



# SCHWERPUNKTE 2012

➤ Aufbruch ins neue Zeitalter – Elemente einer nachhaltigen Energieversorgung ➤ Ressourceneffizienz – Schlüsselkompetenz zukunftsfähiger Gesellschaften ➤ Nachhaltige Chemie – elementarer Baustein einer Green Economy

Jahrespublikation des Umweltbundesamtes



Umwelt  
Bundes  
Amt   
Für Mensch und Umwelt

# SCHWERPUNKTE 2012

➤ Aufbruch ins neue Zeitalter – Elemente einer nachhaltigen Energieversorgung ➤ Ressourceneffizienz – Schlüsselkompetenz zukunftsfähiger Gesellschaften ➤ Nachhaltige Chemie – elementarer Baustein einer Green Economy

---

Jahrespublikation des Umweltbundesamtes

Das Jahr 2012 steht mit der UN-Konferenz für nachhaltige Entwicklung in Rio de Janeiro ganz im Zeichen der „Green Economy“. Eine grüne Wirtschaft erfordert Produkte, Produktionsprozesse und Dienstleistungen, die uns helfen, die wirtschaftliche Entwicklung innerhalb ökologischer Leitplanken zu organisieren. Also so, dass Klima, Luft, Wasser, Böden und die biologische Vielfalt nicht über ihre Belastungsgrenzen hinaus beeinträchtigt werden. Das ist 20 Jahre nach dem Erdgipfel in Rio keine Abkehr, sondern eine dringend erforderliche Konkretisierung des Konzepts der nachhaltigen Entwicklung. Dabei bedarf es vor allem in den reichen Ländern des Nordens, aber zunehmend auch in Teilen der sich rasch entwickelnden Schwellenländern einer Debatte über Lebensstile und die Frage, was Wohlstand ausmacht. Fest steht, dass die bisher dominierenden Produktionsweisen mit hohen Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbräuchen die Welt an den Rand des ökologischen Kollapses gebracht haben und dies die Grundlagen

unseres Wohlstands untergräbt. Deshalb brauchen wir dringend den Übergang zu umweltverträglichen, kohlenstoffarmen und ressourceneffizienten Ökonomien.

Der Umweltschutz – früher häufig als Kostentreiber und Wachstumsbremser verunglimpft – hat das Potenzial, zum Wohlstandstreiber moderner Volkswirtschaften zu werden. Schon heute belegen dies die Zahlen: Insgesamt sind in Deutschland etwa zwei Millionen Menschen im Umweltschutzsektor beschäftigt. Allein im Bereich der erneuerbaren Energien gibt es heute in Deutschland gut 370.000 Jobs, deren Zahl sogar im Jahr der Finanzkrise weiter angewachsen ist. Das von der Bundesregierung gesetzte Klimaschutzziel einer vierzigprozentigen Treibhausgasreduktion bis 2020 kann weitere 630.000 Arbeitsplätze schaffen. Die Steigerung der Materialeffizienz hat ebenfalls ein enormes Beschäftigungspotenzial: Bis zu 700.000 Arbeitsplätze können bei konsequenter



## WIR BRAUCHEN EINE GRÜNE WIRTSCHAFT

**JOCHEN FLASBARTH**  
Präsident des Umweltbundesamtes

Umsetzung aller Materialeinsparungspotenziale im verarbeitenden Gewerbe bis 2030 geschaffen werden. Aber auch die klassischen Umweltschutzbranchen, wie etwa die Kreislaufwirtschaft und die Abwasseraufbereitung, tragen weiterhin zu wirtschaftlicher Entwicklung und Beschäftigung bei. Ihr Anteil wird im Vergleich zu den Beiträgen der Klima- und Ressourcenschutzwirtschaft zwar relativ sinken, insgesamt aber von großer Bedeutung bleiben.

Die Leitmärkte der Zukunft werden auch global immer „grüner“. Das Weltmarktvolumen auf den grünen Zukunftsmärkten wird bis 2020 auf 3,1 Billionen Euro geschätzt und sich damit im Vergleich zu 2007 mehr als verdoppeln. In der Abfall- und Wasserwirtschaft wird in vielen Ländern ein zunehmender Bedarf entstehen. Aber auch Energieeffizienz, erneuerbare Energien und Rohstoffproduktivität gewinnen in Industrieländern wie auch in Schwellen- und Entwicklungsländern weiter an Bedeutung. In vielen dieser Märkte hat Deutschland eine führende Stellung. Knapp 16 Prozent beträgt der deutsche Anteil am Weltmarkt für Umweltschutzgüter. Der Wert der Umweltgüterproduktion in Deutschland liegt bei etwa 60 Milliarden Euro. Wenn die Rahmenbedingungen – zum Beispiel für Forschung und Entwicklung im Bereich von Klima- und Ressourcenschutz – positiv ausgestaltet werden, kann Deutschland seine hervorragende Position auf dem Weltmarkt beibehalten und sogar ausbauen.

Der Übergang zu einer grünen Wirtschaft ist nicht nur ein Konzept für Industrieländer wie Deutschland. Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen hat in einer umfassenden Studie die wirtschaftlichen Auswirkungen einer schrittweisen Umstellung auf naturschonende, energie- und rohstoffeffiziente sowie kohlenstoffarme Wirtschaftsweisen untersucht. Danach kann ein Investment von zwei Prozent des globalen Bruttoinlandsproduktes in umweltfreundliche Wirtschaftsweisen bis 2050 zu einem um 16 Prozent höheren globalen Bruttoinlandsprodukt führen. Die weltweite Zahl an Arbeitsplätzen im Energiesektor läge 2050 um 20 Prozent höher als im Vergleichsszenario. Zugleich würden die Klimaschutzziele erreicht und die Umwelt- und Gesundheitskosten deutlich gesenkt. Im Abfallsektor wären die Arbeitsplätze um 10 Prozent höher im Vergleich zu einer Entwicklung ohne grünes Investment, und die Qualität der Arbeitsplätze in diesem Sektor würde steigen. Verringerte weltweite Entwaldung sowie die Zurückführung der Überfischung wären ebenfalls langfristig vorteilhafte Strategien, insbesondere für Entwicklungsländer, die von diesen Sektoren besonders abhängig sind.

Die Ausrichtung der wirtschaftlichen Entwicklung an den Zielen einer Green Economy wird auch in anderen Ländern vorangetrieben. Dies verstärkt den internationalen Wettbewerb auf den grünen

Zukunftsmärkten. Führende Marktstellungen einzelner Länder sind deshalb keine Selbstverständlichkeit, sie müssen vielmehr immer wieder neu behauptet werden. Daraus entsteht eine Dynamik, die für die insgesamt noch jungen Märkte zum entscheidenden Treiber wird. China beispielsweise ist inzwischen zum weltweit größten Photovoltaikhersteller aufgestiegen mit einem Weltmarktanteil von fast 50 Prozent. Gelegentlich wurde in der öffentlichen Debatte kritisiert, dass diese Entwicklung auch durch das deutsche Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) unterstützt wurde, mithin die Umlagefinanzierung der deutschen Verbraucher, die Produktion nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Ländern gefördert habe. Diese Sichtweise übersieht, dass der internationale Wettbewerb einen erheblichen Anteil daran hat, dass die Kostenreduktion gerade bei der Photovoltaik sehr viel schneller gelungen ist, als dies vor Jahren noch für möglich gehalten wurde. Lagen die Systemkosten für eine Dachanlage im Jahr 2008 noch bei über 4.000 Euro pro Kilowatt Peak (kWp), liegen sie heute unter 2.000 Euro pro kWp. Die höchsten Stromkosten bei der Photovoltaik, nämlich die von kleinen Dachanlagen, liegen bereits heute oder spätestens ab 2013 niedriger als die durchschnittlichen Preise für Haushaltsstrom.

