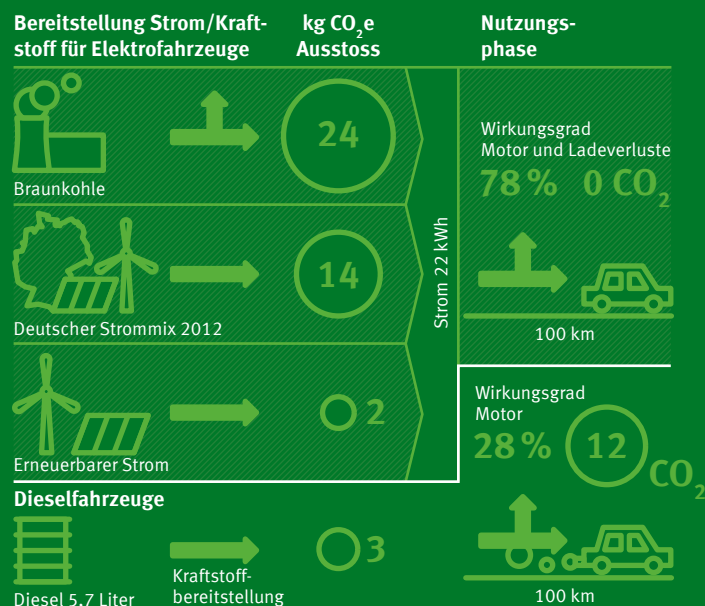
Güteraufkommen

3.367 Mio. t
Straßenverkehr

374 Mio. t
Schienenverkehr

227 Mio. t
Binnenschifffahrt

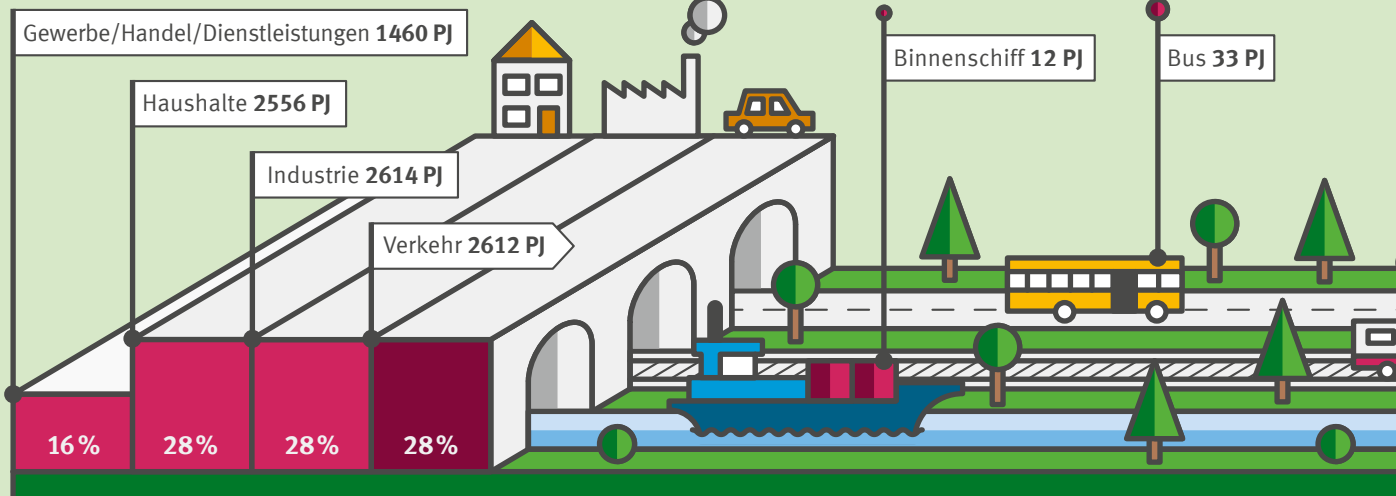
E-Mobilität: Sauber nur mit Strom aus Sonne, Wind und Wasser



Energieverbrauch des Verkehrs

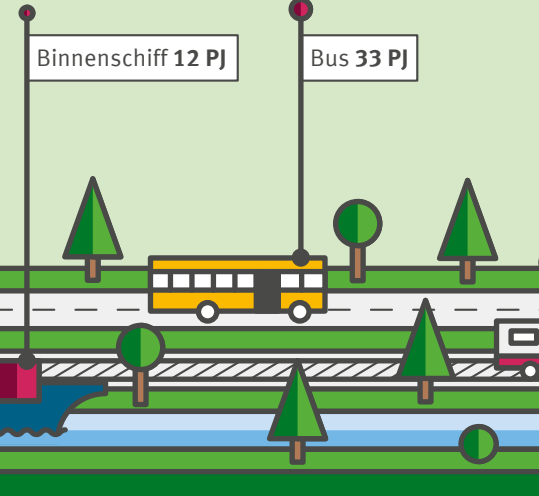
End-Energieverbrauch

Der Verkehr benötigt über ein Viertel des gesamten End-Energieverbrauchs in Deutschland (in Petajoule, PJ).



Energieverbrauch der Verkehrsmittel

Der der PKW- und Kraftradverkehr benötigt mit Abstand die meiste Energie.



Auswirkungen des Verkehrs auf Mensch und Umwelt

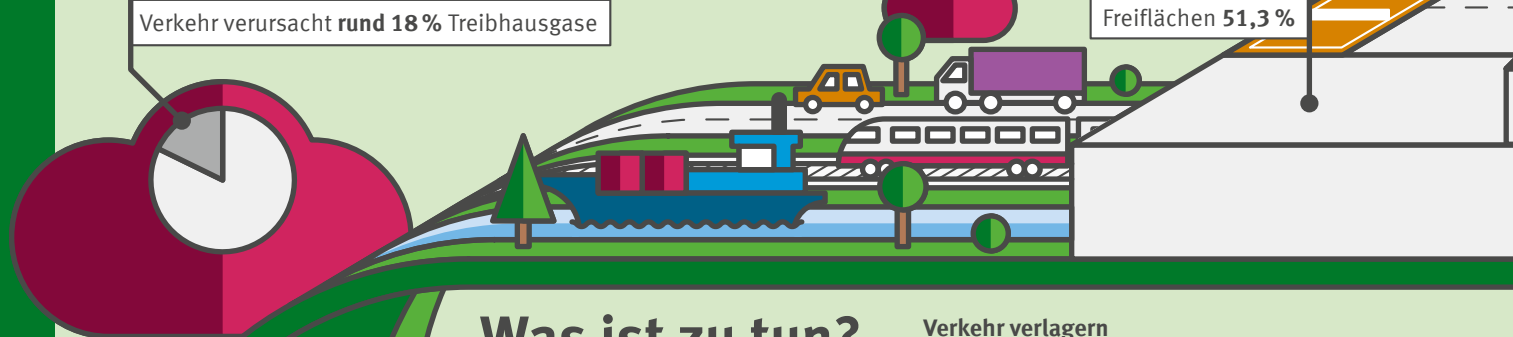
Treibhausgase

Der Verkehr verursacht rund 18% der deutschen Treibhausgase und konnte seine Emissionen seit 1990 nicht senken.

Luftschadstoffe

Feinstaub und Stickstoffdioxide verschmutzen die Luft und machen krank. Bei beiden Schadstoffen werden vielerorts noch Grenzwertüberschreitungen gemessen.

Verkehr verursacht **rund 18%** Treibhausgase



Was ist zu tun?

Verkehr vermeiden

Mobilität so umgestalten, dass sie mit weniger Verkehr möglich wird.

Telearbeit und Videokonferenzen

Verkehr verlagern

Verlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel: Bahn, Bus, das Rad und die eigenen Füße nutzen.

Stadt der kurzen Wege

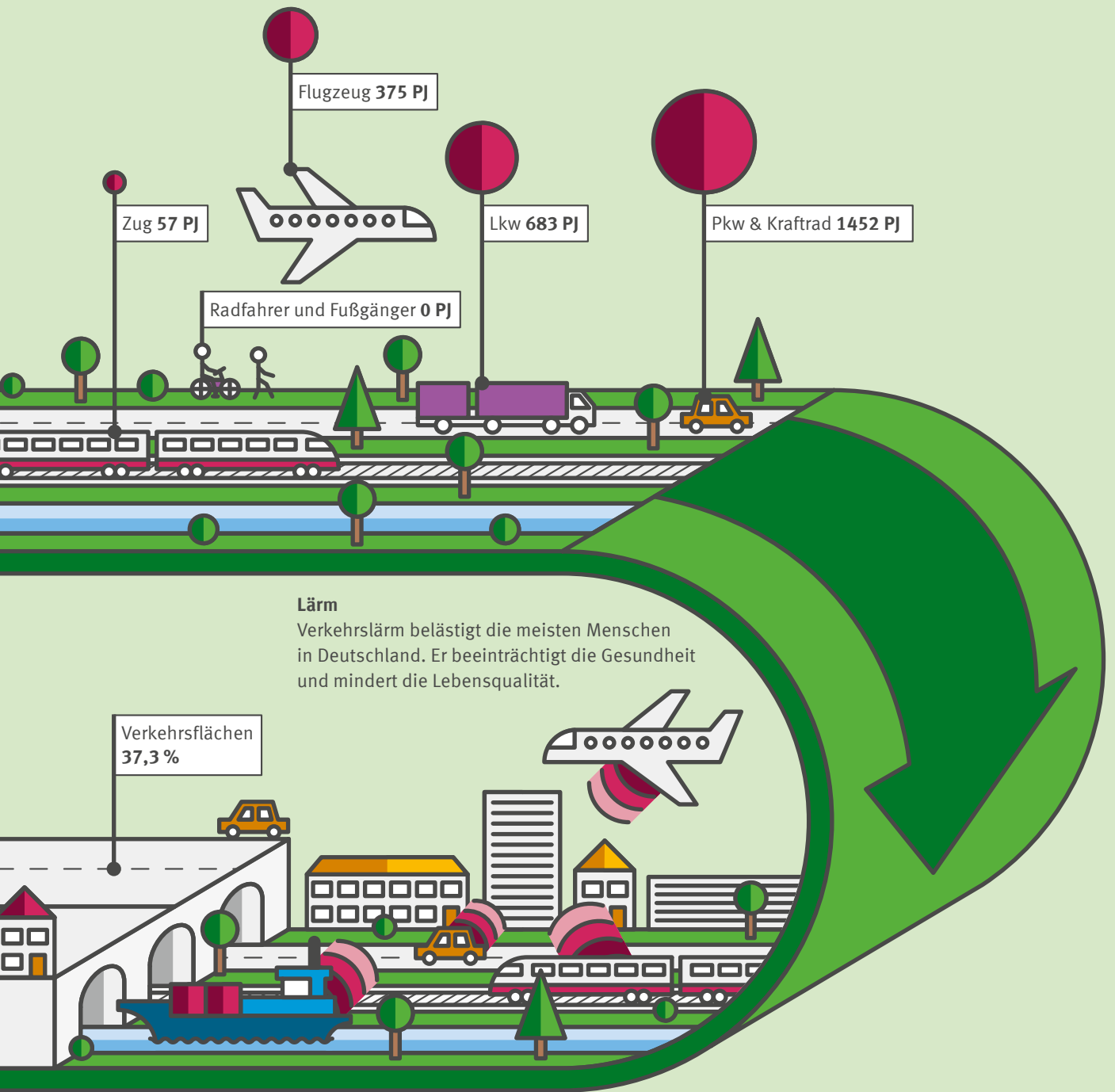
Fahrradinfrastruktur ausbauen

Verkehrsmittel miteinander verknüpfen

Öffentlicher Verkehr

Erhalt vor Neubau von Straßeninfrastruktur





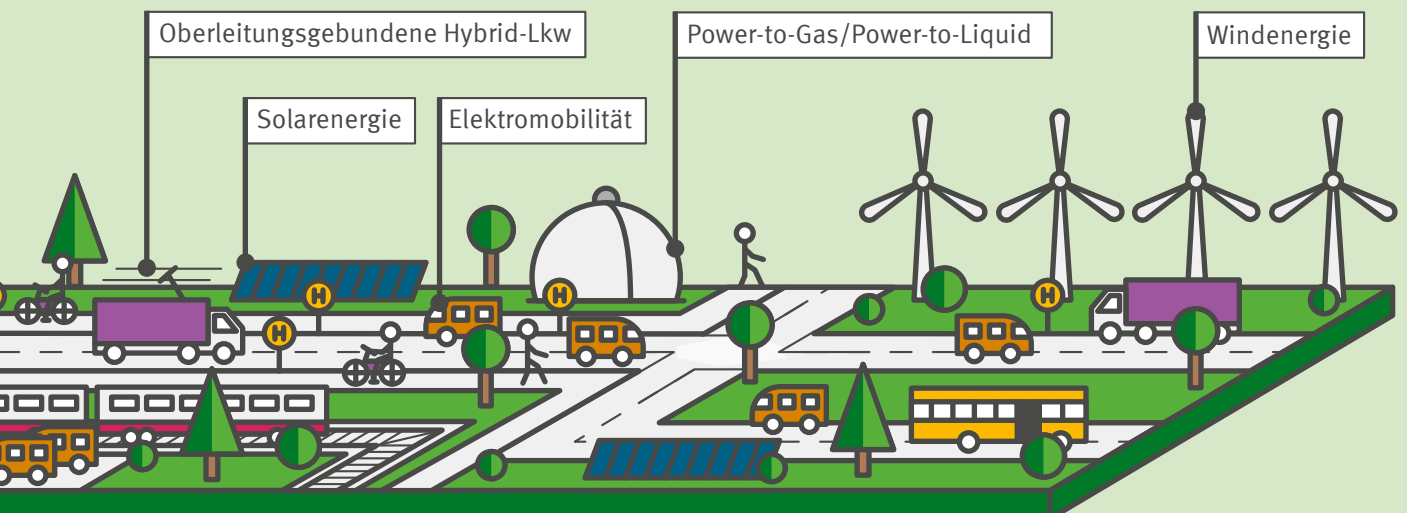
Verkehr verbessern

Fahrzeuge einsetzen, die Energie effizient nutzen und die nur wenige Luftschadstoffe emittieren.

Zukünftig:

E-Mobilität und strombasierte Kraftstoffe

Mit Strom aus Sonne, Wind und Wasser können wir Treibstoffe herstellen, die klimaneutral verbrennen.





Auto auf
Knopfdruck –
Car-Sharing
ersetzt das
eigene Auto,
spart Kosten
und schon die
Umwelt.



Noch in die falsche Richtung: Das Verkehrsaufkommen wächst

Mobilität und Erreichbarkeit sind zentrale Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe, wirtschaftlichen Austausch, Beschäftigung und Wohlstand. Leistungsfähige und zugleich umweltfreundliche Verkehrssysteme sind deshalb unerlässlich. Der Verkehr, genauer der Verkehrsaufwand¹, hat sich in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich erhöht: Seit 1960 hat sich der Personenverkehr vervierfacht, der Güterverkehr immerhin mehr als verdreifacht. Für die Zukunft wird vor allem dem Güterverkehr ein weiterer Zuwachs prognostiziert. Grund sind die arbeitsteiligen Produktions- und Logistikprozesse und die zunehmend globalisierten Handelsverflechtungen².

Auch wenn die einzelnen Fahrzeuge, ob PKW oder LKW, deutlich sauberer und leiser geworden sind, hat der motorisierte Verkehr nach wie vor viele negative Umweltwirkungen: Klimagase, Luftschadstoffe, Lärm, Flächeninanspruchnahme und der Verbrauch an Rohstoffen wie Stahl oder Aluminium. Mit der Zunahme des Verkehrsaufwandes hat sich der Energieverbrauch des Verkehrs in Deutschland zwischen 1960 und 2000 mehr als verdreifacht. Aktuell verursacht der Verkehr immerhin rund 18 Prozent der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Der wichtigste Emittent bleibt die Energiewirtschaft mit 39 %. Aber: Im Verkehr sind die Emissionen im Vergleich zu 1990 sogar noch angestiegen (um 0,6 % bis 2014). In vielen Schwellenländern (z. B. China) nahmen die Treibhausgasemissionen des Verkehrs noch dramatischer zu.

Vermeiden, verlagern, verbessern – und Alternativen finden

Die Bundesregierung hat mit ihrem „Aktionsprogramm Klimaschutz“ im Dezember 2014 beschlossen, bis 2020 im Verkehrsbereich 7 bis 10 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente zusätzlich zu den bisher prognostizierten Minderungen einzusparen. Auch die Europäische Kommission sieht Handlungsbedarf. In ihrem Weißbuch Verkehr³ kommt sie zu dem Schluss, dass der Verkehr seine Abhängigkeit von fossilen Energieträgern überwinden muss und sich nicht wie bisher weiterentwickeln kann. Das sind positive Ansätze. Allerdings ist zu befürchten, dass diese bei weitem nicht ausreichen, um sicherzustellen, dass der Verkehr angemessen zur Reduktion der globalen Treibhausgase um 40–70 % bis 2050 gegenüber 2010 beiträgt.

Eine umfassende Strategie im Bereich Verkehr umfasst vier Felder: Erstens Verkehr vermeiden, zweitens auf umweltverträglichere Verkehrsträger wie Schiene und Schiff verlagern, drittens die Energieeffizienz erhöhen sowie viertens postfossile, treibhausgasneutrale Kraftstoffe und Strom nutzen, aus erneuerbaren Energien hergestellt. Aus Gründen einer ressourcen-, und kosteneffizienten Ausgestaltung des Verkehrs unter Nutzung alternativer Kraftstoffe und Antriebe ist es notwendig den Energiehunger des gesamten Sektors zu verringern – das Vermeiden und Verlagern von Verkehren sind daher besonders wichtig.

Der richtige Mix

Nachhaltiger Verkehr braucht einen Mix von Maßnahmen, da isolierte Maßnahmen allein nicht den benötigten Effekt erzielen und oft nur in einem integrierten Ansatz wirksam werden. Auch das einzelne Fahrzeug und seine Antriebstechnik dürfen nicht allein im Fokus stehen. Auch mit nicht-technischen Maßnahmen lässt sich mehr Klimaschutz erreichen. Nötig sind vor allem wirtschaftliche Anreize und eine Siedlungs- und Verkehrsplanung, die auf Verkehrsvermeidung und umweltfreundliche Verkehrsträger zielt.

Umweltökonomische Instrumente – Steuern und Co.

Ökonomische Instrumente können finanzielle Anreize setzen, um ein umweltfreundliches Verkehrsverhalten zu fördern. Die Energiebesteuerung setzt im Straßenverkehr Anreize, sparsamer mit Kraftstoffen umzugehen und so Emissionen zu mindern. Das motiviert, auf sparsame Fahrzeuge oder den ÖPNV umzusteigen.

Unterschiedliche Energiesteuern führen gegenwärtig zu Wettbewerbsverzerrungen zwischen den Verkehrsträgern. So wird auf Kerosin für Flugzeuge keine Energiesteuer erhoben, während diese Steuer für Otto- und Dieselmotoren

Seit 1960 hat sich der Personenverkehr vervierfacht, der Güterverkehr mehr als verdreifacht.



Leider gar nicht super – Dieselfahrzeuge stoßen deutlich mehr Stickoxide aus als Benziner
▶

stoffe zu zahlen ist. Selbst bei der Besteuerung der Kraftstoffe im Straßenverkehr bestehen Unterschiede: So ist die Energiesteuer auf Diesel gegenüber Benzin um etwa 18 Cent pro Liter niedriger. Das Umweltbundesamt (UBA) empfiehlt, diese klimaschädliche Subvention abzuschaffen und den Dieselsteuersatz zumindest auf das Niveau des Benzinsteuersatzes anzuheben. Im Gegenzug sollte die Kfz-Steuer für Diesel-Pkw auf die von Otto-Pkw gesenkt werden. Da Dieseldieselkraftstoff einen höheren Energiegehalt aufweist als Benzin – und damit auch höhere spezifische CO₂-Emissionen – wäre sogar ein Dieselsteuersatz angemessen, der über dem Steuersatz von Benzin liegt.⁴

Handlungsbedarf besteht nach Ansicht des UBA auch beim Abbau anderer umweltschädlicher Subventionen, wie dem Dienstwagenprivileg. Dienstwagen sind Firmenwagen, die dem Arbeitnehmer auch zur privaten Nutzung zur Verfügung gestellt werden. Für die private Nutzung sind monatlich im Rahmen der Einkommensteuer ein Prozent des Bruttolistenpreises des Fahrzeugs bei Erstzulassung als geldwerter Vorteil zu versteuern. Diese steuerliche Regelung begünstigt Dienstwagenbesitzer im Vergleich zu privaten Besitzern und setzt negative Anreize für den Klimaschutz, da es für Arbeitgeber und Arbeitnehmer vorteilhaft ist, einen Teil des Gehalts in Form von Dienstwagen auszuzahlen. Das UBA empfiehlt daher dieses Privileg abzuschaffen und die Besteuerung zu reformieren sowie nach CO₂-Emissionen zu differenzieren.⁵

Die Anlastung der externen Kosten des Verkehrs – also der Schäden, die Lärm oder Luftschadstoffe an der menschlichen Gesundheit und der Umwelt verursachen – ist ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt, um die verkehrsbedingten Umweltbelastungen zu verringern. Bislang werden Kosten, die etwa im Gesund-

heitswesen anfallen, weil Menschen durch belastete Luft an Asthma erkranken, dem Allgemeinwesen und nicht den Verursachern der Umweltbelastung, also dem Verkehr aufgebürdet. Diese Kosten verursachergerecht einzubeziehen ist einfach: Beim Güterverkehr können Kosten zum Beispiel durch eine Erhöhung und Ausweitung der Lkw-Maut internalisiert werden. Das UBA empfiehlt die Maut auf alle Lkw und Busse ab einem zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 Tonnen und auf alle Straßenkategorien auszudehnen. Die Mautsätze sollten so bemessen sein, dass sie die gesamten Umweltkosten abbilden.⁶

Stadt und Region der kurzen Wege

Wo wir wohnen, arbeiten und einkaufen bestimmt ganz entscheidend, wie weit unsere täglichen Ziele auseinander liegen. In einer Stadt und Region der kurzen Wege können alltägliche Wege mit geringem Zeitaufwand auch ohne Auto bewältigt werden. Nötig ist dazu eine kompakte Siedlungsstruktur, eine umweltverträgliche Nutzungsmischung und die attraktive Gestaltung des Wohnumfelds und der öffentlichen Räume – etwa durch Verkehrsberuhigung und Parkraummanagement. Kurze Wege können gesund mit dem Rad oder zu Fuß zurückgelegt werden. Sie reduzieren das Verkehrsaufkommen und ergänzen einen gut funktionierenden Umweltverbund im Nahverkehr mit Bussen und Bahnen. Sind die Wege kürzer, werden weniger Fläche und Ressourcen beansprucht, die Belastung durch Lärm und Luftschadstoffe sinkt ebenfalls. Viele Kommunen streben das Leitbild „Kurze Wege“ seit Jahren an. Wie der Bund die Kommunen dabei unterstützen kann, zeigt das vom UBA finanzierte „Leitkonzept Stadt und Region der kurzen Wege“, das im Rahmen der Biodiversitätsstrategie zum Erreichen des Flächenschutzziels „30 ha/Tag bis 2020“ entstand.⁷



Die Bundesregierung will die Zunahme der Flächeninanspruchnahme von derzeit über 74 Hektar (ha)/pro Tag bis zum Jahr 2020 auf 30 ha pro Tag begrenzen. Davon entfallen etwa 24 ha auf Siedlungs- und rund 6 ha auf Verkehrsflächen. Geeignete und praktikable Instrumente stellt dazu im Auftrag des UBA der „Aktionsplan Flächensparen“ zusammen.⁸ Zudem prüft das UBA gemeinsam mit rund 100 Kommunen in einem bundesweiten Modellversuch, ob der Handel mit Flächenzertifikaten ein wirksames und für die kommunale Praxis anwendbares Instrument ist.

CO₂-Grenzwerte bis Tempolimit

Um bestimmte verkehrspolitische Umweltziele zu erreichen, werden in der Verkehrspolitik bevorzugt ordnungsrechtliche Instrumente wie Ge- und Verbote angewandt. Ein Beispiel sind fahrzeugbezogene Schadstoffnormen. So begrüßt das UBA die Einführung der Schadstoffklasse „Euro 6“ mit verschärften Stickoxid- und Rußpartikel-Grenzwerten für alle neuen Pkw-Fahrzeugtypen seit 1.9.2014. Die künftige Herausforderungen der Abgasgesetzgebung bestehen darin, dass die Emissionen unter einer normalen Nutzung für zukünftige Fahrzeuge besser gemindert werden und auch die Emissionen des Fahrzeugbestands stärker zu berücksichtigen. Um aktuell vorhandene erheblichen Abweichungen der Stickoxid-Emissionen im realen Betrieb vom Grenzwert der Typgenehmigung deutlich zu verringern und einen wichtigen Beitrag für die Luftreinhaltung zu leisten, läuft in der EU aktuell der RDE-Prozess (real driving emissions). Nach Abschluss des Prozesses soll für die Zulassung neuer Fahrzeuge eine Messung an Fahrzeugen im realen Verkehr – und damit nicht mehr nur auf einem Prüfstand im Labor – verbindlich werden.

In den vergangenen Jahren haben die CO₂-Emissionen von neu zugelassenen Pkw im Testzyklus – wohl auch durch die ab 2012 für die Hersteller verbindlich geltenden CO₂-Flottenzielwerte – deutlich abgenommen. Das ab 2021 geltende Emissionsziel sieht 95 Gramm für die durchschnittlichen CO₂-Emissionen von allen in der EU neu zugelassenen Pkw vor. Aus Klimaschuttsicht ist es erforderlich, dieses Ziel nach dem Jahr 2021 weiter abzusenken. Das UBA rät dazu, das Emissionsziel von 95 Gramm nochmals um 15 bis 25 Prozent zu senken und für 2025 verbindlich vorzuschreiben. Was für Pkw gilt, sollte auch bei Lkw, Schiff und Flugzeug eingeführt werden; ordnungsrechtliche Instrumente ähnlich den „technologieneutralen Flottenzielwerten bei Pkw“ sollten auch für diese Verkehrsmittel eingeführt werden.

Ein anderes Beispiel sind Geschwindigkeitsbegrenzungen. Der Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen nimmt bei hohen Geschwindigkeiten überproportional zu, ein Tempolimit wirkt daher vor allem auf Autobahnen und Landstraßen. Das UBA empfiehlt seit langem, auch aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Lärmschutzes, ein Tempolimit von 120 km/h auf Autobahnen, von 80 km/h auf Landstraßen und innerorts eine Regelgeschwindigkeit

Das UBA empfiehlt, die Maut auf alle Lkw und Busse ab einem zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 Tonnen und auf alle Straßen auszudehnen.

von 30 km/h. Ein Tempolimit kostet nichts und es wirkt sofort. Zudem bergen dauerhafte Geschwindigkeitsbeschränkungen erhebliches zusätzliches Sparpotenzial: Da die hohen Endgeschwindigkeiten heutiger Fahrzeuge dann nicht mehr ausgefahren werden können, müssten die Fahrzeuge weniger stark motorisiert sein und wiegen weniger, was den Verbrauch nochmals senkt.

Mittlerweile gibt es in Deutschland 50 Umweltzonen (Stand Mitte 2015), von denen die ersten im Jahr 2008 eingeführt wurden.^{9,10} Analysen der Städte und Kommunen mit Umweltzonen zeigen, dass sich dort die Luftqualität in den Innenstädten verbessert hat. Umweltzonen sind damit ein wichtiges Instrument, um die Menschen in Städten und Ballungsräumen vor gesundheitsschädlichem Feinstaub und weiteren Luftschadstoffen zu schützen. Um die Luftqualität weiter zu verbessern, gilt es nun die Umweltzone weiterzuentwickeln. Heute erhalten über 90 Prozent der Autos auf Grundlage der im Jahr 2006 erlassenen Kennzeichnungsverordnung eine grüne Plakette. Stickstoffoxide sind zunehmend das Hauptproblem der Luftqualität in den Innenstädten. An rund 60 Prozent der verkehrsnahen Messstellen in Ballungsräumen wurde im Jahr 2014 der Jahresmittelgrenzwert für Stickstoffdioxid überschritten. Wesentliche Ursache sind die NOx-Emissionen des Straßenverkehrs, insbesondere von Diesel-Fahrzeugen.

Neben der existierenden roten, gelben und grünen sollte daher eine weitere Umweltplakette

eingeführt werden, die Kfz mit besonders geringen NOx-Emissionen kennzeichnet. Die neue Plakette würde es den Kommunen erlauben, über Zufahrtsverbote endlich für bessere Luft zu sorgen. Mittelfristig plädiert das UBA dafür, die Umweltzonen auf Baumaschinen, Dieselloks und Binnenschiffe auszuweiten – diese können in bestimmten Städten und Regionen einen relevanten Anteil der Feinstaubbelastung verursachen.

Flankierende Maßnahmen: Radfahren und zu Fuß gehen attraktiver gestalten

Wer zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs ist, schon seine Gesundheit und die Umwelt und trägt ganz entscheidend zur Verkehrswende in Deutschland bei.^{11,12} Um den Umstieg vom Pkw auf Fahrrad, Pedelec¹³ oder Lastenrad zu erleichtern, muss die Radverkehrsinfrastruktur in Deutschland besser werden. Es fehlen vielerorts Radschnellwege und gut ausgebaute Radwege in hoher Qualität. Hier sind vor allem die Kommunen gefragt. Parallel können steuerliche und juristische Anreize – z. B. eine Stellplatzpflicht für Fahrräder bei Häusern und Wohnungen helfen, den Radverkehr attraktiver zu machen.

Während sich der Radverkehrsanteil erfreulicherweise langsam erhöht, kommt dem Fußverkehr derzeit wenig verkehrsplanerische Aufmerksamkeit zu. Kurze Wege durch kompaktere Siedlungsstrukturen, Nutzungsmischung und abkürzungsreiche und sichere Wegführung



ohne Umwege sind hier entscheidend. Das UBA empfiehlt für diese grundlegendste Art der Mobilität eine „Fußverkehrsstrategie für Deutschland“ zu entwickeln.

Ein kostengünstiger Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) im Verbund mit Fuß- und Radverkehr sowie Car-Sharing ist ein unverzichtbarer Bestandteil unserer Mobilität. Im ÖPNV wurden im Jahr 2014 täglich über 30 Mio. Fahrten unternommen.¹⁴ Gut vernetzte und integrierte Mobilitätsangebote reduzieren die verkehrsbedingten Umweltbelastungen, verringern die Mobilitätskosten, fördern die Sicherheit im Verkehr und verbessern auf vielfache Weise die Lebensqualität. Dies setzt eine leistungsfähige Infrastruktur und eine planungssichere und ausreichende Finanzierung auf Bundes- und Länderebene voraus. Die Empfehlungen der „Daehre-Kommission und der Bodewig-Kommission“ sind daraufhin zu prüfen. Konkret schlagen diese einen Infrastrukturfond zur Finanzierung für Straße, Schiene und Wasserstraße vor. Dabei soll sich die Finanzierung künftig zuerst auf den Erhalt der Infrastruktur und erst danach auf Neu- oder Ausbaumaßnahmen konzentrieren.¹⁵ Um die verschiedenen Verkehrsmittel wie Bus, Bahn, Carsharing und Fahrrad besser zu verknüpfen, sind die Fördergelder zur Einrichtung von Schnittstellen und Verbesserung der Umstiege aus der so genannten „Kommunalrichtlinie“ zu verstetigen. Die „Kommunalrichtlinie“ ist ein Förderprogramm des Bundesumweltministeriums für kommunale Klimaschutzprojekte in den Bereichen klimafreundliche Mobilität, Flächenmanagement oder Energieeffizienz-Maßnahmen in eigenen Liegenschaften und Betrieben.¹⁶

Um die im EU-Weißbuch Verkehr geforderte stärkere Verlagerung von Gütertransporten auf die Schiene zu gewährleisten, muss das Schienennetz in Deutschland gezielt ausgebaut und ertüchtigt werden. Kurzfristig können optimierte Leit- und Sicherungstechnik, Blockverdichtungen oder die Harmonisierung der Geschwindigkeiten und kleinere infrastrukturelle Maßnahmen wie beispielsweise der Bau von Überholgleisen oder Verbindungskurven die Netzkapazitäten deutlich erhöhen. Mittelfristig müssten über 700 Streckenkilometer neu gebaut und über 800 Streckenkilometer elektrifiziert werden, um eine Verdopplung des Schienenverkehrs bis zum Jahr 2030 zu ermöglichen. Dazu sind Finanzmittel in Höhe von rund 11 Milliarden Euro nötig.¹⁷ Das Geld hierzu wäre gut angelegt, da die externen Umweltkosten, die eine Tonne Güter pro Kilometer auf der Straße (Diesel-Lkw) verursachen etwa neun Mal höher sind als auf der Schiene (elektrische Güterzug).¹⁸



An rund 60 Prozent der verkehrsnahen Messstellen in Ballungsräumen wurde im Jahr 2014 der Jahresmittelgrenzwert für Stickstoffdioxid überschritten. Wesentliche Ursache sind die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs, insbesondere aus Diesel-Fahrzeugen.

Weiter kommen mit weniger Energie – technische Effizienz verbessern

Generell gilt: Eine verbesserte technische Effizienz kann Energie sparen, klimaschädliche CO₂-Emissionen vermeiden und damit das Klima schützen.^{19,20} Für die einzelnen Verkehrsträger zeigen sich aber unterschiedliche Potenziale – und damit ein unterschiedlicher Handlungsbedarf.

Das UBA sieht bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen langfristig noch ein sehr hohes Potenzial zur Senkung des spezifischen Energieverbrauchs: von bis zu 50 Prozent bei konventionellen Antrieben wie Benzin und Diesel. Schlüsseltechniken sind eine teilweise Elektrifizierung der Fahrzeuge, der Einbau hocheffizienter Antriebe und konsequenter Leichtbau. Der Staat kann die technischen Entwicklungen fördern, indem er die CO₂-Gesetzgebung verschärft ausschöpft. Wichtig ist dabei, dass eine umfassende Regulierung des Energieverbrauchs bei Neuzulassungen endlich unter realen Fahrbedingungen erfolgt (siehe auch „Konzept zur zukünftigen Beurteilung der Effizienz von Kraftfahrzeugen“²¹ im Auftrag des UBA).

Der Güterverkehr auf der Straße wird künftig weiter stark zunehmen. Aus Klimaschutzsicht muss daher die Effizienz schwerer Nutzfahrzeuge zeit- und praxisnah verbessert werden. Das UBA hat im Projekt „Zukünftige Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung und Treibhausgasminde- rung bei schweren Nutzfahrzeugen“ Potenziale zur Reduktion von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen ausgewählter Technologien am Antriebstrang, zur Verbesserung von Aerodynamik und Rollwiderstand sowie Optimierung von Fahrzeuggewicht, Nebenverbrauchern und Fahrzeugregelung systematisch untersuchen lassen.²² Weiterhin wurden im Projekt Kostenrechnungen für Lang- und Kurzstrecken-Lkw sowie für Stadtbusse durchgeführt.