Für den Übergang zu einer Green Economy bedarf es neben positiven Anreizen für die Marktdurchdringung umweltfreundlicher Technologien auch eines Abbaus wirtschaftlicher Fehlanreize, insbesondere durch ökologisch kontraproduktive Subventionen. 48 Milliarden Euro betragen solche umweltschädlichen Subventionen im Jahr 2008 in Deutschland. Ein Teil dieser staatlichen Förderungen kann gestrichen werden, einige Subventionen bedürfen einer ökologischen Neuausrichtung. Die Vergünstigungen bei der Energiesteuer für energieintensive Unternehmen sind beispielsweise nur so weit gerechtfertigt, wie diese Unternehmen tatsächlich im internationalen Wettbewerb stehen und die Steuervergünstigungen eine auch umweltpolitisch unerwünschte Abwanderung von Unternehmen verhindern helfen. Für Unternehmen, die allein oder ganz überwiegend am nationalen Markt operieren, sollten dagegen die Energiesteuer subventionen entfallen. Dies würde die ökonomischen Anreize für Energieeffizienz und Energiesparen deutlich erhöhen.

Für die Zukunft gilt es, weitere klassische Märkte zu „durchgrünen“. Ein gutes Beispiel dafür ist die chemische Industrie. Für Deutschland ist dies eine bedeutende Branche, die in einem starken internationalen Wettbewerb steht. Gerade deshalb ist es wichtig, sie zu einem Treiber für die Green Economy zu machen. Bereits der Weltgipfel für Umwelt und Entwicklung 2002 in Johannesburg hatte das Ziel formuliert, eine sichere Handhabung von Chemikalien über ihren gesamten Lebensweg weltweit zu gewährleisten und die Umweltbelastungen von Chemikalien zu minimieren.

# SCHWERPUNKTE 2012

- 06 „Den ökonomischen Wert der Natur sichtbar machen“
- 08 Green Economy – neues Leitbild für wirtschaftliche Entwicklung



12

## AUFBRUCH INS NEUE ZEITALTER

Elemente einer nachhaltigen Energieversorgung

Deutschland hat die Energiewende beschlossen. Das neue Energiezeitalter erfordert einen grundlegenden Umbau der Energieversorgung. Dies stellt das Land vor große Herausforderungen, bietet aber zugleich die Chance einer grundlegenden wirtschaftlichen Modernisierung.



34

## RESSOURCENEFFIZIENZ

Schlüsselkompetenz zukunftsfähiger Gesellschaften

Weltweit nehmen der Verbrauch an natürlichen Ressourcen und die Konkurrenz um knappe Rohstoffe rasant zu. Dieser Trend verschärft die globalen Umweltprobleme wie den Klimawandel, die Bodendegradierung oder den Verlust an biologischer Vielfalt. Wir müssen unsere Produktionsweise und Konsummuster überdenken und ändern – auch aus Verantwortung gegenüber künftigen Generationen.



58

## NACHHALTIGE CHEMIE

Elementarer Baustein einer Green Economy

Die Chemieindustrie ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in Deutschland und Motor für innovative Produkte. Innovation bedeutet jedoch nicht zwangsläufig mehr Nachhaltigkeit. Sicherer Umgang mit Chemikalien beschränkt sich nicht nur auf die Industriestaaten, die Schwellen- und Entwicklungsländer sind ebenfalls einzubinden.

- 
- 80** Bürgeranfragen, Besucher, Bücher
  - 82** Kunst und Umwelt
  - 84** Nachhaltiges Bauen
  - 86** Daten und Fakten
  - 87** Veröffentlichungen der  
Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Intakte Böden, Nahrung, Trinkwasser, saubere Luft oder Klimaregulation: Die Dienstleistungen der Natur werden oft noch als selbstverständlich angesehen, ihr wirtschaftlicher Wert spielt bei konventionellen ökonomischen Analysen meist keine Rolle. Dabei sichern die Leistungen der Natur die Existenzgrundlage vieler Menschen, vor allem in den Entwicklungsländern. Der Ökonom Pavan Sukhdev erklärt im Interview, warum eine zukunftsfähige und nachhaltige Entwicklung ohne eine Inwertsetzung der Ökosystem-Dienstleistungen nicht möglich ist.

**Herr Sukhdev, die Finanz- und Wirtschaftskrise 2008 wurde ausgelöst, weil sich viele Menschen vor allem in den USA Häuser kauften, die sie sich gar nicht leisten konnten und durch faule Kredite von den Banken finanziert wurden. Kanzlerin Angela Merkel hat gesagt, dass die Finanzkrise und die Umweltkrise gemeinsame Ursachen haben. Wie sehen Sie das?**

Nun, beide Probleme entstanden durch falsche Bewertungen und daraus folgende Kapitalfehlallokationen. Finanzkapital wurde bis 2008 massiv fehlgeleitet, weil zu viel Liquidität in das Bankensystem gepumpt wurde, die Geldanleger nach ertragreichen Anlagen mit hoher Bonität suchten, gierige Verbriefungsspezialisten strukturierte Finanzinstrumente mit hoher Bonität entwickelten, die hochriskante Anlagen, etwa faule Immobilienkredite, enthielten und die Investoren den falschen Marktbewertungen glaubten. Die Umweltkrise – beim Klima wie auch bei der Biodiversität – liegt in der massiven Fehlallokation von Naturkapital. Wir verwandeln Naturkapital, zum Beispiel Regenwälder, achtlos in Bargeld und denken nur an den Gewinn, der sich aus den gerodeten Flächen durch Viehzucht, Forstwirtschaft oder Bergbau ziehen lässt. Dabei müssten wir zuerst den Wert der damit verlorengehenden Dienstleistungen der Waldökosysteme ermitteln, wie etwa den Wert des Niederschlagszyklus und der natürlichen Bestäubung, des Schutzes vor Hochwasser und weiterer wertvoller Dienstleistungen, die wir noch nicht ökonomisch bewertet haben. Kanzlerin Merkel hat in diesem Sinne also recht: Obwohl die beiden Krisen sehr unterschied-

lich erscheinen, können sie auf gemeinsame Ursachen zurückgeführt werden: Fehlbewertungen, die zu einer Fehlallokation von Kapital führten.

**Welche Krise ist bedrohlicher für die heutige Gesellschaft und künftige Generationen? Die Finanzkrise oder die Umweltkrise?**

Eindeutig die Umweltkrise! Ich sollte besser Umweltkrisen sagen, denn es gibt viele davon: der Klimawandel, der Verlust an biologischer Vielfalt, die Überfischung und Versauerung der Meere, die zunehmende Wasserknappheit in einigen Regionen... die Liste ließe sich weiterführen. Doch anders als bei Finanzkrisen, denen man mit öffentlichen Geldern zur Rettung kollabierender Banken entkommen kann, können wir ein Ökosystem, das kritische Schwellen überschritten hat, oder eine überhitzte Biosphäre vor Schäden durch den Klimawandel nicht retten. Unsere Umweltkrisen sind auf fundamentalste Weise eine Überlebensfrage, für die heutige und für die künftige Gesellschaft.

**In einer Studie haben Sie versucht, den wirtschaftlichen Wert der Dienstleistungen der Natur zu bewerten, also was uns etwa sauberes Wasser oder die Kohlenstoffspeicherungsfunktion von Wäldern wert ist. Zu welchem Ergebnis sind Sie gekommen?**

Wir haben verschiedene ältere und einige neue Abschätzungen zusammengetragen, um zu zeigen, dass sich die ökonomischen Kosten des Biodiversitätsverlustes und der Zerstörung von Ökosystemen

„DEN ÖKONOMISCHEN  
WERT DER NATUR  
SICHTBAR MACHEN“

weltweit auf Billionen von Dollar beliefen. Das war unser TEEB-Zwischenbericht aus dem Jahr 2008. Doch nur die globalen Kosten zu berechnen, löst das Problem noch lange nicht. Eine globale Regierung, die sich der Lösung dieses Problems annehmen könnte, gibt es nicht. Wir mussten also ökonomisch vertretbare Lösungen entwickeln, die auf Länder- oder auch auf lokaler Ebene ansetzen. Das haben wir dann in unseren vier TEEB-Schlussberichten getan, die auf der UN-Biodiversitätskonferenz 2010 im japanischen Nagoya vorgestellt wurden. Darin haben wir verschiedene Strategien und Instrumente aufgezeigt, die den ökonomischen Wert der Natur sichtbar machen. Denn bisher wird er bei politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsprozessen oft ignoriert.