Auch im Luftverkehr reicht die Treibstoffminde- rung bislang nicht aus, um das weltweit starke Wachstum zu kompensieren. Im Jahr 2012 hatte der Luftverkehr einen Anteil an den globalen CO₂-Emissionen von etwa 2,5 %. Die CO₂-Emissionen des internationalen Luftverkehrs sind seit 1990 um 86,4 % gewachsen. Für den Luftverkehr werden jährliche Wachstumsraten von etwa 4 bis 5 % bis 2030 erwartet. Hinzu kommt, dass nur ein Teil der Klimawirkungen des Luftverkehrs vom emittierten CO₂ ausgeht, das bislang im Fokus der Betrachtung steht. Aber auch Wasserdampf-, Stickoxid- und Partikelemissionen tragen in großer Höhe zum Klimawandel bei.²³ Berechnet man die klimaschädlichen Emissionen ein, so kommt der Luftverkehr auf 5 % der globalen klimaschädlichen Treibhausgasemissionen. Einsparpotentiale und klimaverträglichere Technologien, wie z. B. klimaoptimierte Flugzeugdesigns, langsames Fliegen, angepasste Flugrouten, und alternative Kraftstoffe (darunter auch power to liquid) werden bislang noch nicht hinreichend berücksichtigt.

Der internationale Seeverkehr trug im Jahr 2012 circa 2 % zu den globalen CO₂-Emissionen bei. Für den Seeverkehr werden jährliche Wachstumsraten von 2 bis 3 % geschätzt. Die Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO) geht davon aus, dass die CO₂-Emissionen im Schiffsverkehr bis 2050 um 50 bis 250 % steigen könnten. Durch technische und operative Maßnahmen, wie z. B. das Slow Steaming (gezielte Verringerung der Geschwindigkeit der Schiffe um Kraftstoff zu sparen) gibt es große Energieeinspar- und Effizienzpotenziale. Durch marktbasierende Maßnahmen, wie bspw. ein Emissionshandelssystem, lassen sich diese Potenziale effizient abrufen. Die EU hat deshalb als Vorbereitung 2015 eine Monitoring-Verordnung ((EU) 2015/757) erlassen; die IMO erarbeitet aktuell ein internationales CO₂-Monitoringsystem. In dem laufenden UBA-Projekt „Klimaschutz im Seeverkehr“ werden diese Maßnahmen analysiert und weitere Konzepte und Handlungsoptionen entwickelt, um die Klimabilanz des Sektors zu verbessern.



Der Transport einer Tonne Güter im Diesel-Lkw verursacht 9mal höhere Umweltschäden pro Kilometer als im elektrischen Güterzug



Klimaverträgliche Alternativen: Neue Antriebe und Kraftstoffe

Schon aufgrund der globalen Klimaschutzziele ist eine klimaverträgliche Energieversorgung des Verkehrs notwendig. Aus heutiger Sicht spielt die reine Nutzungsphase der Fahrzeuge, in der die Kraftstoffe bereitgestellt und genutzt werden, für die Klimabilanz des Verkehrs die größte Rolle. Sie verursacht im Schnitt aller Verkehrsträger mehr als 80 % der Treibhausgasemissionen. Auf die Produktion der Fahrzeuge, Flugzeuge und Schiffe, deren Vermarktung, Auslieferung, Wartung und das Recycling bzw. die Entsorgung entfallen nur maximal 20 %.

Durch alternative Antriebe und erneuerbar hergestellte Kraftstoffe ist eine nahezu treibhausgasneutrale Energieversorgung des gesamten Verkehrs, inklusive des Luft- und Schifffahrt, möglich.²⁴ Erneuerbar erzeugter Strom etwa kann entweder direkt in Fahrzeugen mit Elektromotor genutzt werden oder indirekt die Basis stromgenerierter gasförmiger und flüssiger Kraftstoffe bilden.^{24,25} Dadurch kann auf den klassischen, aus fossilen Grundmaterialien gewonnenen Kraftstoff zunehmend verzichtet werden. Dementsprechend ist der Verkehr als ein neuer zusätzlicher Verbraucher beim Ausbau bzw. bei Zielvorgaben für den Ausbau

der erneuerbaren Energien im Stromsystem zu berücksichtigen. Gleichzeitig können die neuen Stromverbraucher im Verkehr wie beispielsweise Elektrofahrzeuge helfen, die fluktuierende Erzeugung von Wind-, Wasser- und Sonnenenergie ins Energiesystem zu integrieren. Die klimaverträgliche Versorgung des Verkehrs ist somit wichtiger Teil der Umstrukturierung unseres gesamten Energiesystems hin zu einer treibhausgasneutralen Versorgung.²⁶

Elektrische Antriebe und alternative Kraftstoffe

Derzeit nutzen die meisten Verkehrsmittel flüssige Kraftstoffe fossilen Ursprungs²⁷, Strom wird aktuell nur selten zur Energieversorgung des Verkehrs eingesetzt, wie beispielsweise im Schienenverkehr.

Elektromobilität

Elektrische Antriebe sind, in Kombination mit Batteriespeichern, Oberleitungen bzw. Brennstoffzellen, technisch möglich und werden derzeit unter dem Stichwort „Elektromobilität“ intensiv diskutiert und von der Politik geför-

dert. Bis 2020 sollen 1 Million Elektroautos auf deutschen Straßen fahren und so 0,7 Millionen Tonnen CO₂ im Verkehr einsparen.

Neben batteriegespeisten Elektromotoren ist auch eine leitungsgebundene Versorgung möglich – wie bei Straßenbahnen und Oberleitungsbussen (O-Bussen). Bei direkten elektrischen Antrieben wird Strom ohne weitere Umwandlungsschritte in Motoren direkt und sehr effizient in die Fahrzeugbewegung umgewandelt. Elektrofahrzeuge haben den Vorteil, dass die Fahrzeuge im Betrieb keine Treibhausgase und – abgesehen von Abrieb der Reifen und Bremsen – auch keine Luftschadstoffe ausstoßen. Sie sind somit eine sehr gute Möglichkeit, für bessere Luft in Innenstädten zu sorgen. Die Treibhausgase und Schadstoffe entstehen allerdings an anderer Stelle, wenn der Strom für die Elektrofahrzeuge aus fossilen Kraftwerken erzeugt wird. Daher ist es wichtig, das Energiesystem so umzubauen, dass Strom zukünftig zu 100 Prozent auf Basis von erneuerbaren Energien erzeugt wird. Dann entfallen – außer bei der Nutzung von Bioenergie – auch diese Emissionen weitestgehend.

Straßenbahnen oder Oberleitungsbusse sorgen durch sehr geringen lokalen Schadstoffausstoß für bessere Luft in den Städten.

Elektrisch betriebene Fahrzeuge brauchen entweder Akkus im Fahrzeug selbst nebst Ladeinfrastrukturen oder müssten sich aus einer Oberleitung speisen. Die Herstellung der Fahrzeuge, insbesondere der aktuell noch großen und schweren Batterien, ist energie- und ressourcenintensiver als die konventioneller Fahrzeuge. Dies spiegelt sich derzeit noch in

den gleichermaßen hohen Produktionskosten und größeren Umweltwirkungen wider. Zudem gibt es bei der Batteriespeicherung Be- und Entladeverluste.

Wesentliche Treiber für die Entwicklung batterieelektrischer Fahrzeuge sind neben den geringen lokalen Emissionen vor allem die sinkenden Kosten sowie die technische Weiterentwicklung der Akkus.²⁷ Batterieelektrische Fahrzeuge werden aktuell auch von der Bundesregierung gefördert mit dem Ziel, eine Million Fahrzeuge im Jahr 2020 auf den Straßen zu haben.²⁸ Als eine Maßnahme zur Förderung der Elektromobilität kann der europäische CO₂-Flottengrenzert für Pkw-Neuwagen betrachtet werden. In diesem Zusammenhang ist kritisch anzumerken, dass derzeit beim Pkw-Flottenzielwert nur die direkten CO₂-Emissionen pro gefahrenen Kilometer zugrunde gelegt werden. Damit werden elektrisch angetriebene Fahrzeuge gegenüber Diesel- oder Benzinantrieben bessergestellt, da sie im Betrieb keine Treibhausgase ausstoßen. Dies kann jedoch bezogen auf die gesamte Fahrzeugflotte zu Mehremissionen führen. Zwar wird so der ab 2021 gültige Flottenschnitt von 95 Gramm CO₂ pro Kilometer erreicht, es ist jedoch wahrscheinlich, dass durch die Strombereitstellung real zusätzliche Emissionen im Bereich von einigen Gramm CO₂ verursacht werden. Die zusätzlichen Strommengen der Elektrofahrzeuge müssen daher perspektivisch erneuerbar erzeugt werden.



Treibhausgasemissionen und Effizienz bei Diesel- und Elektrofahrzeugen

Die Treibhausgasemissionen eines Elektro- und eines Dieselfahrzeugs werden in Abb. 1 aufgeschlüsselt in Bereitstellungs- und Nutzungsphase gezeigt. Bei der Nutzung von erneuerbar erzeugtem Strom erzielen elektrische Fahrzeuge gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor deutliche Klimavorteile. Wird der Strom dagegen fossil erzeugt, führt dies nicht zu einem Klimavorteil. In diesem Fall ist auch die Effizienz der Energieumwandlung über den Gesamtpfad für das Elektrofahrzeug nicht besser als für das Dieselfahrzeug. Grund sind vor allem die Umwandlungsverluste bei der fossilen Stromerzeugung. Im Gegensatz zu Elektrofahrzeugen emittieren Dieselfahrzeuge im Betrieb jedoch schädliche Abgase wie Stickoxide oder auch geringe Mengen Feinstaub.

Ein wesentlicher Anteil der Stromversorgung basiert derzeit auf Kohle und Erdgas, so dass bei einer durch Elektrofahrzeuge gesteigerten Abnahme von konventionellem Strom auch mit höheren Treibhausgasemissionen gerechnet werden kann. Da zukünftig von steigenden Anteilen erneuerbarer Energien im Strommix ausgegangen werden kann, wird die Klimaverträglichkeit allein dadurch schon steigen.

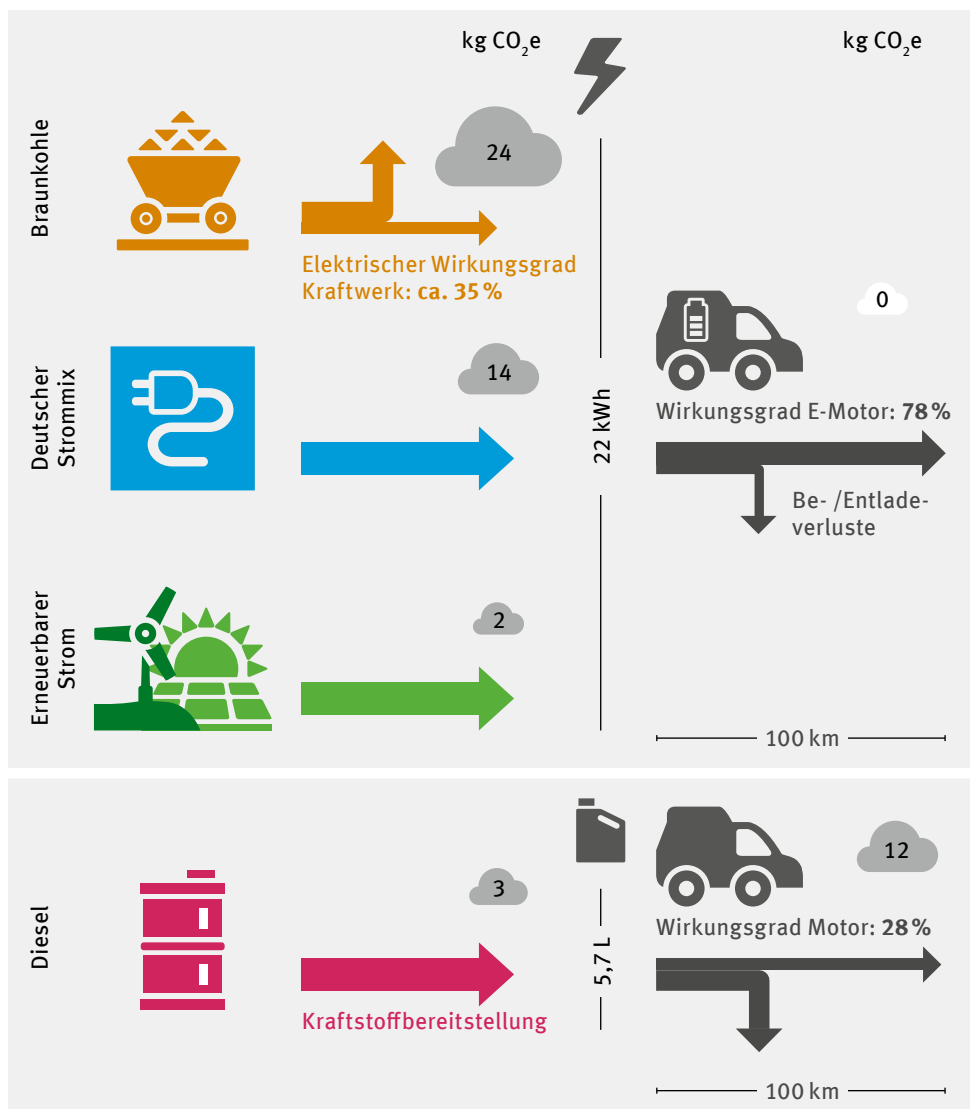


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen (kg CO₂-Äquivalent) in der Bereitstellungs- und Nutzungsphase für ein Elektrofahrzeug (Strom) und ein Dieselfahrzeug (Diesel) bei einer Fahrstrecke von 100 km. Für die Strombereitstellung werden beispielhaft zwei mögliche Pfade und der Strommix für 2012 ausgewiesen. Für die Nutzungsphase der Fahrzeuge und die Kohleverstromung werden abgeschätzte Wirkungsgrade angegeben. Dieselfahrzeuge emittieren im Gegensatz zu Elektrofahrzeugen im Betrieb zusätzlich zu den Treibhausgasen Luftschadstoffe. [Eigene Berechnungen und Verbrauchswerte nach ²⁹]

Batterieelektrische Fahrzeuge: als Hybrid, mit Range Extender oder rein elektrisch

Aktuell sind elektrische Fahrzeuge vor allem als Pkw und leichte Nutzfahrzeuge in verschiedenen Ausprägungen zu finden:

Hybridfahrzeuge verfügen über einen Elektro- und einen weiteren Motor – in der Regel einen Verbrennungsmotor – der mit Diesel oder Benzin betrieben wird. Es gibt sie auch mit externer Lademöglichkeit (sogenannte Plug-in-Hybride) um Energie aus dem Stromnetz nutzen zu können. Elektrische Fahrzeuge mit einem Reichweitenverlängerer (Range Extender) besitzen neben dem Elektromotor nur noch einen (kleinen) Verbrennungsmotor. Dieser wird nicht zum Antrieb genutzt, sondern produziert nur über einen Generator Strom für den Elektromotor, sollte der Akku leer und keine Lademöglichkeit in der Nähe sein. Und schließlich gibt es auch rein batterieelektrische Fahrzeuge nur mit Stromspeicher und externer Lademöglichkeit von Strom.

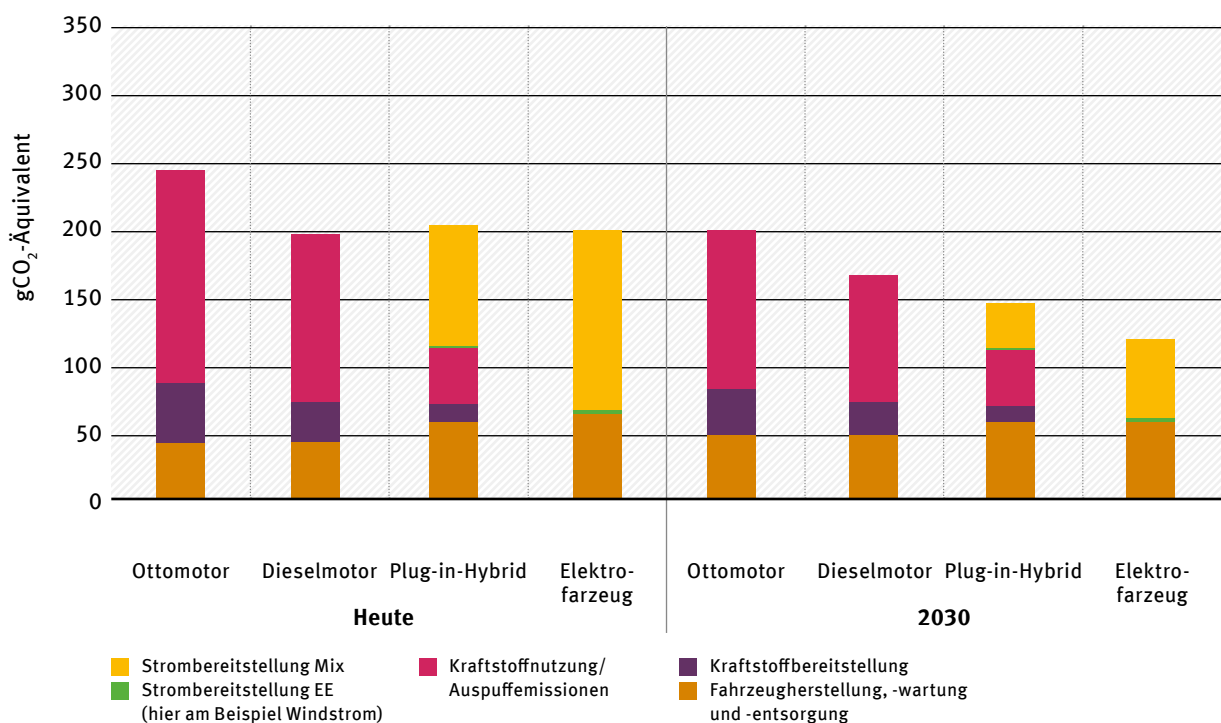
Aus heutiger Sicht scheint es realistisch, dass batterieelektrische Pkw mittelfristig bei weiteren Kostensenkungen im Kurz- und Mittelstreckenverkehr konkurrenzfähig werden und sich daher etablieren. Auch für den Busverkehr in Ballungsräumen oder den Lkw-Lieferverkehr, ist eine teilweise oder vollständige Elektrifizierung mittel- bis langfristig grundsätzlich mög-

lich. Bedacht werden muss jedoch der Aufbau der Ladeinfrastruktur, die sich gerade in den Anfangsjahren aufgrund der geringen Nutzerzahlen kaum wirtschaftlich refinanziert. Der Aufbau selbst wird gerade durch die EU-Richtlinie 2014/94/EU mit verbindlichen Mindestzahlen an Ladepunkten forciert.

Es ist wichtig, bei einer vergleichenden Bewertung der Umweltwirkung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und batterieelektrischem Antrieb den gesamten Lebenszyklus zu betrachten. Aspekte einer solchen Bewertung aus einer aktuell im Auftrag des UBA durchgeführten Studie sind in Abbildung 2 dargestellt.³¹ Die Ergebnisse zeigen, dass die Produktion der Elektrofahrzeuge heute wie auch zukünftig mit höheren Treibhausgasemissionen verbunden ist als die von konventionellen Fahrzeugen. Wird allerdings anders als in Abbildung 2 davon ausgegangen, dass die Elektrofahrzeuge zukünftig zu 100 % mit regenerativem Strom versorgt werden, hat der Elektroantrieb klare Klimavorteile gegenüber Benzin- und Dieselantrieb. In diesem Fall sind die Emissionen der Stromherstellung (in der Abbildung 2 grün dargestellt) nahezu null, die Mehremissionen der Fahrzeugherstellung werden damit deutlich überkompensiert. Zwar wurden in der Studie die Umweltauswirkungen durch die zusätzlich benötigte Ladeinfrastruktur nicht berücksichtigt, doch auch dann würde der Klimavorteil der Elektroantriebe bestehen bleiben.

Abbildung 1:

Lebenszyklusanalyse verschiedener Kompakt-Fahrzeugkonzepte³⁰, am Beispiel der Klimawirkung in gCO₂-Äquivalent pro gefahrenem km. [Eigene Darstellung nach ³⁰]



Quelle: UBA

Infobox: Elektroautos – Wechselwirkungen mit dem Stromsystem

Elektrofahrzeuge sind neue Stromverbraucher – sie müssen daher bei den Zielvorgaben für den Ausbau der erneuerbaren Energien berücksichtigt werden. Gleichzeitig sind Elektrofahrzeuge in der Lage, den Ladezeitpunkt in aus Stromsystemsicht günstige Zeiten zu legen. Dies ist z. B. nachts der Fall, wenn die Stromnachfrage gering ist und sehr viel Windstrom eingespeist wird. Langfristig ist es auch denkbar, dass Elektrofahrzeuge bei besserer Haltbarkeit ihrer Batterien Netzdienstleistungen durch die Zwischenspeicherung von Strom erbringen, d.h. dass der Strom bei Bedarf in das Stromnetz rückgespeist werden kann. All das kann für die Integration der erneuerbaren Energien in das bestehende Energiesystem hilfreich sein.

Werden Elektrofahrzeuge stärker genutzt, ergibt sich eine Verschiebung von Energieverbräuchen im europäischen Emissionshandelssystem, das den Verkehr bislang weitgehend nicht erfasst. Die zukünftigen Rahmenbedingungen für den Emissionshandel können und sollten einer zunehmenden Elektromobilität Rechnung tragen. Dabei ist eine sektorübergreifende Abstimmung der Minderungsvorgaben erforderlich, so dass Elektromobilität einen tatsächlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann.

Elektrofahrzeuge brauchen viele Rohstoffe – und die sind zum Teil selten

Elektrische Fahrzeuge kommen zwar ohne Tank aus, brauchen aber Akkus, um die Energie zu speichern. Verglichen mit einem Benziner mit Otto-Motor benötigt ein Plug-in-Hybrid bei seiner Herstellung rund 60 % mehr Rohstoffe, ein reines Elektrofahrzeug sogar 90 % mehr als der Benziner.³¹ Benötigt werden dabei etwa Kobalt, einige Metalle der Seltenen Erden und Nickel. Diese Metalle sind zum Teil schon heute kritisch, weil knappe Rohstoffe. Das Recycling der elektrischen Komponenten und der Akkus des Fahrzeuges ist daher wichtig, um die Stoffkreisläufe zu schließen und damit die Umweltbelastungen bei der Fahrzeugherstellung zu senken.³¹

Über den Lebenszyklus gerechnet ergeben sich heute noch sowohl für Plug-in-Hybride als auch für batterieelektrische Fahrzeuge aufgrund der Herstellung von Akkus und elektrischen Komponenten teilweise ökologische Nachteile gegenüber konventionellen Antrieben (z.B. bei der Feinstaub- und Wasserbilanz). Beim Sommermog, also dem bodennahen Ozon und der Überdüngung an Land sind Elektrofahrzeuge aber schon heute im Vorteil, weil die Emissionen von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen bzw. Stickoxiden in der Nutzungsphase im Verbrennungsmotor größer sind als selbst im aktuellen Mix in der Stromerzeugung. Der technische Fortschritt geht aber voran, sodass bis 2030 die Energiedichte pro Batterie steigen wird und damit der Ressourcenaufwand von Elektrofahrzeugen deutlich sinken wird. Zudem wird durch die Schließung der Recyclingkreisläufe der Bedarf



◀ Für Elektrofahrzeuge werden im Moment noch ca. 60–90 % mehr Rohstoffe benötigt als für einen Benziner mit Otto-Motor. Unter anderem werden Kobalt, Nickel und einige Metalle der Seltenen Erden verwendet.

an Primärrohstoffen sinken. Damit lassen sich die derzeit teilweise noch bestehenden ökologischen Nachteile zukünftig klar reduzieren bzw. in ökologische Vorteile umwandeln. Beim Thema der Versauerung wird beispielsweise die Elektromobilität zukünftig eine positive Bilanz aufweisen. Deutlich schneller wird die Elektromobilität eine positive Gesamtumweltbilanz unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus aufweisen, wenn konsequent regenerativer Strom verwendet wird.

Nicht nur auf der Schiene, auch auf der Straße können leitungsgebundene elektrische Antriebe sinnvoll sein. Vor allem dann, wenn Batterien nicht oder nur schwer einsetzbar sind. Gerade bei schweren Lastkraftwagen wie Lkw und Bussen ist der Einsatz von Batterien fraglich, die Energieversorgung via Oberleitungen wäre



▲
Oberleitungs-
Lkw auf einer
Teststrecke

daher eine Alternative. Elektrobusse mit Oberleitung sind bereits marktreif und werden in anderen Ländern (z.B. in der Schweiz) im innerstädtischen Verkehr bereits seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt. Aktuell wird auch der Einsatz von oberleitungsgebundenen Fernverkehrs-Lkw in Deutschland diskutiert. Für leitungsgebundene Systeme spricht ihre hohe Energieeffizienz, da es nur wenige Umwandlungen zwischen verschiedenen Energieformen gibt und der Elektromotor hocheffizient ist. Allerdings ist dieser Weg mit Aufwand verbunden: Die erforderliche Oberleitungsinfrastruktur müsste aufgebaut werden, da Straßen bislang nicht elektrifiziert sind. Auch die Fahrzeugflotten müssten umgestellt werden. Damit sich der Aufbau der Infrastruktur lohnt, ist mittel- und langfristig eine hohe Auslastung notwendig. Für ein besonders effizientes System sind sinnvoller Weise zudem grenzüberschreitende Systeme zu entwickeln. Aufgrund dieser Hemmnisse setzt das UBA im Güterverkehr zusätzlich auf eine Verlagerung auf einen bereits elektrifizierten Verkehrsträger: Die Bahn.

Eine weitere Alternative innerhalb der elektrischen Fahrzeuge bilden Brennstoffzellen-Fahrzeuge, die aktuell jedoch noch keine Marktreife erlangt haben. Auch diese sind lokal nahezu frei von Schadstoffemissionen. Ihre Vorteile gegenüber den Elektrofahrzeugen mit Batterie liegen in den höheren Reichweiten und dem schnelleren Tanken. Allerdings ist ihr Energieverbrauch – wegen der zweifachen Umwandlung (Strom- Wasserstoff- Strom) deutlich höher. Zudem sind die Fahrzeuge derzeit noch sehr teuer.

Weitere Optionen: Wasserstoff, Methan und Erdgas

Alternative Kraftstoffe wie Wasserstoff, Erdgas und Methan werden aktuell nur in Nischen eingesetzt. Wasserstoff kann in Brennstoffzellen elektrischer Fahrzeuge, jedoch auch in Verbrennungsmotoren genutzt werden. Die direkten Emissionen bei der Verbrennung belasten das Klima nicht, jedoch kann die Wasserstoffherstellung aus fossilem Erdgas zu signifikanten Klimagas-Emissionen führen. Eine Infrastruktur für die Versorgung mit Wasserstoff ist bisher nur punktuell vorhanden, ein weiterer Aufbau aufwendig und kostenintensiv.

Erdgas bzw. Methan kann in Verbrennungsmotoren und Strahltriebwerken von Flugzeugen genutzt werden. Durch das aus Klimasicht günstige Kohlenstoff-zu-Wasserstoff-Verhältnis werden im Vergleich zu Diesel oder Benzin pro Energieeinheit rund 25 Prozent weniger Treibhausgase direkt emittiert.³² Aktuell gibt es Bestrebungen in der internationalen Seeschifffahrt verflüssigtes Erdgas als alternativen Kraftstoff zu etablieren. Dies insbesondere auch mit dem Ziel die Emission von Stickoxiden und Schwefeldioxid deutlich zu verringern. Wichtig ist jedoch, auch die Bereitstellung der Kraftstoffe zu betrachten. Es gibt hier große Unterschiede, unter anderem auch für synthetisches Methan auf Basis erneuerbarer Energien (siehe folgender Abschnitt). Für Erdgas gibt es in Deutschland eine gut ausgebaute Infrastruktur.

Die alternativen Kraftstoffe: postfossil und treibhausgasneutral

Der Verkehr wird heute nahezu vollständig durch fossile Mineralöle angetrieben. In weit geringerem Maße sind erdgasbasierte Produkte im Kraftstoffmarkt vertreten. Damit auch der Verkehrssektor klimaneutral werden kann, muss auch er ohne fossile Energieträger auskommen und braucht Alternativen. Und die gibt es: Insbesondere die direkte Nutzung von erneuerbarem Strom wie auch die indirekte Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom stehen hier zur Verfügung.

Biodiesel und Co.: Biokraftstoffe sind knapp und bergen hohe Risiken

Biokraftstoffe lassen sich aus unterschiedlichen biogenen Rohstoffen herstellen. Dabei kommt bisher hauptsächlich eigens dafür angebaute Biomasse zum Einsatz. Es wird jedoch intensiv an Möglichkeiten geforscht, auch die große Zahl unterschiedlicher Rest- und Abfallstoffe pflanzlicher oder tierischer Herkunft effizient verwenden zu können. In der Fachdiskussion werden die Biokraftstoffe begrifflich in solche der 1. und 2. Generation unterschieden, manchmal ausschließlich gemäß der Herkunft verwendeter Rohstoffe, manchmal auch vereinfachend nach der historischen Reihenfolge der Marktreife technischer Verarbeitungsmöglichkeiten. Die ökologischen Auswirkungen der Biokraftstoffproduktion können – insbesondere im globalen Maßstab – je nach Ausgangsstoff, Verarbeitung und genutzter Menge sehr unterschiedlich sein. Dabei sind potenziell negative Umweltwirkungen beim landwirtschaftlichen Anbau von Rohstoffen (sog. 1. Generation; z. B. Raps, Ölpalmen, Mais oder Zuckerrohr) insgesamt als wesentlich größer einzuschätzen als die der Sammlung von Reststoffen (z. B. gebrauchtes Pflanzenöl, Stroh, Maisspindeln) oder Abfällen (z. B. biogener Anteil des Hausmülls, Schlachtabfälle, Garten- oder Landschaftspflegeabfälle).³³

Die ökologischen und sozialen Auswirkungen der Verwendung gezielt angebaute Biomasse sind vielschichtig und weitgehend miteinander verflochten. So müssen die Mengen an Pflanzen zur menschlichen Ernährung, die für die Herstellung von Biokraftstoffen dem Nahrungsmittelmarkt entzogen werden, oft an anderer Stelle wieder angebaut werden, um den global steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln zu decken. Die u. a. dadurch verschärfte Konkurrenz zwischen unterschiedlicher Sektoren der Biomassenutzung (Ernährung, stoffliche Nutzung und Energie) um Anbaufläche und Weideland trägt international zur Verdrängung bestehender Anbaustrukturen, Ausweitung

der landwirtschaftlichen Fläche oder auch zur abrupten Intensivierung zur Steigerung der Flächenerträge bei. Auch eine steigende Nachfrage nach angebaute Biomasse für Biokraftstoffe verschärft in signifikantem Maße die wachsenden Probleme der globalen Landnutzung wie Entwaldung, Grünlandumbruch, Boden-degradation, hoher Wasserverbrauch und Wasserverschmutzung, Verlust an Biodiversität, und andere. Seit Anfang 2011 gelten deshalb Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe, die sich auf Mindeststandards im Bereich Klimaschutz und Schutz von ökologisch wertvollen Flächen beziehen. Biokraftstoffe müssen ein Treibhausgasminderungspotenzial von mindestens 35 Prozent gegenüber fossilen Kraftstoffen aufweisen. Die Treibhausgasminderung der Biokraftstoffe hängt sehr stark vom Einzelfall (eingesetzte Biomasse, Herstellungsverfahren, Logistik, Verwendung von Kuppelprodukten etc.) ab. Diese Kriterien müssen weltweit erfüllt werden, also auch wenn der Biokraftstoff oder die Biomasse außerhalb der Europäischen Union erzeugt wurden. Der Nachweis, dass die Nachhaltigkeitskriterien unabhängig vom Ursprungsland eingehalten werden, erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland und in der Europäischen Union mit Hilfe privatrechtlicher Zertifizierungssysteme und -stellen.

Beim landwirtschaftlichen Anbau von Rohstoffen sind die potenziell negativen Umweltwirkungen wesentlich größer als bei der Verwendung von Reststoffen oder Abfällen.



Eine global zu beobachtende Steigerung der Nachfrage nach Agrarprodukten ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Starken Einfluss auf die Landnutzung haben dabei veränderte Ernährungspräferenzen in den sog. Schwellen- und Entwicklungsländern bei insgesamt ansteigenden Bevölkerungszahlen. Hier nähert sich bsw. die Nachfrage an Milch- und Fleischprodukten dem sehr hohen Niveau in den Industrieländern graduell an. Eine weitere Nachfragesteigerung wurde relativ kurzfristig durch die politisch gewollte Förderung (z. T. Abnahmegarantie) der Biokraftstoffe in Ländern bzw. Weltregionen mit großem Einfluss auf die Agrarmärkte (insb. USA und die EU) bewirkt. Stark gestiegene Ölpreise, Missernten und leere Lagerbestände führten dann 2008 bei steigender Nachfrage zu starken Schwankungen und zeitweilig massiver Erhöhung der globalen Nahrungsmittelpreise. Die Folge waren gravierenden Einbrüchen bei der Ernährungssicherung ärmerer Bevölkerungsschichten, insbesondere in den wachsenden Städten des globalen Südens, teilweise verbunden mit einer weiteren Verschärfung der allgemeinen Sicherheitslage. In der ländlichen Entwicklung führt der Nachfragedruck zur Verdrängung bestehender Landnutzungsformen (z. B. extensive Viehzucht und Anbau zur Selbstversorgung). So kann bsw. eine abrupte Intensivierung des Anbaus zur Bereitstellung zusätzlicher Biomasse neben den ökologischen auch komplexe soziale und ökonomische Probleme oder deren Verschärfung hervorbringen. Regional und lokal können eine weitgehende Umstellung auf den Anbau von Rohstoffen für die Biokraftstoffproduktion und einhergehende Veränderungen der Agrarstruktur (Monokulturen, starke Abhängigkeit von teuren Düngemitteln und Pestiziden) das Angebot an Nahrung einschränken bzw. Preise durch importierte Nahrung in die Höhe schnellen lassen. Kleinbäuerinnen und -bauern, die die finanziellen Voraussetzungen und das Wissen zur Umstellung auf die neuen, hochintensiven Anbaumethoden nicht mitbringen, verlieren dabei zunehmend ihre Existenzgrundlagen und werden direkt oder indirekt von ihrem Land vertrieben. Viele wandern in die Städte ab, wo sie noch verletzlicher durch die schwankenden Nahrungsmittelpreise sind oder versuchen ihr Glück bei der Rodung eines Stück Waldes, um neues Agrarland zu gewinnen.