#### **Worin liegt der Nutzen eines solchen „Preisschildes der Natur“?**

Wir sind nicht davon ausgegangen, dass die Natur eine Ware ist, die man sich vom Supermarkt um die Ecke holen kann: Zahnpasta, Milch, Eier, Natur! Uns geht es vielmehr um die Wertschätzung der Natur. Damit unterscheiden wir uns von der vereinfachenden, reduzierenden, neoklassischen Vorstellung, die das multidimensionale Netz des Lebens zu einer eindimensionalen Ware macht. Bei TEEB geht es darum zu erreichen, dass der nichtmarktbezogene, geschätzte Wert von Ökosystem-Dienstleistungen in Politik, lokalen Verwaltungen, Unternehmensstrategien und beim Konsumverhalten durchgängig Berücksichtigung findet. In den Berichten beschreiben wir konkret, wie das erreicht werden kann: indem der Wert der Natur immer anerkannt, manchmal demonstriert und mitunter (seltener) durch Zahlungen für Ökosystem-Dienstleistungen erfasst wird. In der Regel stellen wir dann fest, dass die Erhaltung der Natur sich als die bessere Wahl erweist als ihre Umwandlung. Die TEEB-Berichte enthalten über einhundert Beispiele dafür weltweit.

#### **Was bedeutet der Verlust des Naturkapitals konkret - vor allem für die Menschen in Entwicklungs- und Schwellenländern?**

Ein Schlüsselergebnis der TEEB-Studie war, dass die Leistungen der Natur von großer wirtschaftlicher Bedeutung für die arme Bevölkerung in ländlichen Regionen sind. Bei unseren Untersuchungen in Brasilien, Indien und Indonesien fanden wir heraus, dass Ökosystem-Dienstleistungen einen großen Anteil des Haushaltseinkommens der armen ländlichen Haushalte ausmachen. Es gibt dazu verschiedene Schätzungen, die zwischen 50 und 90 Prozent liegen. Wer eine sichere, tragfähige und nachhaltige Entwicklungsstrategie anstrebt, muss also die Güter und Leistungen, die uns die Natur gratis bereitstellt, achten und auf lokaler Ebene erhalten. Biodiversität ist kein Luxus für die Reichen, sie ist eine Notwendigkeit, ein Sicherheitsnetz für die Armen. Die Pflege und der Erhalt der ökologischen Infrastruktur steigert die Bodenfruchtbarkeit, sichert die Wasserverfügbarkeit und verringert den Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln, um nur einige

Vorteile zu nennen, die zu höheren landwirtschaftlichen Erträgen in Entwicklungsländern führen. TEEB sagt deshalb, dass die ökologische Infrastruktur der größte Aktivposten für eine umweltverträgliche Wirtschaftsentwicklung ist.

#### **Das Konzept der Green Economy wird auf der anstehenden „Rio plus 20 Konferenz“ eine zentrale Rolle spielen. Lässt es sich auf Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer gleichermaßen anwenden oder gibt es Unterschiede?**

„Green Economy“ ist ein Weg hin zu besseren Lebensbedingungen, mehr sozialer Gerechtigkeit und weniger Armut, geringeren ökologischen Knappheiten und Umweltrisiken. Diese vier Zielvorstellungen trifft man in den Industrieländern und den Entwicklungsländern in unterschiedlichem Maße ausgeprägt an. Oder anders gesagt: Die Herausforderung, die Wirtschaft umweltgerecht weiterzuentwickeln, stellt sich auf verschiedenen Stufen der Entwicklung unterschiedlich dar. In den Industrieländern besteht sie in der Reduktion des ökologischen Fußabdrucks pro Kopf der Bevölkerung, der zwei- bis fünfmal so groß ist wie die natürliche Fähigkeit der Erde, die verbrauchten Ressourcen zu erneuern. Dies bedeutet wesentliche Änderungen bei den Konsummustern, eine erhebliche Steigerung der Energie- und Materialeffizienz und einen schrittweisen Übergang zu saubereren Energien.

In den Entwicklungsländern geht es vielmehr um eine „grüne“ Entwicklung, vor allem durch Investitionen in umweltgerechte ökonomische Modelle. Verbesserungen bei Gesundheit und Bildung sind unerlässlich. Gleichzeitig sind Ziele wie eine bessere Trinkwasser- und Sanitärversorgung, die Steigerung der Produktivität kleiner landwirtschaftlicher Betriebe, Verringerung der Abholzung, verbesserte Bewirtschaftung von Fischereien oder auch Zugang zu Strom Aspekte der umweltgerechten Weiterentwicklung der Wirtschaften in den Entwicklungsländern. Viele Fortschritte in diese Richtung gibt es bereits.



**PAVAN SUKHDEV** ist Leiter der Abteilung „globale Märkte“ der Deutschen Bank Indien. Von 2008 bis 2010 leitete er im Auftrag der Bundesregierung und der EU-Kommission die Studie „Die Ökonomie von Ökosystemen und der Biodiversität“ (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB*).

Die heutige Wirtschaftsweise zerstört die natürlichen Lebensgrundlagen und untergräbt dadurch den Wohlstand kommender Generationen. Die großflächige Abholzung von Wäldern, die Überfischung der Meere oder der Verlust fruchtbarer Ackerböden sind prägnante Beispiele für diese Entwicklung. Allein die Folgekosten durch den Klimawandel und den Verlust der biologischen Vielfalt könnten sich im Jahr 2050 auf rund ein Viertel des weltweiten Bruttosozialprodukts belaufen [1]. Ein „Weiter so“, bei dem die Industrieländer ihre ressourcenintensive Wirtschaftsweise beibehalten und die Entwicklungs- und Schwellenländer diese Wirtschaftsweise übernehmen, stellt keinen gangbaren Weg dar. Daher ist der Übergang zu einer Green Economy erforderlich, die sich innerhalb

der ökologischen Leitplanken bewegt und das Naturkapital erhält. Um dieses Ziel zu erreichen, muss der Ressourcenverbrauch global stark sinken. Von zentraler Bedeutung sind auch der langfristige Übergang zu einer postfossilen Wirtschaft sowie der Erhalt der Artenvielfalt und die Wiederherstellung natürlicher Lebensräume.

#### **VORTEILE EINER GRÜNEN TRANSFORMATION DER WIRTSCHAFT**

Um langfristig den Übergang zu einer Green Economy zu erreichen, müssten nach Auffassung des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) weltweit mindestens zwei Prozent des Bruttoinlandsprodukts in grüne Investitionen fließen. Welche ökonomischen und ökologischen Wirkun-



## **GREEN ECONOMY**

### NEUES LEITBILD FÜR WIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG

Wirtschaftliches Wachstum, wie wir es bisher kannten, ist nicht zukunftsfähig. Knapper werdende Ressourcen und der Kampf gegen den Klimawandel werden den internationalen Wettbewerb und die Märkte von morgen prägen. Von einer grünen Wirtschaft, die sparsam mit Energie und Rohstoffen umgeht, profitieren Industriestaaten wie auch Entwicklungs- und Schwellenländer. Die Ökologisierung der Wirtschaft bringt technische Innovationen und schafft neue Arbeitsplätze.

gen eine solche Strategie bis zum Jahr 2050 hätte, schätzte UNEP anhand von Szenarioanalysen [2]. Unterstellt wurden im Green-Investment-Szenario unter anderem höhere Investitionen zur Steigerung der Energieeffizienz, mehr Investitionen in die Nutzung erneuerbarer Energien sowie in die Abfallvermeidung, Aufforstung und die Verbesserung der Wasserversorgung.