Diese komplexen Dynamiken sind es, die seit längerem auch in der Diskussion um die Rolle von Biokraftstoffen beim Klimaschutz kritisch diskutiert werden. Landnutzungsänderungen wie Waldrodung oder der Umbruch von Grünland zur Ausweitung der Agrarfläche haben immense Treibhausgasemissionen zur Folge, die anteilig der Herstellung von Biokraftstoffen zuzurechnen sind. Die Höhe dieser, oft

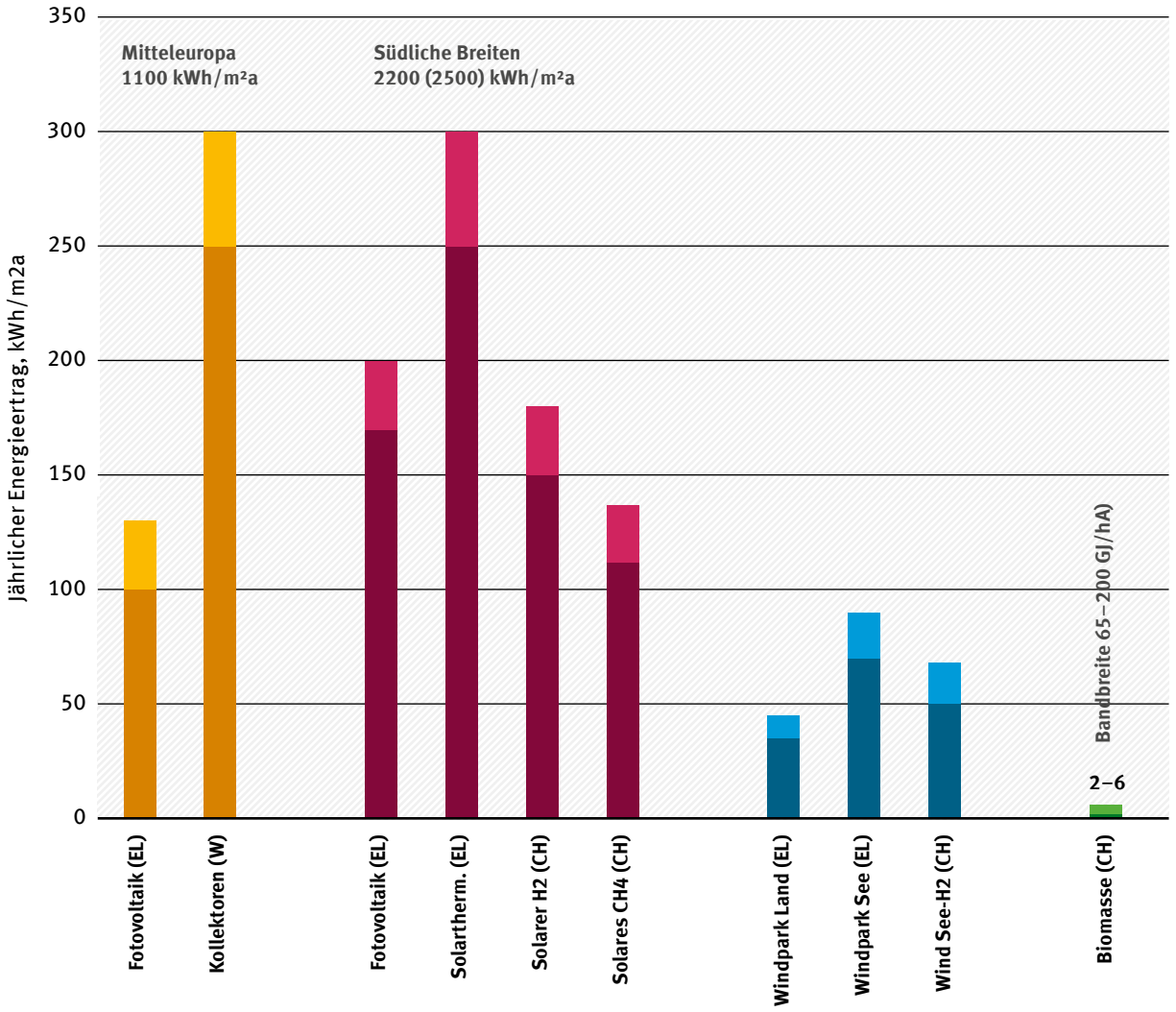
indirekt verursachten, Emissionen ist jedoch aufgrund der global verflochtenen Prozesse nur sehr schwer zu ermitteln. Wo dies mittels ökonomischer Modelle dennoch versucht wurde, ergaben sich in der Regel alarmierende Werte für die realen Treibhausgasemissionen von Biokraftstoffen, die an deren grundsätzlicher Klimaschutzwirkung erhebliche Zweifel lassen. Gemäß des Vorsorgeprinzips hat die EU Kommission auf die o. g. Risiken mit ihrem Vorschlag reagiert, die Menge solcher förderfähiger Biokraftstoffe zu beschränken, die auf Grundlage von Nahrungsmittelpflanzen bzw. eigens angebaute Kulturen produziert werden. Eine entsprechende Regelung zur Begrenzung des energetischen Anteils solcher Kraftstoffe auf 7 % des Energieverbrauchs im Verkehrssektor der EU Mitgliedsstaaten auf 7 % - bei einem vereinbarten Ziel von 10 % erneuerbarer Energien im Verkehrssektor der EU - trat 2015 in Kraft und wird durch das UBA begrüßt.

Der Anbau von Biomasse braucht zudem verglichen mit Photovoltaik oder Windenergie deutlich mehr Fläche um die gleiche Menge Energie zu erzeugen, wenn man die Energieausbeute pro Quadratmeter Anbau-/Anlagenfläche betrachtet (siehe Abbildung 3). Das UBA empfiehlt daher: Biomasse sollte wenn überhaupt energetisch nur auf Basis von Reststoffen und Abfällen, wie z. B. gebrauchtes Pflanzenöl, Stroh, der biogene Anteil des Hausmülls und Schlachtabfälle, genutzt werden. Das bedeutet aber auch, dass damit allenfalls noch Nischenmärkte bedient werden können. Anbaubiomasse, also Pflanzen, die nur zum Zweck der Energiegewinnung angebaut werden, bietet für das UBA aufgrund der genannten Risiken nicht einmal eine Übergangslösung, da die Schäden generationsübergreifend wirken.



Abbildung 2:

Typische flächenspezifische Energieerträge von erneuerbaren Energien und ihre Bandbreiten für zwei typische Strahlungsangebote; bei entsprechenden deutschen Verhältnissen³⁴. [Eigene Darstellung nach³⁵]



Quelle: UBA



Im Vergleich mit Photovoltaik benötigt der Anbau von Biomasse deutlich mehr Fläche, um die gleiche Menge Energie zu erzeugen.

Um den Verkehrssektor klimaneutral werden zu lassen, muss verstärkt auf Alternativen zu fossilen Energieträgern gesetzt werden.



Strom – gut, wenn regenerativ erzeugt!

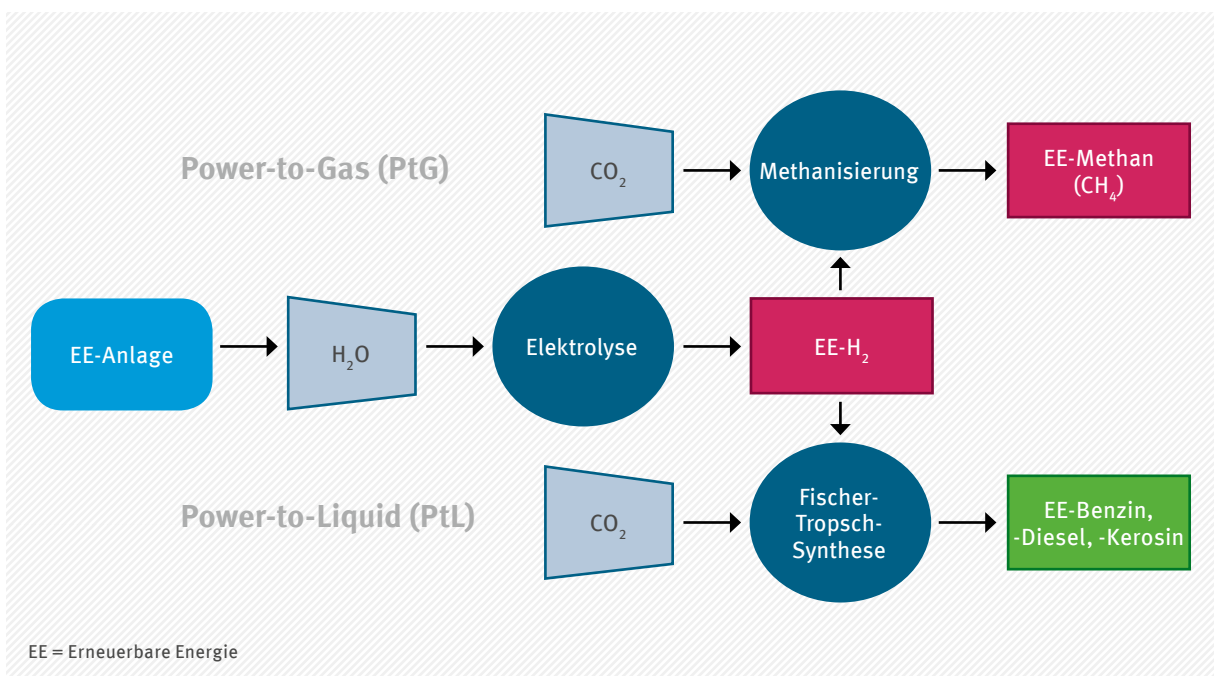
Soll Strom künftig unsere Autos und Busse antreiben, bietet sich einerseits die direkte Stromnutzung an – sowohl über eine Batterie als auch über die Oberleitung wie bei der Bahn. Eine weitere Option sind gasförmige oder flüssige Kraftstoffe, die aus Strom hergestellt werden. Das Verfahren – zunehmend bekannt unter den Schlagworten Power-to-Gas (PtG) und Power-to-Liquid (PtL) – bildet eine weitere Option für den Verkehr. Erneuerbare Energien, egal ob Wind, Wasser oder Sonne erzeugen den Strom für eine Elektrolyse, bei der Wasser (H_2O) in Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) gespalten wird. Der Wasserstoff kann bereits direkt als alternativer Kraftstoff genutzt werden. Gibt man Kohlenstoffdioxid (CO_2) oder auch Kohlenstoffmonoxid (CO) hinzu, lässt sich

in einer katalytischen Synthese (auch Methanisierung) der gasförmige Kraftstoff Methan (CH_4) aus dem Wasserstoff erzeugen. Darüber hinaus kann über die bereits Mitte der 20er Jahre entwickelte Fischer-Tropsch-Synthese ein Wasserstoff-Kohlenmonoxid-Gemisch auch zu flüssigen Kohlenwasserstoffen umgewandelt werden. Diese unterschiedlich erzeugten langkettigen Kohlenwasserstoffe werden aufbereitet und fraktioniert und können anschließend als Diesel-, Benzin- oder auch Kerosinvariante genutzt werden. Erdöl, bislang der Ausgangsstoff für diese Kraftstoffe, wird also abgelöst von umweltfreundlichen Alternativen. Am höchsten ist die Energieausbeute bei der direkten Verwendung als Wasserstoff; der Wirkungsgrad nimmt über das Methan hin zu den flüssigen Kraftstoffen allerdings deutlich ab.

Abbildung 3:

Vereinfachter Herstellungsprozess von Power-to-Gas und Power-to-Liquid.

[Eigene Darstellung nach³⁶]



Quelle: UBA

Wegen hoher Wandlungsverluste und Investitionskosten bei der PtG- und PtL-Produktion ist die direkte Stromnutzung in der Regel die billigste und umweltfreundlichste Option. Daher sollte diese bevorzugt zum Einsatz kommen. Ohne weiteres technisch realisierbar ist das bei Pkw, leichten Nutzfahrzeuge, der Schiene und beim Nahverkehrs-Lkw. Für Seeschiffe und kommerziell genutzte Flugzeuge scheidet direktelektrische Antriebe aus.

Global gesehen sind die technischen Potenziale der erneuerbaren Energien zur Herstellung stromgenerierter Kraftstoffe aus Strom der Photovoltaik- und Windenergieanlagen oder Solarwärmekraftwerken ausreichend, wenn gleichzeitig viel mehr Energie effizienter verwendet wird. Die Power-to-Gas und Power-to-Liquid Technik ist jedoch noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.

Der Verkehrssektor verursacht derzeit rund 18 Prozent der deutschen Klimagasemissionen. Um die Klimaschutzziele zu erreichen müssen auch hier die Emissionen deutlich sinken. Das zeigt die UBA-Studie „Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050“²⁶ sehr deutlich. Die wissenschaftliche Beurteilung der Treibhausgasemissionen von Elektromobilität und stromgenerierten Kraftstoffen ist hochkomplex. Je nachdem wie sich die Energieversorgung global entwickelt, können sich sehr unterschiedliche Minderungseffekte ergeben. Würde die Energieversorgung künftig völlig auf erneuerbaren Energien basieren, könnten die CO₂-Emissionen von Elektromobilität und stromgenerierten Kraftstoffen auf null sinken. In einem Energiesystem, das im Wesentlichen auf fossilen Energieträgern (insbesondere Kohle) beruht, würden die CO₂-Emissionen für stromgenerierte Kraftstoffe jedoch ein Mehrfaches der konventionellen Kraftstoffe betragen. Unabhängig von einer nationalen regenerativen Energieversorgung in Deutschland können durch die Berücksichtigung vorgelagerter Produktionsprozesse – etwa durch den Bau der Energien-Anlagen, den Abbau von Rohstoffen für Batterien und den

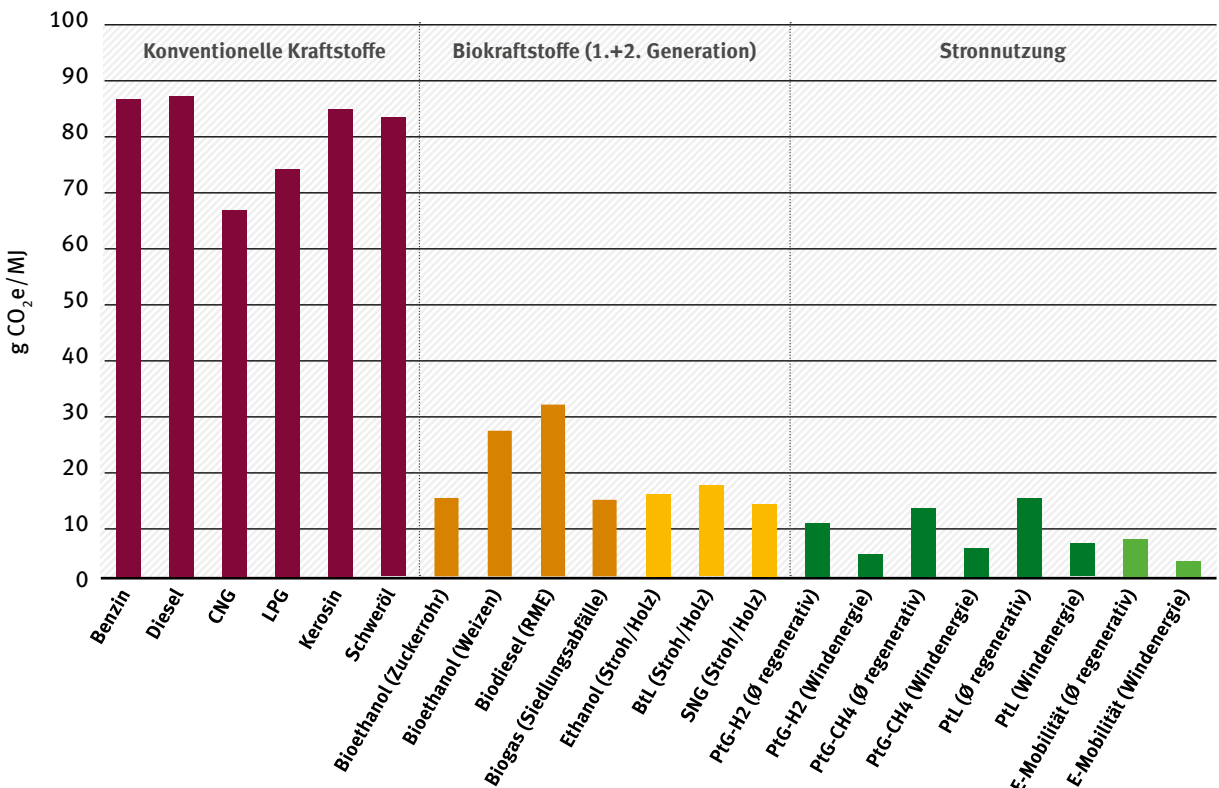
Stahl von Windrädern – ebenfalls Emissionen auftreten, die bilanziert werden müssen. In Abbildung 4 werden die Treibhausgasgesamtemissionen als Summe der direkten und indirekten Emissionen für stromgenerierte Kraftstoffe, konventionelle Kraftstoffe und Biokraftstoffe für das Jahr 2050 gezeigt.³⁷ Unter der Annahme, dass der Strom für die Elektromobilität und die stromgenerierten Kraftstoffe aus einer deutschen regenerativen Energieversorgung stammt, entstehen daraus also keine Treibhausgasemissionen. Die Produktion von Erneuerbare-Energien-Anlagen erfolgt jedoch ganz oder teilweise im Ausland und ist daher mit „grauen“ Emissionen belastet.³⁸

Abbildung 4 zeigt, dass sowohl die direkte als auch die indirekte Verwendung von Strom gegenüber konventionellen Kraftstoffen wie Benzin und Diesel aus Öl und den derzeit eingesetzten Biokraftstoffen der 1. Generation ein deutliches Plus an Klimaschutz gewährleistet. Mit Biokraftstoffen der 2. Generation lassen sich ebenfalls viele Klimagase einsparen, sie stehen aber, weil die Ausgangsstoffe wie Reststoffe aus der Holzproduktion begrenzt sind,

Abbildung 4:

Treibhausgas-Emissionen pro Endenergie inkl. Vorkettenemissionen in gCO₂e/Äquivalent/MJ).

Biokraftstoffe sind ohne Landnutzungsänderungen angegeben. Ø regenerativ legt den durchschnittlichen regenerativen Strom für 2050 zugrunde. PtG steht für Methan. Sowohl für PtG-Methan als auch PTL wurde atmosphärisches CO₂ zu Grunde gelegt



nur für Nischenanwendungen zur Verfügung. Klar wird auch: Ohne deutlich mehr erneuerbare Energien im deutschen Stromnetz, würden die Klimagasemissionen der stromgenerierten Kraftstoffe auch aufgrund von Umwandlungsverlusten diejenigen der konventionellen Kraftstoffe sehr deutlich übersteigen.

Aus diesem Grund ist die Diskussion und Schaffung der notwendigen regulatorischen Rahmenbedingungen entscheidend. Um die Weiterentwicklung der Technik zu beschleunigen und eine marktreife Technologie zu erhalten, empfiehlt das UBA die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gezielt zu fördern und den rechtlichen und ökonomischen Rahmen weiterzuentwickeln.

Fazit

Der Verkehrssektor wird seine schon lange zu hohen Treibhausgasemissionen nur senken, wenn eine grundlegende Wende stattfindet. Nach Ansicht des UBA ist der Dreiklang aus erstens Verkehrsvermeidung, zweitens Verkehrsverlagerung und drittens technische Verbesserung zentral. Neben diesen Bausteinen einer Verkehrswende tritt als vierter Baustein hinzu, den Verkehr auf treibhausgasneutrale Energieträger umzustellen. Fossile Energieträger wie Benzin, Kerosin und Diesel werden uns zwar noch eine Weile begleiten, haben aber mittelfristig ausgedient. Die Zukunft liegt bei regenerativem Strom für Elektromobilität und stromgenerierten Kraftstoffen. Zusätzlich zur Verkehrswende brauchen wir daher eine Energiewende im Verkehr, andernfalls werden wir anspruchsvolle Klimaschutzziele im Verkehr verfehlen.

Die Verkehrspolitik und -gestaltung muss grundsätzlich umsteuern – und sollte in ein Gesamtkonzept eingebettet sein. Isolierte Einzelmaßnahmen werden nicht erfolgreich sein, da der Verkehr mit vielen anderen Politikfeldern der Gesellschaft eng verflochten ist, wie beispielsweise der Wirtschafts-, Energie- und Umweltpolitik. Gleichzeitig findet Verkehrspolitik auf verschiedenen Politikebenen (UN, EU, Bund, Länder, Kommunen) statt, die häufig unzureichend aufeinander abgestimmt sind. Notwendig ist deshalb eine ganzheitliche Strategie in der Verkehrspolitik, die in andere Politikfelder und über alle Politikebenen hinweg integriert ist.

Dass solche umfassenden Strategien in der Verkehrspolitik möglich sind, zeigen Beispiele aus anderen europäischen Ländern. Österreich hat mit dem „Gesamtverkehrsplan“ eine Strategie geschaffen, in der die Integration der unterschiedlichen Verantwortungsbereiche für einzelne Verkehrsträger, der verschiedenen

politischen Ebenen und der benachbarten Politikfelder gelingt. Sie fungiert dabei als „roter Faden“ für alle beteiligten Akteure.

Auch Deutschland sollte sich an diesen Beispielen orientieren und über die aufgezeigten Handlungsbereiche eine Mobilitätsstrategie erarbeiten, die den Verkehr bis 2050 auf einen umweltverträglichen und treibhausgasneutralen sowie auch wirtschaftlich und sozial nachhaltigen Pfad bringt.

● Verantwortlich für den Text:

Timmo Janitzek, Kirsten Adlunger
Wissenschaftliche Mitarbeiter I 3.1

Martin Lange
Wissenschaftlicher Mitarbeiter I 3.2

Beteiligte Fachgebiete:
I 1.1, I 1.3, I 1.4, I 2.1, I 2.2, I 2.3, I 2.5, I 3.1, I 3.2, I 3.5, II 4.1

ENDNOTEN

- 1 Der Verkehrsaufwand ist das Produkt aus beförderten Personen bzw. beförderter Gütermenge und zurückgelegter Entfernung.
- 2 Vgl. Ufoplan-Vorhaben FKZ 3712 11 104: Horizon Scanning und Trendmonitoring als ein Instrument in der Umweltpolitik zur strategischen Früherkennung und effizienten Politikberatung.
- 3 EU-Weißbuch: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem.
- 4 Umweltbundesamt: CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes. Rodt, S. et al.; UBA Texte 5/2010, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2010 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-emissionsminderung-im-verkehr-in-deutschland>)
- 5 Umweltbundesamt: Umweltschädliche Subventionen in Deutschland 2014. Aktualisierte Ausgabe 2014. Köder, L. et al.; Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2014 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschaedliche-subventionen-in-deutschland-2014>)
- 6 Öko-Institut: Weiterentwicklung des Analyseinstruments Renewability, Renewability II – Szenario für einen anspruchsvollen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs. UBA Texte 84/2013, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2013 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-des-analyseinstruments>)
- 7 Deutsches Institut für Urbanistik: Leitkonzept Stadt und Region der kurzen Wege, Sachverständigen Gutachten i. A. des Umweltbundesamtes. UBA Texte 48/2011, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2011 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitkonzept-stadt-region-kurzen-wege>)
- 8 Siehe <http://www.difu.de/publikationen/difu-berichte-42014/aktionsplan-flaechensparen.html>
- 9 Die Umweltzone ist eine kommunale Maßnahme gegen verkehrsbedingte Luftbelastungen, wenn die Luftqualitätsgrenzwerte nach Gemeinschafts- oder Landesrecht nicht eingehalten werden. Sie betrifft Gebiete in städtischen Agglomerationen, in denen das Befahren für bestimmt stärker emittierende Fahrzeuge verboten ist.
- 10 Siehe: <http://gis.uba.de/website/umweltzonen/umweltzonen.php>
- 11 Technische Universität Dresden: Potentiale des Radverkehrs für den Klimaschutz. UBA Texte 19/2013, Umweltbundesamt, Dessau Roßlau 2013 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/potenziale-des-radverkehrs-fuer-den-klimaschutz>)
- 12 Frey, K. (2014): Berechnung positiver volkswirtschaftlicher Gesundheitseffekte von Fuß- und Radverkehr – Das Berechnungsmodul HEAT; In: UMID Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 01/2014; S. 27ff (http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/berechnungsmodul_heat_27-30.pdf)
- 13 Umweltbundesamt: E-Rad macht mobil – Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2014 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/e-rad-macht-mobil>)
- 14 Destatis: Pressemitteilung 121: Fahrgastaufkommen in Bussen und Bahnen weiter auf Wachstumskurs, 2015. (https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/04/PD15_121_461.html)
- 15 Bericht der Daehre-Kommission zur „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung“ vom Dezember 2012.
- 16 Siehe <http://kommunen.klimaschutz.de/foerderung/kommunalrichtlinie.html>
- 17 KCW GmbH: Schienennetz 2025 / 2030 – Ausbaukonzeption für einen leistungsfähigen Schienengüterverkehr in Deutschland. UBA Texte 42/2010, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2010 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schienennetz-2025-2030>)
- 18 Umweltbundesamt: Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr – Empfehlungen des Umweltbundesamtes, Tabelle 6, Seite 9, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2014. (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schaetzung-umweltkosten-in-den-bereichen-energie-0>)
- 19 Eine Verbesserung der technischen Effizienz bedeutet dabei, den Energieverbrauch pro zurückgelegte Strecke zu reduzieren.
- 20 Zukünftig ist es jedoch auch geboten einen ressourcenleichten Verkehr anzustreben. So können einige Maßnahmen zwar die Effizienz der Fahrzeuge verbessern und somit den Ressourcenbedarf in der Nutzungsphase deutlich verringern, verursachen jedoch gewisse Mehraufwände in der Herstellung der Fahrzeuge und der Infrastruktur.
- 21 IFEU: Konzept zur zukünftigen Beurteilung der Effizienz von Kraftfahrzeugen, Sachverständigen Gutachten i. A. des Umweltbundesamtes. UBA Texte 95/2013, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2013 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/konzept-zur-zukuenftigen-beurteilung-der-effizienz>)
- 22 IFEU: Zukünftige Maßnahmen zur Kraftstoffeinsparung und Treibhausgasminde- rung bei schweren Nutzfahrzeugen. UBA Texte 32/2015, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2015 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zukuenftige-massnahmen-zur-kraftstoffeinsparung>)
- 23 Zur Klimawirksamkeit des Luftverkehrs: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/klimawirksamkeit_des_flugverkehrs.pdf
- 24 Umweltbundesamt: Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 – Studie. Purr et al., UBA Climate Change 07/2014, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2014 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgasneutrales-deutschland-im-jahr-2050-0>)
- 25 Öko-Institut: Treibhausgasneutraler Verkehr 2050: Ein Szenario zur zunehmenden Elektrifizierung und dem Einsatz stromerzeugter Kraftstoffe im Verkehr. Sachverständigen Gutachten i. A. des Umweltbundesamtes, Berlin 2013 (<http://www.oeko.de/oekodoc/1829/2013-499-de.pdf>)
- 26 Benzin, Diesel, Schweröl und Kerosin
- 27 Insbesondere bezüglich der Energiedichte.
- 28 Für das Ziel werden extern aufladbare Pkw und leichte Nutzfahrzeuge betrachtet. http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/mobilitaet_zukunft_node.html
- 29 IFEU: Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen. UBA Texte /2015 Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2015
- 30 Die rein elektrische Reichweite des Plug-in-Hybriden beträgt in diesem Fall ca. 50 km und die des Elektro-Fahrzeuges 100 km. Beide Werte entsprechen dabei auch real erreichbaren Werten und sind keine Reichweiten entsprechend UN/ECE R101. Betrachtet wurden dabei für die Bilanzierung aller Klassen Durchschnittswerte aktuell erhältlicher Neufahrzeugkonzepte bzw. Fahrzeugkonzepte für 2030.
- 31 In heutigen industriellen Verfahren für Batterien werden insbesondere die Metalle Kupfer, Nickel und Kobalt zurückgewonnen.
- 32 Siehe http://www.ifeu.de/verkehrund-umwelt/pdf/IFEU_2012_Bericht%20TREMOMOD%20FKZ%20360%2016%20037_121113.pdf
- 33 Umweltbundesamt: Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Jering et al.; Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2013 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/globale-landflaechen-biomasse>)
- 34 Annahmen: 5 MW-Anlagen, Aufstellichte 20 MW/km²; Bezug auf gesamte Fläche (EL: Elektrizität, W: Wärme, CH: chemischer Energiespeicher)
- 35 DLR: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Studie (Schlussbericht BMU – FKZ 03MAP146). (http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/leitstudie2011_bf.pdf)
- 36 DLR, IFEU, LBST, DBFZ: Power-to-Gas (PtG) in transport. Status quo and perspectives for development. München, Heidelberg, Leipzig, Berlin 2014 (http://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Anlagen/UI-MKS/mks-studie-ptg-transport-status-quo-and-perspectives-for-development.pdf?__blob=publicationFile)
- 37 Auch für die konventionellen Kraftstoffe und die Biokraftstoffe hängen die Treibhausgasemissionen maßgeblich von den Rahmenbedingungen ab (Prozessparameter, CO₂-Intensität des Stromes bzw. der Energieträger).
- 38 Graue Emissionen sind die Emissionen, die nicht direkt durch den Betrieb einer Anlage anfallen, sondern durch die Produktion der Anlage, Bereitstellung und Gewinnung von Rohstoffen für die Anlage sowie andere Vorgänge in Zusammenhang mit ihrer Nutzung.
- 39 Infrac, Bern 2014. Die Rahmenbedingungen für die Kraftstoffe, insbesondere zu deren Vorkettenemissionen orientieren sich an den Annahmen aus der Studie „Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050: Eine verkehrsträgerübergreifende Bewertung“, im Auftrag des Umweltbundesamtes
- 40 Deutsches Institut für Urbanistik: Umweltverträglicher Verkehr 2050: Argumente für eine Mobilitätsstrategie für Deutschland, Sachverständigen Gutachten i. A. des Umweltbundesamtes. UBA Texte 59/2014, Umweltbundesamt, Dessau Roßlau 2014 (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltvertraglicher-verkehr-2050-argumente-fuer>)



Das Umweltbundesamt

A collection of realistic water bubbles of various sizes, scattered across the right side of the page. The bubbles are rendered with soft shadows and highlights, giving them a three-dimensional appearance. They are set against a light blue background that transitions from a slightly darker shade at the top to a lighter one at the bottom.

Trink- und Badewasserschutz
S. 82–91

Wie sicher sind unser Trinkwasser und das Baden im Schwimmbad? Und welche Forschung brauchen wir, um dies zu klären?

80 bis 90 Prozent der Deutschen genießen regelmäßig und ohne Bedenken Trinkwasser aus dem Hahn. Zu Recht, denn Trinkwasser wird engmaschig überprüft. 99 Prozent der Trinkwasserproben halten die strengen rechtlichen Vorgaben ein. Aber: Da die Wasseranalyse immer empfindlicher wird, lassen sich mittlerweile auch Fremdstoffe in geringsten Konzentrationen nachweisen. Deswegen liest und hört man von Arzneimittelwirkstoffen, von Schmerzmitteln, Antibiotika oder Pflanzenschutzmitteln in Gewässern. Spurenstoffe und Krankheitserreger gelangen über die Kläranlagen in Gewässer oder werden aus der Landwirtschaft abgeschwemmt. Ins Trinkwasser gelangt davon aber meist nur ein geringer Anteil und dann auch nur in sehr geringen Konzentrationen – im Bereich von millionstel Gramm pro Liter. Dennoch: Wie bewerten wir ein solches, teils neues Wissen? Wie können wir beurteilen, was solche Funde für die Gesundheit bedeuten – wie hoch Risiken sind?

Neben Arzneimittelrückständen, die aus menschlichen und tierischen Ausscheidungen stammen, oder Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft können auch Rohrleitungen, Dichtungen, Schmierstoffe, Armaturen und andere Teile der Trinkwasser-Installation unerwünschte Stoffe ans Wasser abgeben. Vor allem, wenn sie aus ungeeigneten Werkstoffen hergestellt oder falsch installiert wurden. Auch sind neue hochempfindlichen Messmethoden in der Lage, Krankheitserreger bereits in sehr geringen Konzentrationen im Wasser nachzuweisen, darunter auch Viren und Parasiten. Zwischen der Besorgnis über Schadstoffe und Krankheitserreger besteht eine Verbindung: Wird Trinkwasser aus Oberflächengewässern gewonnen, so wird es meist desinfiziert, denn in Gewässern können Erreger vorkommen, und Badebeckenwasser muss immer etwas Desinfektionsmittel enthalten, denn infizierte Menschen geben einige Erreger ans Wasser

ab – meist ohne es selbst zu wissen. Desinfektionsmittel reagieren allerdings nicht nur mit Krankheitserregern, sondern auch mit organischen Verbindungen im Wasser. Dabei bilden sich sogenannte Desinfektionsnebenprodukte, die ihrerseits ggf. gesundheitsschädlich sein können. Was ist nun gefährlicher – die Erreger oder diese Desinfektionsnebenprodukte?

Forschen und bewerten: Was machen wir mit dem neuen Wissen?

Die Bewertung des Gesundheitsrisikos durch Stoffe oder Krankheitserreger im Trinkwasser zählt zur Daseinsvorsorge: Für uns alle ist es wichtig, sich auf die gesundheitliche Unbedenklichkeit des Wassers aus dem Hahn verlassen zu können: Um es frisch und kühl direkt zu trinken, um damit Speisen zuzubereiten, um damit zu duschen und zu baden oder um es im Haushalt zu nutzen. Auch ist der hohe

gesundheitliche Nutzen des Schwimmens unbestritten. Sorgen über Infektionen, Auslösen von Allergien oder gar Krebs durch Reaktionsprodukte der Desinfektion sollten das Badevergnügen nicht trüben.

Klar ist: Absolut frei von Mikroorganismen und Fremdstoffen kann Wasser nur unter Laborbedingungen sein. In der Natur und in großen technischen Systemen enthält es stets – in geringen Konzentrationen – verschiedene Stoffe und Mikroorganismen – sowohl solche, die natürlicherweise vorhanden sind, als auch solche, die durch menschliche Aktivitäten ins Wasser gelangen. Ein vom Menschen unbeeinflusstes Wasser enthält Mineralstoffe und Metalle aus dem Gestein vor Ort, organische Stoffe, die durch den mikrobiellen Abbau pflanzlicher Stoffe oder anderem organischen Material entstehen, und auch Mikroorganismen. Oberhalb einer bestimmten Konzentration sind manche dieser Stoffe schädlich, etwa Arsen, Fluorid, Uran und Chromverbindungen. Auch können manche natürlicherweise vorkommenden, unschädlichen organische Stoffe mit Desinfektionsmitteln zu unerwünschten Desinfektionsnebenprodukten reagieren oder Bakterien als Nahrungsquelle dienen. Manche Bakterien aus der Umwelt sind nicht (wie die meisten Krankheitserreger) von Mensch zu Mensch ansteckend. Sie können aber schwere Infektionen verursachen, wenn sie in ausreichend hoher Konzentration von empfindlichen Menschen eingeatmet, verschluckt oder auch über die Haut aufgenommen werden. Beispiele sind

Pseudomonas aeruginosa oder Legionellen. Als Grundsatz gilt daher, den Mikroorganismen in unseren Wasserverteilungssystemen und Bädern keine Chance zur Vermehrung zu geben.