Die Modellrechnungen zeigen: Der Übergang zu einer Green Economy ist für Wirtschaft und Gesellschaft vorteilhaft. Im Jahr 2050 läge das globale Bruttoinlandsprodukt im Green-Investment-Szenario um 16 Prozent höher als im Business-as-usual-Szenario (siehe Abbildung). Der Wasser- und Energieverbrauch wäre geringer und der globale Temperaturanstieg ließe sich voraussichtlich auf zwei Grad Celsius begrenzen. Dagegen stiegen im Business-as-usual-Szenario die energiebezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um fast zwei Drittel.

Die ökonomischen Risiken und Schäden durch verstärkten Klimawandel, Wasserknappheit und den Verlust von Ökosystem-Dienstleistungen flossen beim Business-as-usual-Szenario nicht in die Modellierung der Entwicklung des Wirtschaftswachstums ein. Insofern sind die wirtschaftlichen Vorteile beim Green-Investment-Szenario noch erheblich höher als in den UNEP-Schätzungen ausgewiesen. Auch für Entwicklungs- und Schwellenländer ist der Übergang zu einer Green Economy ökonomisch sinnvoll [3]. Ärmere Länder sind in besonderem Maße abhängig von natürlichen Ressourcen. Die Zerstörung von Ökosystemen, der Klimawandel oder steigende Rohstoff- und Nahrungsmittelpreise treffen arme Bevölkerungsschichten beson-

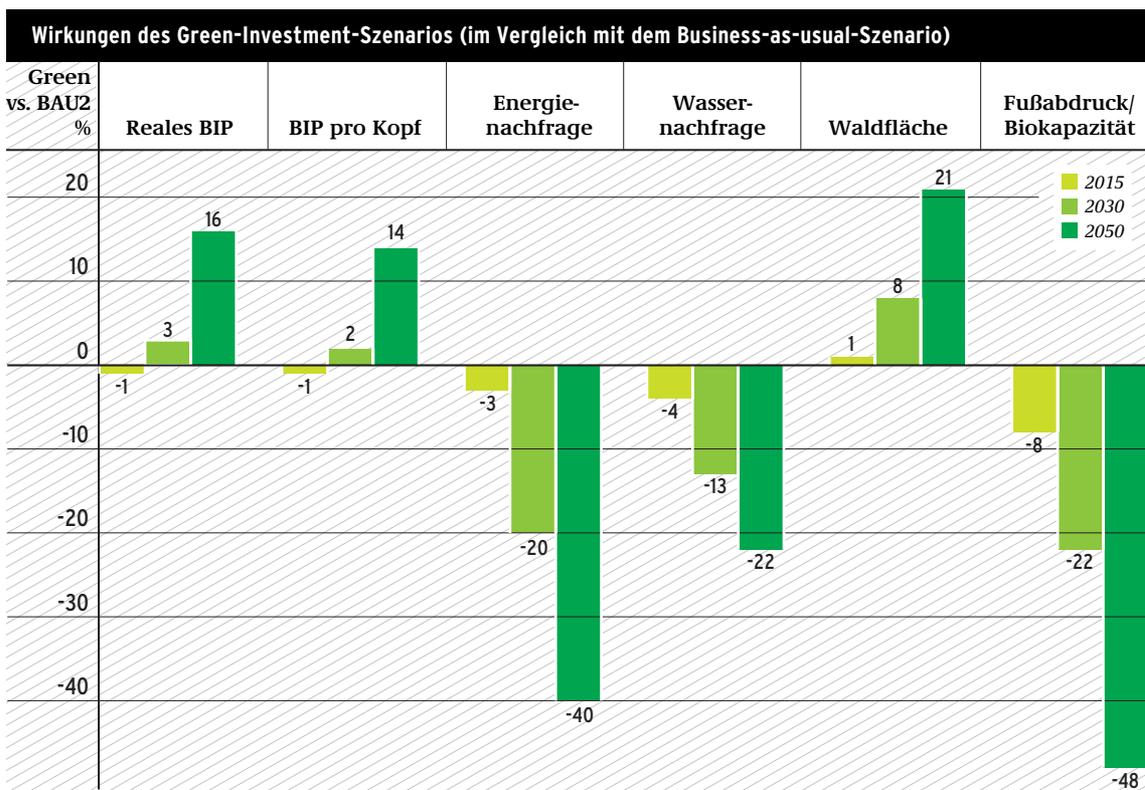
ders hart. Außerdem besteht für Entwicklungsländer die Chance, Fehler der Industrieländer zu vermeiden und von vornherein eine am Leitbild der Green Economy orientierte Wirtschaftsstruktur aufzubauen, etwa beim Aufbau der Infrastruktur oder bei der Energieversorgung.

Langfristig wird es sich kein Land mehr wirtschaftlich leisten können, die ökologischen Herausforderungen dieses Jahrhunderts zu ignorieren. Denn knapper werdende Ressourcen und der Kampf gegen den Klimawandel werden den internationalen Wettbewerb und die Märkte von morgen prägen. Wer sich nicht rechtzeitig auf diese neuen Herausforderungen einstellt, läuft Gefahr, im internationalen Wettbewerb zurückzufallen.

#### WETTBEWERBSFAKTOR RESSOURCENEFFIZIENZ

Die Steigerung der Energie- und Materialeffizienz wird im 21. Jahrhundert voraussichtlich zu einem entscheidenden Faktor für die internationale Wettbewerbsfähigkeit. Durch den Anstieg der Weltbevölkerung und die wirtschaftlichen Aufholprozesse in Entwicklungs- und Schwellenländern wird die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen weiter wachsen. Diese Nachfrage lässt sich bei begrenzten natürlichen Ressourcen auf Dauer nur befriedigen, wenn es gelingt, „Mehr“ mit „Weniger“ herzustellen – das heißt Wirtschaftswachstum und die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen zu entkoppeln. Daher wächst der Druck, Umwelt- und Effizienztechniken einzusetzen und fortzuentwickeln.

In einigen Sektoren, wie der Automobil- oder Maschinenbauindustrie, liegen die Materialkosten



bereits über 50 Prozent des Bruttoproduktionswertes. Zugleich gibt es große Kosteneinsparpotenziale: So schätzt die Deutsche Materialeffizienzagentur, dass im verarbeitenden Gewerbe im Durchschnitt etwa 20 Prozent der Materialkosten durch effizientere Produktionsabläufe eingespart werden könnten [4]. Das entspräche für die gesamte Volkswirtschaft einem Wert von jährlich etwa 100 Milliarden Euro.

### DIE MÄRKTE DER ZUKUNFT SIND GRÜN

Die grünen Zukunftsmärkte für umweltfreundliche Energieerzeugung, Energieeffizienz, Rohstoff- und Materialeffizienz, nachhaltige Mobilität, nachhaltige Wasserwirtschaft sowie Abfall- und Kreislaufwirtschaft werden in den nächsten Jahrzehnten voraussichtlich rasant wachsen: Das Weltmarktvolumen könnte sich allein zwischen 2007 und 2020 von 1.400 Milliarden Euro auf 3.100 Milliarden Euro mehr als verdoppeln (siehe Abbildung).

Von diesem dynamischen Wachstum wird die deutsche Umweltindustrie kräftig profitieren, denn sie besitzt auf vielen Märkten eine starke Position im internationalen Wettbewerb. Gegenwärtig halten deutsche Unternehmen bei den einzelnen Zukunftsmärkten Weltmarktanteile zwischen sechs und 30 Prozent [5]. Besondere Stärken weist Deutschland auf bei der umweltfreundlichen Energieerzeugung und bei der Abfall- und Kreislaufwirtschaft. Hier entfällt gut ein Viertel des Weltmarktes auf deutsche Unternehmen.

Der internationale Wettbewerb auf den grünen Zukunftsmärkten wird allerdings härter. Einige Länder haben bereits industriepolitische Strategien entwickelt, um ihre Wettbewerbsposition auf den grünen Zukunftsmärkten zu stärken. Südkorea will zum Beispiel bis 2013 zwei Prozent des Brutto-

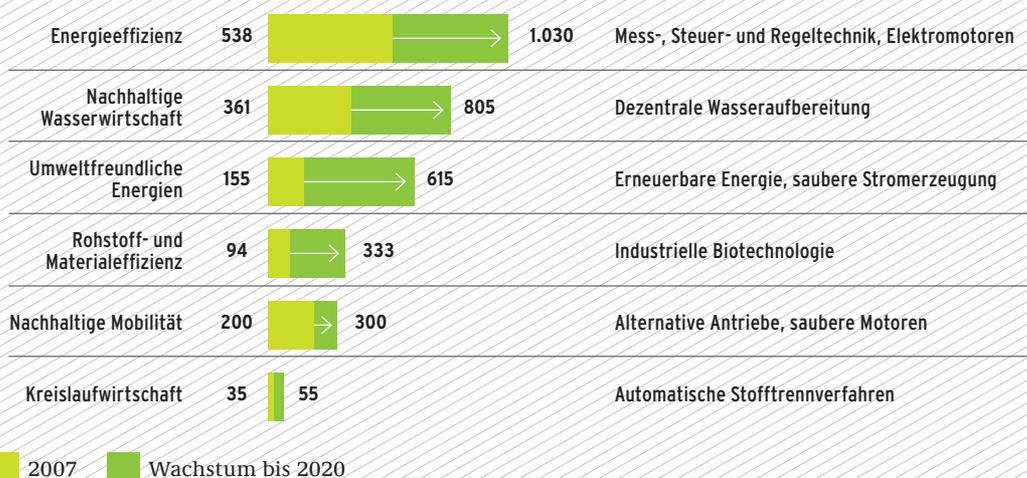
inlandsprodukts für Investitionen in Klimaschutz und Energie, nachhaltigen Transport und die Entwicklung grüner Technologien verwenden [6]. Auch einige Schwellenländer unternehmen große Anstrengungen auf diesem Gebiet. So hat sich China in wenigen Jahren zu dem mit Abstand größten Hersteller von Solarzellen entwickelt – mit einem Weltmarktanteil von 48 Prozent im Jahr 2010 [7].

### UMWELTSCHUTZ SCHAFFT ARBEITSPLÄTZE

Der Übergang zu einer Green Economy bietet große Beschäftigungschancen. Verschiedene Studien zeigen: Anspruchsvolle Klimaschutzziele können zusätzliche Arbeitsplätze schaffen, etwa durch den Ausbau der erneuerbaren Energien oder die energetische Gebäudesanierung. Voraussichtlich bis zu rund 630.000 zusätzliche Arbeitsplätze würden entstehen durch Energieeffizienzmaßnahmen zum Erreichen des deutschen Klimaschutzziels, das eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40 Prozent bis zum Jahr 2020 vorsieht [8]. Auch EU-weit bietet der Klimaschutz große Beschäftigungschancen: Die EU-Kommission geht von bis zu 1,5 Millionen zusätzlichen Arbeitsplätzen bis 2020 aus, falls die EU statt der beschlossenen Emissionsminderung um 20 Prozent eine 25-prozentige Minderung umsetzt [9]. Bei einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 30 Prozent könnten nach einer aktuellen Studie sogar bis zu sechs Millionen zusätzliche Arbeitsplätze bis 2020 entstehen [10].

Auch bei der Ressourcenschonung bestehen große Beschäftigungspotenziale. So könnten bis zum Jahr 2030 bis zu 700.000 zusätzliche Arbeitsplätze entstehen, falls es durch Informations- und Beratungsangebote gelänge, in allen Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes *best practices* mit Blick auf die Materialeffizienz zu implementieren [11]. Zugleich stiege das Bruttosozialprodukt im Vergleich zum Referenzszenario um 14 Prozent und

Wachstum des Marktvolumens in den grünen Zukunftsmärkten (in Milliarden Euro)



Quelle: Bundesumweltministerium [5]

der Ressourcenverbrauch sänke um neun Prozent. Der Übergang zu einer Green Economy erfordert eine tiefgreifende ökologische Modernisierung der gesamten Wirtschaft und Gesellschaft, die alle Branchen und Lebensbereiche umfasst. Das wird nur gelingen, wenn der Staat die richtigen Rahmenbedingungen und Anreize setzt. Dazu gehört, dass er Umweltinnovationen systematisch fördert, den Aufbau grüner Zukunftsmärkte forciert und ökonomische Anreize schafft, die umweltfreundliches und ressourcensparendes Wirtschaften belohnen. Wichtig sind auch anspruchsvolle Umweltziele, die den wirtschaftlichen Akteuren einen klaren Handlungsrahmen vorgeben. Die folgenden Kapitel zeigen am Beispiel der Energieversorgung, der Ressourcenschonung und der Chemiebranche konkrete Umsetzungsmöglichkeiten für eine Green Economy.

### GESELLSCHAFTLICHE VERANTWORTUNG DER UNTERNEHMEN UND UMWELTMANAGEMENT

Die Unternehmen stehen heute vor großen ökonomischen und ökologischen Herausforderungen. Es geht dabei nicht nur um die Bewältigung der Auswirkungen aus der Finanz- und Wirtschaftskrise, sondern es drohen Umweltkrisen wie Klimaerwärmung und zunehmende Verknappung der natürlichen Ressourcen. Diese werden unser Leben und unser Wirtschaften in diesem Jahrhundert entscheidend beeinflussen. Eine Strategie des „weiter so wie bisher“ wird den Herausforderungen nicht gerecht und stellt für die Unternehmen letztlich keine Lösung dar. Vielmehr kommt es darauf an, die in den Zukunftsrisiken liegenden ökonomischen Chancen zu erkennen und zu nutzen. Wer seine Geschäftstätigkeit nachhaltig gestaltet und innovative, umweltfreundliche Produkte und Dienstleistungen anbietet, kann seine Wettbewerbsfähigkeit stärken und selbst Treiber des gesellschaftlichen Fortschritts werden.

Ein systematisches Umweltmanagement kann seinen Beitrag zur Bewältigung der beschriebenen Herausforderungen leisten. EMAS ist das anspruchsvollste Instrument, das uns hier zur Verfügung steht. In der Praxis und anhand der Norm ISO 26000 sind Konzepte zur gesellschaftlichen Verantwortung von Unternehmen (*Corporate Social Responsibility, CSR*) entwickelt worden, die wirtschaftliche Entwicklung, soziale Verantwortung und die Schonung von Umweltressourcen verbinden. Viele Unternehmen verfassen bereits Nachhaltigkeits- oder CSR-Berichte und stellen ihre Maßnahmen in diesen Bereichen dar. Dabei können die Unternehmen den Umweltteil von CSR ohne weiteres mit ihrem Umweltmanagementsystem und ihrer EMAS-Umwelterklärung abdecken. Die externe Zertifizierung verhilft ihnen dabei zu besonderer Glaubwürdigkeit.

Auch ein systematisches Energiemanagement gemäß der neuen ISO 50001 weist einen engen Zusammenhang mit EMAS auf. So zeigt ein Vergleich von EMAS mit der europäischen Vorläuferform zur ISO 50001 – der EN 16001 –, dass EMAS im Prinzip alle Aspekte eines Energiemanagementsystems abdeckt.