Krankheitserreger und Schadstoffe: Wie wenig ist wenig genug?

Ein „Null-Risiko“ – weder von gesundheitsschädlichen Stoffen noch von Mikroorganismen – kann es im Trink- und Badewasser nicht geben. Die Frage ist: Welches Risiko kann man tolerieren? Für viele Stoffe gilt eine Wirkungsschwelle: Erst ab einer bestimmten Konzentration wirken sie giftig. Das ist bei Nitrat oder Selen der Fall. Manche Stoffe, die in hohen Konzentrationen schädlich sind, benötigt unser Körper sogar in geringen Konzentrationen (z. B. Fluorid oder Kupfer). Für diese Stoffe setzt man deshalb Grenzwerte deutlich unterhalb der Schwelle ihrer im Tierversuch festgestellten Schädwirkung.

Es gibt jedoch auch Gefahren, etwa bei Krebs, für die sich keine Wirkschwelle bestimmen lässt. Hier genügt theoretisch ein Molekül, um eine Schädigung oder Beeinträchtigung zu verursachen. Wie wahrscheinlich es ist, dass es die „passende“ Stelle im Erbgut (DNA) schädigt, ist jedoch wiederum eine Frage der Dosis, also der aufgenommenen Menge. Insofern gilt auch für krebserregende Stoffe: Die Dosis macht das Gift. Bei Krebs hat sich für das maximal tolerierte Risiko in den vergangenen Jahrzehnten durchgesetzt, dass ein bestimmter Stoff im

Trinkwasser ist unser Lebensmittel Nummer eins
▼



Trinkwasser nicht mehr als eine Krebserkrankung unter einer Million Menschen verursachen darf, wenn jede/r davon zwei Liter pro Tag lebenslang trinkt. Bei rund 80 Millionen Deutschen, die im Mittel rund 80 Jahre alt werden, bedeutet dies rechnerisch pro Jahr eine zusätzliche Krebserkrankung in ganz Deutschland. Da insgesamt rund eine halbe Million Menschen pro Jahr in Deutschland an Krebs erkranken, ist die Wahrscheinlichkeit verschwindend gering, dass eine dieser Erkrankungen durch einen Stoff im Trinkwasser ausgelöst wurde. Zum Vergleich: Pro Jahr erkranken in Deutschland rund 20.000 Menschen an Hautkrebs, weil sie sich zu viel natürlicher UV-Strahlung ausgesetzt haben. Im Umkehrschluss heißt das: Die Grenzwerte für krebserregende Stoffe im Trinkwasser sind in Deutschland sehr streng. Und genau das ist gewollt: Trinkwasser soll nicht krank machen, weil es unser Lebensmittel Nummer eins ist.

Auch bei Krankheitserregern steigt das Risiko mit der Menge an Erregern: Viele Bakterienarten, z. B. Typhus- und Choleraerreger, verursachen nur bei Aufnahme einer recht hohen Anzahl (z. B. über 1.000 Bakterien) eine Infektion. Von anderen – insbesondere manchen Viren und Parasiten wie Cryptosporidien und Giardien – können bereits 1–10 Erreger zu einer Durchfallerkrankung führen. Wie auch bei den chemischen Stoffen kann es keine hundertprozentige Sicherheit geben, dass kein einziger Erreger jemals den Wasserhahn erreicht. Auch bei Bakterien, Viren und Parasiten sollte daher eine maximal tolerierbare Erkrankungsrate festgelegt werden. Diese Erkenntnis ist recht neu und bislang erst in den Niederlanden in die Gesetzgebung eingegangen: Dort darf das Trinkwasser bei 10.000 Menschen maximal bei einer Person eine Infektion pro Jahr verur-

sachen. Die Weltgesundheitsorganisation geht einen Schritt weiter und schlägt vor, zwischen leichten Infektionen (wie z. B. drei Tage Durchfall) und schweren Infektionen (z. B. Cholera und Typhus) zu unterscheiden, indem man die Erkrankungsrate mit einem Gewichtungsfaktor für die Schwere der Erkrankung multipliziert (ein solches Vorgehen kennt man aus Berufsunfähigkeitsversicherungen). Aus dem Ergebnis solcher Überlegungen lässt sich ableiten, dass nicht mehr als ein Virus in 100.000 Litern Trinkwasser vorkommen darf – eine extrem niedrige Konzentration, die man übrigens nicht einmal direkt messen kann, sondern die sich nur schätzen lässt.

Auch in Deutschland sollte eine Diskussion über das tolerierte Infektionsrisiko durch Trinkwasser geführt werden. Dies ist keine rein wissenschaftliche Aufgabe, sondern eine gesellschaftliche und politische. Das Umweltbundesamt sucht derzeit dafür geeignete Foren und Wege mit dem Ziel, aus den Diskussionsergebnissen einen Vorschlag für die Gesetzgebung zu entwickeln. Denn nur aus einer solchen Festlegung können wir ableiten, bis auf welche Maximalkonzentration bestimmte Erreger mindestens zu reduzieren sind – durch den natürlichen Abbau in Gewässern oder durch Technik im Wasserwerk.

Hohe Wasserqualität sicherstellen – trotz Vielfalt an Stoffen und Erregern

Klar ist: Sicherheit entsteht nicht in erster Linie durch immer mehr Grenzwerte und intensive Untersuchung des Wassers. Wichtiger ist, dass Schadstoffe und Erreger gar nicht erst ins Wasser gelangen, und falls doch, dass sie wirksam entfernt werden. Dann genügt die regelmäßige Untersuchung auf eine Auswahl von charakte-

Ein „Null-Risiko“ kann es im Trink- und Badewasser nicht geben



ristischen Stoffen und Mikroorganismen, um zu überprüfen, ob die Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung stets so funktioniert, wie sie sollte.

Für Trinkwasser empfiehlt das Umweltbundesamt deshalb, das „Rohwasser“ – also das Wasser, aus dem Trinkwasser gewonnen wird – so gut zu kennen, dass abschätzbar ist, welche Konzentrationen an Krankheitserregern darin maximal zu erwarten sind. Dann ist zu beurteilen, ob die Verfahren der jeweiligen Trinkwassergewinnung und -aufbereitung ausreichen, um die Erreger hinreichend zuverlässig zu reduzieren oder ob weitere Maßnahmen erforderlich sind (siehe die UBA-Empfehlung zum Vorgehen zur quantitativen Risikobewertung mikrobiologischer Befunde im Rohwasser sowie Konsequenzen für den Schutz des Einzugsgebietes und für die Wasseraufbereitung von 2014). Prozesse, die Trinkwasser von unerwünschten Fremdstoffen befreien können, sind zum Beispiel: der biologische Abbau von Schadstoffen und das Absterben von Krankheitserregern, in einer Talsperre die Sedimentation von Partikeln, in einer Uferfiltration die Filtrationswirkung des Bodens und im Wasserwerk die Flockung, Filtration sowie erforderlichenfalls eine Ozonung, die Behandlung mit Aktivkohle oder die Desinfektion. Dabei gilt es auch zu beachten, ob bei Ozonung und Desinfektion aus der Reaktion mit organischer Substanz Transformationsprodukte entstehen, die ihrerseits wiederum schädlich wirken. Nicht zuletzt gilt es, eventuell verbleibende (gemessene oder geschätzte) geringe Konzentrationen im fertig aufbereiteten Trinkwasser gesundheitlich daraufhin zu bewerten, ob damit das als gerade noch tolerierbar definierte Risiko nicht überschritten wird. Als Hilfestellung hierfür entwickelte das UBA gemeinsam mit dem Technologiezentrum Wasser „TZW“ das Kompendium „Das Water-Safety-Plan-Konzept: Ein Handbuch für kleine Wasserversorgungen“ mit praktischen Erläuterungen, Ratschlägen, Beispielen und unterstützenden Arbeitshilfen.



Das Wasser-Safety-Plan-Konzept: ein Handbuch für kleine Wasserversorgungen
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/das-water-safety-plan-konzept-fuer-kleine>

Trinkwasserschutz und Umweltbundesamt: Wozu wir forschen

Jede Wasserversorgung ist spezifisch und ein Einzelfall; gleichwohl können Erfahrungen verwendet werden, um die Eliminationsleistung anderer Systeme unter ähnlichen Bedingungen zu schätzen. Daher gilt es, dieses Wissen zu bündeln und so aufzubereiten, dass es für die Anwendung in der Praxis gut zugänglich ist – als „Nachschlagewerk“ oder durch IT-gestützte Bewertung. Für solche Nachschlagewerke fehlen aber noch einige wichtige Bausteine: Geforscht werden muss zum Verhalten von Stoffen und Erregern, zu ihrem Transport, ihrer Elimination und ggf. ihrem Entstehen in Gewässern. Wichtig ist auch Wissen zur technischen Aufbereitung von Trinkwasser und dessen gesundheitliche Bewertung. Dieser Forschung dienen die Labore des Umweltbundesamtes sowie seine Technika (das sind Versuchsanlagen im großen, realitätsnahen Maßstab) – häufig in Kooperation mit externen Partnern, etwa aus Hochschulen, Talsperrenverwaltungen oder Gesundheitsämtern. Auf der Grundlage der Forschungsergebnisse vertritt das UBA staatliche Interessen bei der Entwicklung von Normen (DIN, CEN, ISO) und technischen Regelwerken (DVGW, DW). Am Standort Bad Elster im sächsischen Vogtland untersuchen und bewerten wir das Vorkommen von Krankheitserregern und Stoffen im Trink- und Badebeckenwasser:

- Die **Mikrobiologie** bewertet Methoden zum Nachweis von Krankheitserregern. Zum Beispiel prüfen wir derzeit, inwieweit schnelle genetische Nachweismethoden für Legionellen die langwierigeren Tests durch Kultivierung ersetzen können. Ein weiteres Ziel ist die Beurteilung des Gesundheitsrisikos durch Krankheitserreger im Trink- oder Badebeckenwasser. Werden Erreger im Wasser gefunden, unterstützt das UBA die Gesundheitsbehörden vor Ort bei der Suche nach Ursachen (siehe Kasten 1).
- Die **chemischen Analytik** verbessert Analysemethoden für spezielle chemische Kontaminanten, um diese im Trink- und Badebeckenwasser auch in sehr geringen Konzentrationen untersuchen zu können. Zum Beispiel leitet das UBA derzeit eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe zum Abgleich der Analysemethoden für Chrom (VI). Chrom (VI)-Verbindungen schädigen die DNA. Durch Messungen klärt das UBA die Häufigkeit und Konzentrationen, in denen bestimmte Stoffe im Trinkwasser oder Schwimmbad vorkommen. Derzeit untersuchen wir rund 2500 Trinkwasserproben aus dem Deutschen Gesundheitssurvey auf ein breites Stoffspektrum, um zu prüfen, ob bislang unerkannte Schadstoffe im Trinkwasser vorkommen, und falls ja, in welchem



▲
Aufbereitungs-
anlage im
UBA-Betriebs-
wasserwerk
(biologisch
arbeitend,
zweistufig)

Ausmaß. Ziel unserer Forschung ist auch zu klären, welche Stoffe im Wasser durch chemische Reaktionen entstehen können, beispielsweise wenn von Schwimmbadbesuchern eingebrachter Harnstoff (von der Haut oder durch Urin) mit Desinfektionsmitteln wie Chlor zu Trichloramin reagiert, das die Atemwege reizen kann (siehe Kasten 2).

- Unsere **Toxikologie** entwickelt schnelle Tests zur Bewertung der Gesundheitsrelevanz von Stoffen, die in geringen Konzentrationen in Wasserproben gefunden werden können, wie z. B. Arzneimittelwirkstoffe oder Stoffe aus Körperpflegemitteln. Dafür sind Tierversuche durch eine Abfolge von Tests an Zellsystemen ersetzt worden, die prüfen, ob ein Stoff Wirkung zeigt. Dies sind insbesondere Tests auf Gen-, Neuro- oder Zelltoxizität; hinzu kommt derzeit die Prüfung auf hormonelle Wirkung. Das UBA treibt die Entwicklung der Testsysteme unter anderem mit dem Ziel voran, dass sie standardisiert und gesetzlich vorgeschrieben werden können. Das Fachgebiet Toxikologie leitet dazu im Rahmen der großen Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf („RisKWa“) das Verbundprojekt „ToxBox“ (siehe <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/trinkwasserqualitaet/toxikologie-des-trinkwassers/projekt-tox-box>). Insbesondere klärt es, ob Stoffe, die in der chemischen Analytik auffällig wurden, wie etwa das o. g. Trichloramin in der Hallenbadluft, gesundheitsschädlich sind (siehe Kasten 2).

Neben dieser eher methoden- und bewertungsorientierten Forschung betreibt das UBA

Forschung zum Prozess der Trinkwasserversorgung: von den Ressourcen über die Wassergewinnung, die anschließende Aufbereitung bis letztlich zur Verteilung.

- **Trinkwasserressourcen** sind die Gewässer – einschließlich des Grundwassers – aus denen Trinkwasser gewonnen wird. Ein Schwerpunkt der UBA-Forschung hierzu an den Technika in Berlin-Marienfelde ist die Untersuchung der Effizienz, mit der Sedimente bei der **Trinkwassergewinnung** durch Uferfiltration Stoffe (z. B. Cyanobakterientoxine oder Nanopartikel) und Krankheitserreger (insb. Viren) zurückhalten. Diese Großanlagen bieten die Chance, solche Untersuchungen unter Bedingungen durchzuführen, die denen in der Realität sehr ähnlich sind und somit zu prüfen, ob im Labor gewonnene Ergebnisse auch auf die Realität übertragbar sind. Die Ergebnisse dieser Forschung sind in strukturierte Bewertungshilfen eingegangen (siehe www.viren-im-wasser.de und <http://toxische-cyanobakterien.de>). Sie führen online durch eine Fragenstruktur zur Einschätzung des Ausmaßes, in dem mit einem Vorkommen von Viren oder Giftstoffen aus Cyanobakterien zu rechnen ist, und sie verlinken auch zu entsprechender Hintergrundinformation.
- Zur **Trinkwasseraufbereitung** untersucht das UBA in Berlin-Marienfelde Verfahren für Kleinanlagen, etwa solche zur Elimination von Krankheitserregern in Katastrophensituationen und zur biologischen Entfernung von Verunreinigungen wie Eisen, Mangan und Chrom (VI). Ferner entwickelt es unter Einsatz eines im UBA hierfür spezifisch entwickelten Teststandes Wirksamkeitskriterien für Desinfektionsverfahren.
- Zur **Trinkwasserverteilung** klären Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im sächsischen Bad Elster, inwieweit Werkstoffe und Materialien, die beispielsweise in Leitungen und Armaturen Kontakt mit Trinkwasser haben, Stoffe ins Trinkwasser abgeben (siehe Kasten 3) und entwickeln dazu Prüfverfahren. Auf der Grundlage der Ergebnisse entwickelt das UBA zudem die Kriterien, nach denen Prüfergebnisse bewertet werden können. Diese bislang freiwilligen Anforderungen wird die im Jahr 2012 geänderten Trinkwasserverordnung in wenigen Jahren verbindlich verlangen. Ferner prüft das Fachgebiet, ob die Testung und Bewertung von Produkten durch unabhängige Prüfstellen in der Praxis funktioniert, indem es entsprechend ausgezeichnete marktgängige Installationsprodukte im eigenen Labor nach den geltenden Vorschriften untersucht.

KASTEN 1: Dem Durchfall auf der Spur: Mikrobiologen als Detektive

Im Sommer 2013 erkrankten in Halle/Saale mehr als 160 Personen am parasitären Durchfall-Erreger *Cryptosporidium*, die meisten davon in der Woche vom 19. bis 25. August. Unklar war die Infektionsquelle und ob ein Zusammenhang zu dem großen Hochwasser bestand, welches Anfang Juni 2013 seinen Höhepunkt hatte und große Flächen von Halle überflutete.

Im August begann das Umweltbundesamt (Fachgebiet II 3.5) in enger Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt der Stadt Halle und dem Robert Koch-Institut in Berlin (Abteilung Infektionsepidemiologie, Fachgebiet 35) mit Untersuchungen vor Ort. Zuerst wurden Proben aus dem Trinkwassernetz genommen, welche alle unauffällig waren. Dadurch konnte das zuvor vom Gesundheitsamt erlassene Abkochgebot des Trinkwassers bald wieder aufgehoben werden.

Weiterhin wurden Schwimmbäder untersucht, die vom Hochwasser mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen worden waren, sowie Badegewässer im Flussgebiet von Elster und Saale im Stadtgebiet von Halle. Die Ergebnisse zeigten, dass in bestimmten Abschnitten der Saale und deren Nebenarmen auch noch lange nach dem Hochwasser hohe *Cryptosporidien*-Konzentrationen auftraten.