**VERANTWORTLICH FÜR DEN TEXT:** Andreas Burger  
(*Fachgebietsleiter für wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum*)

#### Quellenverzeichnis

- [1] Der ehemalige Weltbankchef Sir Nicholas Stern schätzt, dass ein ungebremster Klimawandel im Jahr 2050 bis zu 20 Prozent des weltweiten Bruttosozialprodukts kosten würde. Vgl. Stern, Nicholas: *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, 2006  
Eine weltweite Studie unter dem Ökonomen Pavan Sukhdev beziffert den Wohlfahrtsverlust durch den fortschreitenden weltweiten Verlust an biologischer Vielfalt für das Jahr 2050 auf 7 Prozent des weltweiten Konsums. Vgl. Sukhdev, Pavan: *TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Interim Report*, 2008
- [2] UNEP: *Towards a Green Economy, Pathways to Sustainable development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers*, 2011
- [3] UNEP, UNCTAD, UN-OHRLS: *Green Economy: Why a Green Economy Matters for the Least Developed Countries*, 2011
- [4] Deutsche Materialeffizienzagentur (demea): *Basisinformationen, Warum ist Materialeffizienz wichtig?*, 2011. Im Internet abrufbar unter: <http://www.demea.de/was-ist-materialeffizienz/Basisinformationen>
- [5] Bundesumweltministerium: *GreenTech made in Germany 2.0*, München 2009
- [6] UNEP: *Towards a Green Economy, Pathways to Sustainable development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers*, 2011
- [7] Photon Europe: *Grafik „Herkunftslander und -regionen“*, 2011. Im Internet abrufbar unter: [http://www.photon.de/presse/mitteilungen/herkunft\\_solarzellen\\_2010.pdf](http://www.photon.de/presse/mitteilungen/herkunft_solarzellen_2010.pdf)
- [8] Schade, Wolfgang et al.: *Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Unternehmen und Verkehr*, Umweltbundesamt, Reihe *Climate Change* Nr. 08/2009, Dessau-Roßlau
- [9] Europäische Kommission: *Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050*, KOM (2011) 112 endgültig  
Europäische Kommission (2011): *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*, Commission staff working paper, *Impact Assessment*, SEC(2011) 288 final
- [10] Jaeger, Carlo et al.: *A New Growth Path for Europe. Generating Prosperity and Jobs in the Low-Carbon Economy*, Potsdam 2011
- [11] Distelkamp, Martin et al.: *Quantitative und qualitative Analyse der ökonomischen Effekte einer forcierten Ressourceneffizienzstrategie*, *Ressourceneffizienzpapier 5.5* im Projekt *Materialeffizienz und Ressourcenschonung*, Wuppertal 2010



Energiewende

# AUFBRUCH INS NEUE ZEITALTER

Elemente einer nachhaltigen  
Energieversorgung



Deutschland hat die Energiewende beschlossen. Der schrittweise Ausstieg aus der Atomenergie soll innerhalb eines Jahrzehnts erfolgen, die Energieeffizienz verbessert und der Umstieg auf die erneuerbaren Energien beschleunigt werden. Das neue Energiezeitalter erfordert einen grundlegenden Umbau der Energieversorgungssysteme. Dies stellt das Land vor große Herausforderungen, bietet aber zugleich die große Chance einer grundlegenden wirtschaftlichen Modernisierung. Und es rüstet Deutschland für die Zukunft, wenn Preise für fossile und nukleare Energien weiter steigen werden und schließlich kein Land mehr die Augen vor den Anforderungen des Klimawandels verschließen kann.

Unsere Energieerzeugung und -nutzung ist gegenwärtig nicht nachhaltig. Sie ist mit erheblichen Umweltbelastungen und Risiken verbunden, die zum Teil langfristig wirksam sind. Ungefähr 80 Prozent aller Treibhausgasemissionen entstehen bei der Umwandlung und Nutzung von Energie. Von der Atomenergie gehen große Risiken aus, die letztlich nicht beherrschbar sind. Für den Übergang zu einer nachhaltigen Energienutzung müssen drei Strategien konsequent umgesetzt werden [1]:

- Zunächst müssen wir unseren Lebensstandard vom Energieverbrauch entkoppeln. Die Auswirkungen von Planungs- und Entwicklungsprozessen auf den künftigen Energiebedarf wie etwa bei der Verkehrs-, Siedlungs- und Regionalplanung müssen berücksichtigt werden. Energiedienstleistungen (warme und helle Wohnräume, Herstellung von Produkten und Transport von Gütern und Menschen) müssen mit weniger Endenergie (Strom, Brenn- und Kraftstoffe) auskommen.
- Den, trotz sorgfältiger Planung, unvermeidlichen Endenergiebedarf müssen wir aus möglichst effizient umgewandelten Energiequellen decken. Dies gilt auch für Energietransport und -nutzung.
- Den verbleibenden Primärenergiebedarf müssen zunehmend und langfristig vollständig erneuerbare Energien decken.

Wie notwendig diese drei Strategien sind, zeigt beispielsweise die Stromerzeugung. Unter anderem aufgrund des zunehmenden Lebensstandards (Computer, Fernseher, Handys) stieg der Stromverbrauch zwischen 1995 und 2008 um 66 Terawattstunden (TWh). Die erfolgreiche Förderung erneuerbarer Energien hat in diesem Zeitraum zu einer Zunahme der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien um rund 69 TWh geführt. Somit konnten

die erneuerbaren Energien nur etwas mehr als den Zuwachs des Stromverbrauchs abdecken. Aufbaue auf der in den letzten beiden Jahrzehnten angestoßenen Entwicklung müssen diese Strategien nun schrittweise umgesetzt werden. Im Folgenden stellt das Umweltbundesamt (UBA) die Elemente einer nachhaltigen Entwicklung zur Energieversorgung dar, die in den nächsten Jahren von besonderer Bedeutung sein werden.

## ENERGIEEFFIZIENZ IST DIE GRÖSSTE ENERGIEQUELLE

Zu den wirtschaftlichen Einsparmöglichkeiten von Strom und Brennstoffen in allen Verbrauchsbereichen liegen mehrere Studien vor [2]. Demnach können die Treibhausgasemissionen bis 2020 um bis zu 130 Millionen Tonnen (Mio. t) gesenkt werden. Mehr als die Hälfte davon (etwa 70 Mio. t) entfällt auf Stromsparmöglichkeiten von etwa 110 TWh. Ein großer Teil dieses Potenzials (90 TWh) ist sogar wirtschaftlich, weil die vermiedenen Energiekosten die Kosten der stromsparenden Anlagen oder Maßnahmen innerhalb von wenigen Monaten bis maximal fünf Jahren kompensieren.

**STROM** in privaten Haushalten kann vor allem durch energieeffiziente Haushaltsgeräte wirtschaftlich genutzt werden. Der durchschnittliche Energieverbrauch der Elektrogeräte mit Energieverbrauchskennzeichnung verringerte sich von 2005 bis 2010 um neun Prozent [3]. In der Industrie sparen Hochwirkungsgrad-Motoren und Umrichter zur elektronischen Drehzahlregelung Strom ein. Große Einsparpotenziale können durch die gemeinsame Optimierung einzelner Komponenten wie elektrischer Antriebe, Pumpen, Druckluft-erzeugung und Ventilatoren im Gesamtsystem erschlossen werden.

## ZIELE DER DEUTSCHEN ENERGIE- UND KLIMAPOLITIK

- Die Treibhausgasemissionen sollen bis 2020 um 40 %, bis 2030 um 55 %, bis 2040 um 70 % und bis 2050 um 80 bis 95 % (jeweils gegenüber 1990) sinken.
- Der Primärenergieverbrauch soll durch effizientere Umwandlung und Nutzung der Energie bis 2020 um 20 % und bis 2050 um 50 % gegenüber 2008 sinken. Die Sanierungsrate für Gebäude wird von 1 auf 2 % verdoppelt.
- Bis 2020 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Brutto-Endenergieverbrauch 18 % erreichen, und danach kontinuierlich weiter steigen auf 30 % bis 2030 und auf 60 % bis 2050. Der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am gesamten Stromverbrauch soll bis spätestens 2050 mindestens 80 % betragen. Im Verkehrssektor soll der Endenergieverbrauch bis 2020 um rund 10 % und bis 2050 um rund 40 % zurückgehen.