Auch in Schwimmbädern fand sich der Krankheitserreger. Diese wurden daraufhin vorübergehend gesperrt. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass nicht die Schwimmbäder primäre Quelle des Infektionsgeschehens waren, sondern vielmehr Badegäste, die *Cryptosporidien* in die Bäder eingetragen hatten. Daher war die Frage nach der Quelle der *Cryptosporidien* weiterhin ungeklärt.

Da sie im Flusssystem in hohen Konzentrationen vorkamen ist anzunehmen, dass die *Cryptosporidien* aus dem Abwasser und/oder aus überschwemmten Weideflächen in den Fluss gelangten (auch noch lange nach dem Hochwasser), denn sie können sowohl Menschen als auch Vieh und Wildtiere infizieren. Außerdem nutzten trotz Warnungen der Behörden zahlreiche Menschen die überfluteten Flächen für Freizeitaktivitäten. Nur wenige *Cryptosporidien*, die mit belastetem Wasser über den Mund in den Verdauungstrakt gelangen, reichen für eine Infektion aus. Infizierte können viele Tage lang Erreger ausscheiden, ohne sich dessen bewusst zu sein – zum Beispiel auch, wenn sie ein Schwimmbad besuchen. Als wahrscheinlichste primäre Ursache der Erkrankungswelle ergab sich somit der Kontakt mit dem vermutlich stark belasteten Hochwasser.

Die Schlussfolgerung aus den Untersuchungsergebnissen ist, dass bei Überschwemmungsgeschehen das Baden in überfluteten Flächen zu einer erhöhten Infektionsgefahr durch Erreger fäkalen Ursprungs führt, besonders dann, wenn durch das Hochwasser Einschwemmungen aus Abwassersystemen oder von Weideflächen erfolgen.

Auch bei normalen Wasserständen werden Krankheitserreger häufig in Flüssen nachgewiesen, insbesondere stromabwärts vom Kläranlagen-Ablauf, denn Kläranlagen können Krankheitserreger nur teilweise entfernen. Dies ist – neben der Unfallgefahr durch Schiffsverkehr – der Hauptgrund dafür, dass an Flüssen selten Badestellen ausgewiesen werden.



KASTEN 2: Chlorgeruch im Hallenbad? Muss nicht sein!

Ob frühkindliches Schwimmen in gechlortem Beckenwasser das Risiko für Asthma erhöht, ist Gegenstand einer wissenschaftlich kontrovers und stark emotional geführten Debatte. Belgische Wissenschaftler entwickelten die „Chlorhypothese“, die dem frühkindlichen Schwimmen in gechlortem Beckenwasser eine entscheidende Rolle im Prozess der Asthmaentwicklung zuschreibt: Demnach dringt über die Atmung aufgenommenes Trichloramin (Stickstofftrichlorid, NCl_3) aus der Hallenbadluft bis in den unteren Atemtrakt ein und führt zu einer Schädigung des Lungenepithels, so dass Allergene leichter Asthmaattacken provozieren können.

Trichloramin entsteht neben anderen Chlor-Stickstoff-Verbindungen als unerwünschtes Nebenprodukt bei der Chlorung des Schwimm- und Badebeckenwassers. Trichloramin ist ein extrem starker Reizstoff für die Augenbindehäute, Nasen- und Rachenschleimhäute und Bronchien, vergleichbar mit der Reizwirkung von Chlorgas. Sein chlorähnlicher, intensiver Geruch ist Hauptverursacher des typischen Hallenbadgeruchs. Trichloramin entsteht, wenn von den Badenden ins Wasser eingebrachter Harnstoff – etwa von der Haut, aus Schweiß oder Urin – mit dem im Badewasser gelöstem Chlor zu Trichloramin reagiert. Trichloramin geht dann aus dem Wasser aus, kann sich in der Hallenbadluft anreichern und die Atemwege reizen. Der Hauptaufnahmepfad für Badegäste und Badpersonal ist deshalb die Atmung. Daher galt es zu klären, in welchem Ausmaß Trichloramin in der Hallenbadluft vorkommt, ab welcher Konzentration mit gesundheitlichen Risiken zu rechnen ist und wie diese Risiken vermieden werden können.

Das UBA-Labor hat deshalb bereits 2006 als erstes Labor in Deutschland eine Analysenmethode zur Bestimmung von Trichloramin in der Hallenbadluft etabliert und damit Messungen in Hallenbädern durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Konzentration in der Hallenbadluft insbesondere bei schlechter Badbelüftung schnell stark ansteigt. Diese Ergebnisse veranlassten das UBA, eine Empfehlung zur korrekten Lüftung von Hallenbädern zu publizieren.

Die möglicherweise asthmaauslösende Wirkung von Trichloramin untersuchte das UBA in verschiedenen vom BMBF geförderten Projekten. Mittels des Expositionsmodells „Vitrocell®“ wurden menschliche Lungenzelllinien Trichloramin ausgesetzt. Trichloramin führte vor allen Dingen in vorgeschädigten Lungenzellen zur verstärkten Freisetzung von Entzündungsparametern, die im Prozess der Asthmaausprägung eine entscheidende Schlüsselrolle einnehmen.

Trichloramin in der Luft ist ein starker Reizstoff. Das UBA empfiehlt eine korrekte Lüftung von Hallenbädern



Aufgrund dieser Ergebnisse und von Literaturdaten aus epidemiologischen Studien haben Experten der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden Trichloramin in der Hallenbadluft gesundheitlich bewertet. Im Ergebnis steht die Bekanntmachung des Umweltbundesamtes „Gesundheitliche Bewertung von Trichloramin in der Hallenbadluft“. Sie schlägt einen Maximalwert für Trichloramin in der Hallenbadluft von $0,2 \text{ mg/m}^3$ vor. Dieser Wert soll vor allem Badegäste und Badpersonal vor Reizwirkungen schützen. Messungen der Luftbelastung in verschiedenen Hallenbädern durch das UBA bestätigten, dass der Standard in der Bäderpraxis technisch erreichbar ist.

Ferner hat das UBA intensiv über Trichloramin im Schwimmbad aufgeklärt, denn je geringer die Konzentration, desto weniger Gesundheitsrisiko besteht. Unter anderem weist die Pressemitteilung „Babyschwimmen – Asthmagefahr durch Desinfektion mit Chlor?“ auf das Gesundheitsrisiko für Kinder unter zwei Jahren hin; ferner entstand in Zusammenarbeit mit der Wissenschaftlichen Arbeitsgruppe Umweltmedizin in der Gesellschaft für Pädiatrische Allergologie ein Elternratgeber. Danach „(...) sollen Kinder- und Jugendärzte im Rahmen der U4 bis U7 individuell Familien mit Hochrisiko bzw. mit bereits allergisch erkrankten Kindern zur Zurückhaltung beim Babyschwimmen beraten“.

Da Trichloramin hauptsächlich aus Harnstoff entsteht, den Badegäste über die Haut, Schweiß und Urin ins gechlorte Wasser eintragen, ist die Minderung einfach: Alle Badegäste, nicht nur Kinder, sollten schlicht die Grundsätze der persönlichen Hygiene einhalten, also gründlich vor dem Baden Duschen und das Becken nicht als Toilette benutzen.

Elternratgeber:

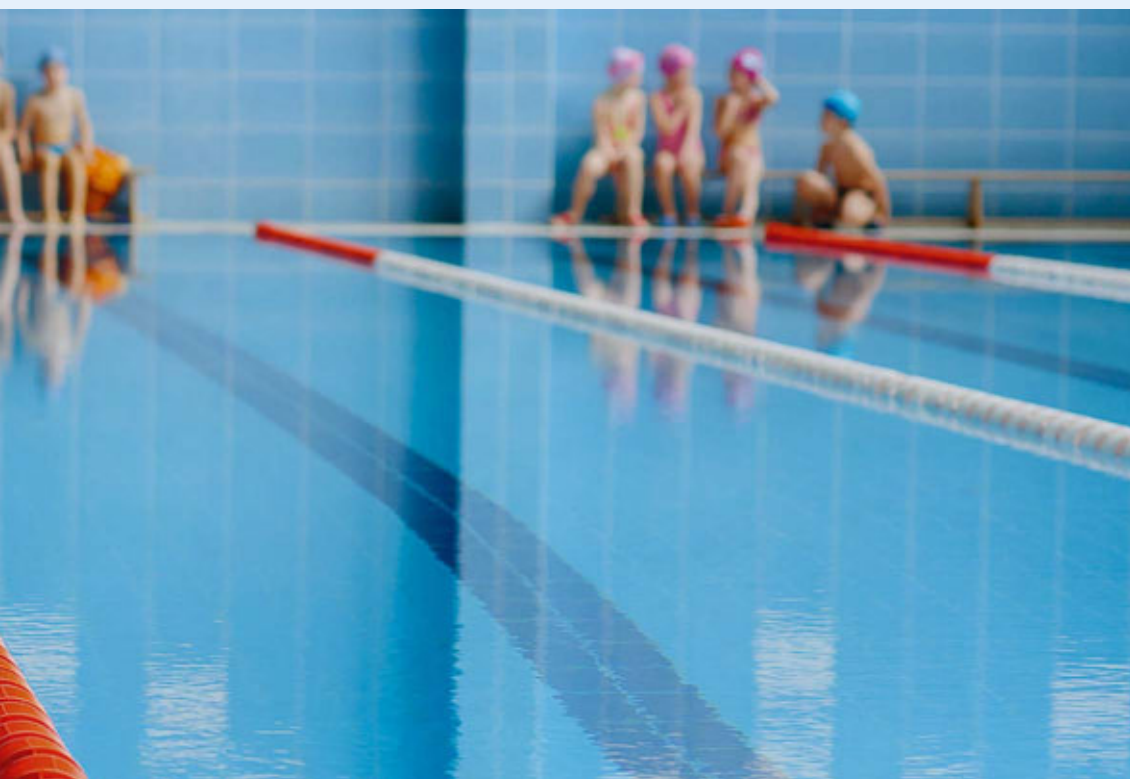
http://www.gpau.de/fileadmin/user_upload/GPA/dateien_indiziert/ElternratgeberER_2014_3-14.pdf

Faltblatt:

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/schwimmen-baden/schwimm-badebecken/wasserqualitaet-der-schwimm-badebecken>

Film:

Gesund wie ein Fisch im Wasser: <https://www.youtube.com/watch?v=V9y6m-khBVo>





KASTEN 3: Rohre und Armaturen – hygienisch sicher

Trinkwasser-Installationen in Wohngebäuden sind in den letzten Jahrzehnten sehr viel komplexer geworden. Sie bestehen aus viel mehr Materialien, also metallenen Werkstoffen wie Kupfer oder Edelstahl, verschiedenen Kunststoffen und auch Schmierstoffen. Je nach Aufbau der Trinkwasser-Installation stagniert das Wasser darin oft recht lange, vor allem, wenn das Warmwasser in großen Gebäuden zentral im Keller erwärmt wird und dann durch das ganze Haus geleitet werden muss. Produkte, die für den Kontakt mit Trinkwasser verwendet werden, müssen daher intensiv bewertet werden. Rohre, Armaturen, Schläuche und andere Bauteile dürfen keine Stoffe in Konzentrationen ins Trinkwasser abgeben, die gesundheitsschädlich sein können, den Geruch oder Geschmack des Trinkwassers negativ beeinflussen oder zu mehr Mikroorganismen führen. Ziel der Forschung des UBA war zunächst die Entwicklung von Prüfverfahren für die unterschiedlichen Werkstoffe und Materialien. Hierzu zählen Vorgaben, wie die verschiedenen Materialien und Werkstoffe dem Prüfwasser zu exponieren sind und welche Beschaffenheit das Prüfwasser haben muss. Diese Vorgaben unterscheiden sich insbesondere für metallene Werkstoffe und Kunststoffe deutlich. Metallene Werkstoffe bilden im Kontakt mit Trinkwasser durch Korrosion eine Deckschicht auf den Werkstoffen; sie kann oft die weitere Abgabe von Bestandteilen der Werkstoffe ins Trinkwasser reduzieren. Die Beschaffenheit des Trinkwassers hat dabei eine entscheidende Rolle. All diese Einflussgrößen müssen bei der Prüfung berücksichtigt werden. Bei der Prüfung von Kunststoffmaterialien spielen dagegen eine Deckschichtbildung und die Beschaffenheit des Wassers keine entscheidende Rolle.

In einem zweiten Schritt legte das UBA die Kriterien zur Bewertung der Prüfergebnisse fest. Hierzu führte es Untersuchungen durch, um die Ergebnisse der Prüfungen, die in der Regel unter verschärften Bedingungen durchgeführt werden, mit Untersuchungen unter realeren Bedingungen zu vergleichen. Aus den Ergebnissen dieser Forschung hat das UBA – nach Beratung mit zahlreichen Fachleuten in dafür eigens eingerichteten Gre-



mien – sowohl zu metallenen Werkstoffen als auch zu organischen Materialien – Leitlinien und Empfehlungen zur Prüfung und Bewertung von Produkten entwickelt. Derzeit arbeitet das UBA insbesondere mit Partnern aus Frankreich, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich daran, diese innerhalb der EU zu harmonisieren.



Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Vorgaben hat das UBA in den letzten Jahren über 30 verschiedene Kunststoffrohre gekauft und im eigenen Labor hinsichtlich der Stoffabgabe und der Beeinflussung des Geruchs und Geschmacks des Trinkwassers geprüft. Dabei zeigte sich, dass nicht alle für den Trinkwasserbereich zertifizierten Produkte die Anforderungen der UBA-Leitlinien einhielten, obwohl diese Bestandteil der Zertifizierungsgrundlagen sind. Insbesondere überschritten Warmwasserproben aus diesen Rohren die Vorgaben für Geruch. Riecht das Wasser nach längerer Standzeit in einem Kunststoffrohr nach „Chemie“, so bedeutet dies zwar nicht unbedingt, dass der dafür verantwortliche Stoff schädlich ist. Aus Vorsorge und weil Trinkwasser rein und appetitlich sein soll, definieren die UBA-Leitlinien aber einen niedrigen Geruchsschwellenwert, der einzuhalten ist. Diese Erkenntnisse führten zur Aufdeckung von Schwächen im Zertifizierungsverfahren, an dessen Verbesserung derzeit gearbeitet wird. Die Möglichkeit des UBA, durch eigene Prüfungen Schwächen bei der Beurteilung durch unabhängige Stellen aufzuzeigen, hat sich somit bewährt.

Außerdem kann das UBA auch auf der Grundlage dieser Daten einmal mehr bestätigen: Man kann auf sehr einfachem Weg selbst dafür sorgen, dass Wasser zum Trinken und zum Zubereiten von Speisen keine Stoffe enthält, die von Materialien und Werkstoffen ins Trinkwasser abgegeben wurden: Indem man dafür stets kaltes Wasser verwendet – solches, das frisch und kühl aus der Leitung kommt und somit keine Zeit hatte, Stoffe aus den Leitungsmaterialien aufzunehmen.

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt

Redaktion:

Martin Ittershagen,
Christian Marc Lakotta

Gestaltung:

Studio GOOD, Berlin
www.studio-good.de

Infografik:

KAMA, Berlin
www.visual-kama.de

gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier

Broschüren bestellen (optional):

Umweltbundesamt
c/o GVP
Postfach 30 03 61 | 53183 Bonn
Service-Telefon: 0340 2103-6688
Service-Fax: 0340 2104-6688
E-Mail: uba@broschuerenversand.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkte-2015>

Diese Publikation ist kostenfrei zu beziehen beim Umweltbundesamt.
Der Weiterverkauf ist untersagt. Bei Zuwiderhandlung wird eine
Schutzgebühr von 15 Euro/Stück erhoben.

Stand: Dezember 2015

Bildnachweis / Copyright

Umschlag: Shutterstock.com
Seite 3: COPYRIGHT: Pamela Schulze
Seite 6: think4photop / Shutterstock.com
Seite 8: shutterstock.com
Seite 11: Hung Chung Chih / Shutterstock.com
Seite 13 oben: Prometheus72 / Shutterstock.com,
Seite 13 unten: www.shutterstock.com
Seite 14/15: CC by 2.0, GUSTAVO-CAMACHO-GONZALEZ
<https://www.flickr.com/photos/presidenciamx/23430273715/>
Seite 16: www.shutterstock.com
Seite 20: www.shutterstock.com
Seite 22/23: www.shutterstock.com
Seite 24: ESA
Seite 25: www.shutterstock.com
Seite 26: www.shutterstock.com
Seite 27: Paolo Bona / Shutterstock.com
Seite 28: www.shutterstock.com
Seite 32/33: www.shutterstock.com
Seite 34: www.shutterstock.com
Seite 38: www.shutterstock.com
Seite 40/41: www.shutterstock.com
Seite 42: www.shutterstock.com
Seite 44: Hadrian / Shutterstock.com
Seite 47: www.shutterstock.com
Seite 48/49: www.shutterstock.com
Seite 50: www.shutterstock.com
Seite 51: Stefano Ember / Shutterstock.com
Seite 53: www.shutterstock.com
Seite 60: www.shutterstock.com
Seite 62/63: www.shutterstock.com
Seite 64: Jeff Whyte / Shutterstock.com
Seite 65: www.shutterstock.com
Seite 66/67: www.shutterstock.com
Seite 68: S-F / Shutterstock.com
Seite 71: www.shutterstock.com
Seite 72: www.siemens.com/presse
Seite 73: www.shutterstock.com
Seite 74/75: www.shutterstock.com
Seite 80: UBA
Seite 83: www.shutterstock.com
Seite 84: www.shutterstock.com
Seite 85: © Dr. Hartmut Bartel / Umweltbundesamt
Seite 87: www.shutterstock.com
Seite 68/89: www.shutterstock.com
Seite 90/91: www.shutterstock.com