Gebäude verursachen für Raumwärme, Warmwasser, Kühlen, Lüften, Hilfsanwendungen und sämtliche Beleuchtung rund 40 Prozent des Endenergieverbrauchs [4]. Wärmeschutz, passive Nutzung der Sonnenenergie mit Fenstern, effiziente Heiztechnik und Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung verringern den Energieverbrauch. Die Energieeinsparverordnung führte 2002 das Niedrigenergiehaus als Standard ein, derzeit setzt sich das Passivhaus zunehmend durch. Bis etwa 2020 wird das Niedrigstenergiegebäude als Standard etabliert. Bei bestehenden Gebäuden ist die Sanierung mit Passivhauskomponenten bereits heute technisch realisierbar und oft auch wirtschaftlich [5]. Ihre Nutzung führt zu einem um bis zu 90 Prozent niedrigeren Wärmebedarf im sanierten Gebäude. Darüber hinausgehende Konzepte wie das Null- oder Plusenergiehaus sind heute technisch bereits möglich. Letzteres erzeugt über das Jahr mehr Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Gebäude selbst gewonnen wird, als es selbst verbraucht.

Ein geringer **WÄRME**bedarf von Gebäuden stellt die Fernwärmeversorgung vor neue Herausforderungen. In einer Passivhaussiedlung können zum Beispiel die Verteilverluste ebenso hoch sein wie der Wärmebedarf der Gebäude. Dennoch kann eine leitungsgebundene Wärmeversorgung ökologisch und ökonomisch sinnvoll sein, wenn Passivhäuser an den Fernwärmerücklauf angeschlossen werden, kurze Leitungen die Verteilverluste verringern oder die Nahwärme lokal erzeugt wird (gemeinsam genutzte Erdsonden für Wärmepumpen, Holzpelletkessel, Blockheizkraftwerke) [6].

In Industrie und Gewerbe können mit effizienten Heizkesseln für die Bereitstellung von Prozesswärme oder mit Wärmeübertragern zur Wärmerückgewinnung Brennstoffe eingespart werden. Erst die gemeinsame Optimierung energieeffizienter Einzelanlagen in einem betrieblichen Energienutzungskonzept kann bestehende Einsparpotenziale für Strom und Brennstoffe vollständig erschließen. Die Nutzung von Abwärme spielt hierbei eine große Rolle. Energiemanagementsysteme erleichtern eine systematische und kontinuierliche Verbesserung der Energienutzung.

Im **VERKEHR** lässt sich Energie durch Vermeidung und Verlagerung auf umweltverträglichere Verkehrsmittel einsparen. Eine höhere technische Effizienz der Verkehrsmittel trägt wesentlich zur Reduktion von klimaschädlichen Emissionen und damit und zum Klimaschutz bei [7]. Nach Schätzungen des UBA beträgt das Energieeinsparpotenzial bei effizienten Hybrid-Pkw bis 2050 etwa 60 Prozent. Plug-in-Hybride mindern den Verbrauch flüssiger Kraftstoffe gegenüber heutigen Fahrzeugen bei einem elektrischen Fahrleistungsanteil von 50 bis 75 Prozent um rund 80 bis 90 Prozent. Bei Lkws können nach UBA-Schätzungen mittelfristig etwa 40 Prozent Energie eingespart werden. Diese Schätzungen basieren auf dem Einsatz hocheffizienter Antriebe und konsequentem Leichtbau. Extern aufladbare Fahrzeuge mit teilelektrischem Antrieb (Hybridfahrzeuge) könnten schon heute einen größeren Teil der Verkehrsleistung abdecken, wenn die rechtlichen Anforderungen an den Kraftstoffverbrauch gegeben wären. Sollten in Zukunft weitere Innovationen bei Speicherdichte und Herstellungskosten der Batterien erfolgen, wird sich die Elektromobilität langfristig durchsetzen. Grundsätzlich gilt, dass der Fahrstrom aus erneuerbaren Energien stammen muss, um langfristig akzeptable CO<sub>2</sub>-Bilanzen für den Einsatz des Energieträgers Strom im Verkehr zu gewährleisten. Parallel dazu ist der spezifische Kraftstoffverbrauch (auch bei den konventionellen Antrieben) deutlich zu senken. Auch die Nutzung von Wasserstoff aus Überschüssen der erneuerbaren Energie in Brennstoffzellen kann eine sinnvolle Option darstellen, wobei aus Effizienzgründen ein stationärer Einsatz wie auch grundsätzlich die direkte Nutzung von Strom zu bevorzugen sind.

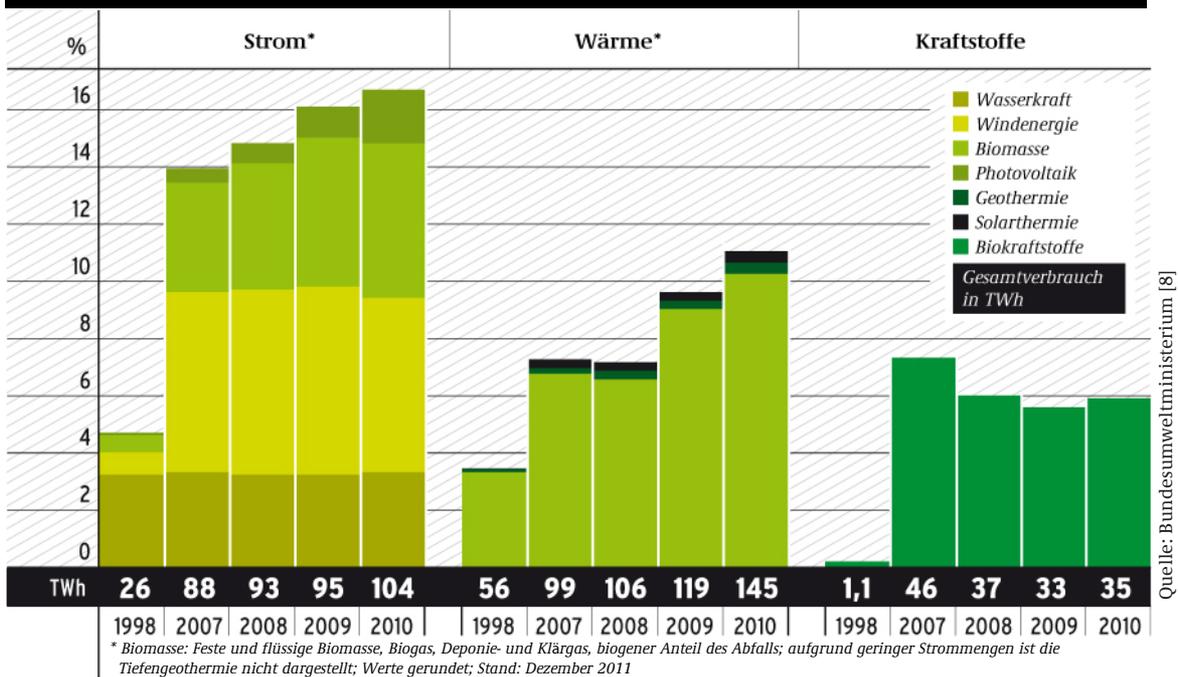
Im Flugverkehr sind die technischen Potenziale zur Minderung des Treibstoffverbrauchs zwar noch nicht ausgeschöpft, allerdings reicht die Minderung der spezifischen Emissionen von jährlich 1 bis 2 Prozent nicht dazu aus, den prognostizierten absoluten Emissionsanstieg zu kompensieren. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger bedarf noch erheblicher Anstrengungen und es muss geprüft werden, inwieweit und in welchen Zeiträumen Verbrauchsminderungen erreichbar sind. Aus Sicht des UBA kommt deshalb nach wie vor der Vermeidung von Flugverkehr eine wichtige Rolle zu. Auch im vergleichsweise effizienten Schiffs- und Bahnverkehr sind weitere Effizienzsteigerungen erforderlich.

## VERKEHR

*Energieeinsparpotenzial längst nicht ausgeschöpft*



## Beitrag der erneuerbaren Energien zum Endenergieverbrauch in Deutschland



## ERNEUERBARE ENERGIEN - TRAGENDE SÄULE KÜNFTIGER ENERGIEVERSORGUNG

Die wesentlichen Quellen der erneuerbaren Energien sind die Strahlungsenergie der Sonne, Gravitationskräfte sowie radioaktive Zerfallsprozesse im Erdinneren. Neben der direkten Nutzung der Sonnenstrahlung entstehen daraus die heute wichtigsten erneuerbaren Energien Wind, Erdwärme, Wasserkraft und Bioenergie. Nach menschlichen Zeitmaßstäben sind erneuerbare Energien dauerhaft verfügbar. Das gesamte Angebot übersteigt den Weltenergiebedarf um ein Vielfaches. Aber auch die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen ist mit Wirkungen auf die Umwelt und mit Kosten verbunden. Deshalb sind Energieeinsparung sowie effiziente Bereitstellung, Umwandlung und Nutzung der Energie notwendige Voraussetzungen, um den verbleibenden Energiebedarf aus erneuerbaren Energien zu decken.

Die Bereitstellung von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien hat sich von rund 83 TWh im Jahr 1998 auf rund 284 TWh im Jahr 2010 mehr als verdreifacht (siehe Abbildung). Dabei konnten die Erneuerbaren ihren Anteil an der Stromerzeugung von 4,7 (1998) auf 17,1 Prozent steigern. Im Jahr 2011 wurde dieser Anteil auf rund 20 Prozent erhöht. Die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien summierte sich 2010 auf rund 145 TWh beziehungsweise einen Anteil von 10,2 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch für Wärme (Raumwärme, Warmwasser und industrielle Prozesswärme). Den größten Anteil daran hatten biogene Brennstoffe mit rund 93 Prozent. Im Ver-

kehrssektor betrug im Jahr 2010 der energetische Beitrag rund 35 TWh, das entspricht einem Anteil von rund 5,8 Prozent am gesamten Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs. 2010 betrug der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Mobilität) 11,3 Prozent. Nach ersten Abschätzungen konnte im Jahr 2011 ein Anteil von rund 12 Prozent erreicht werden.

**WIND:** Ein großer Hoffnungsträger der Energiewende ist die Windenergienutzung an Land und auf See. Maximal 59 Prozent der Energie können dem Wind entnommen werden. Moderne Windenergieanlagen erreichen bereits einen Wirkungsgrad von bis zu 50 Prozent. Die größten Windenergieanlagen verfügen über eine installierte Leistung von bis zu 7,5 Megawatt (MW). Ab einer Windgeschwindigkeit von etwa drei Metern pro Sekunde (m/s) laufen die Anlagen an. Die Leistung nimmt mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit zu. Eine Verdopplung der Windgeschwindigkeit führt also zu einer Verachtfachung der Leistung. Die höchsten Windgeschwindigkeiten finden sich auf See und an der Küste. Im Landesinneren sind sie wegen der unebenen Landschaft und der Reibung der Luft am Erdboden wesentlich geringer. Um diesen Nachteil auszugleichen, werden Windenergieanlagen an Land deutlich höher gebaut.

Ende 2010 waren in Deutschland rund 21.600 Anlagen mit einer Leistung von 27.209 MW installiert. Sie produzierten im Jahr 2010 etwa 37,7 TWh Strom [8]. 33 Anlagen mit einer Leistung von 108 MW befinden sich auf See [9]. Bis Ende 2011 waren in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) 27 Windparks mit insgesamt 1.930 Windenergieanlagen genehmigt.



### WINDKRAFT

*Künftig vor allem auf See*

### GEOTHERMIE

*Wärme aus dem Keller der Erde*

**GEOTHERMIE** oder auch Erdwärme steht im Gegensatz zur Wind- und Sonnenenergie ständig zur Verfügung und kann mit über 8.000 Volllaststunden im Jahr zur Grundlast beitragen. Die tiefe Geothermie nutzt die mit der Tiefe zunehmende Temperatur der Gesteine und Wässer, um Strom und Wärme zu erzeugen, während die oberflächennahe Geothermie die Temperaturdifferenzen zwischen Untergrund und Lufttemperatur zum Heizen und Kühlen von Gebäuden nutzt.

Bei der tiefen Geothermie zirkuliert Wasser durch bestehende oder künstlich erzeugte Gesteinsklüfte und heizt sich durch die in der jeweiligen Tiefe vorherrschenden Gesteinstemperaturen auf (petrothermale Systeme). Oder sie nutzt in der Tiefe vorhandene heiße Thermalwässer direkt (hydrogeothermale Systeme). Je nach Temperatur werden die geförderten Wässer zur Strom- und Wärmeerzeugung oder nur zur Wärmeerzeugung genutzt. Oberflächennahe Geothermie beschränkt sich nach Bergrecht auf Tiefen bis 400 m. Die in diesen Bereichen anzutreffenden Temperaturen werden mit Wärmepumpen zum Heizen oder direkt zum Kühlen von Gebäuden genutzt.

Derzeit sind 18 tiefe Geothermieanlagen mit rund 7,3 MW elektrischer und rund 188 MW thermischer Leistung in Betrieb [10], die 2010 etwa 0,028 TWh Strom erzeugten [8]. Darüber hinaus befinden sich 13 Anlagen im Bau und 81 Anlagen in Planung. Seit dem Jahr 2000 stieg die Bereitstellung von Wärme aus Geothermie von 1,5 TWh auf 5,6 TWh im Jahr 2010. Der größte Anteil stammt allerdings aus der oberflächennahen Geothermie einschließlich sonstiger Umweltwärme [10].

**SONNENENERGIE** wird in Deutschland mithilfe der Photovoltaik und der Solarthermie genutzt. Bei der Photovoltaik wandeln Solarzellen Sonnenstrahlung direkt in elektrische Energie um, bei der Solarthermie wandeln Solarkollektoren das Sonnenlicht in Wärme um. Im Bereich der Photovoltaik kommen in Deutschland hauptsächlich mono- und polykristalline Silizium-Solarzellen zum Einsatz. Aber auch der Marktanteil von Dünnschichtzellen auf der Basis von Silizium oder anderen Halbleitermaterialien wie Cadmium-Tellurid nimmt zu. In den Jahren 2009 und 2010 war Deutschland der weltweit größte Absatzmarkt für Solarzellen. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), hohe gesellschaftliche Akzeptanz der Technik und die Verschlechterung der Förderbedingungen in anderen Ländern (etwa in Spanien) trugen dazu bei, dass 2009 rund 3.800 Megawatt peak (MWp; Nennleistung unter Testbedingungen) und 2010 rund 7.400 MWp zugebaut wurden. Damit erhöhte sich die installierte Leistung auf 17.320 MWp, der Stromertrag betrug rund 12 TWh.

In Deutschland setzt man die Solarthermie mit Luftkollektoren oder Schwimmbadabsorbern zur Erwärmung von Badewasser ein. Dagegen dienen Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren der Trinkwassererwärmung und der Unterstützung der Heizungsanlage. Im Vergleich zur Photovoltaik vollzog sich der Ausbau der Solarthermie weniger dynamisch: 2009 wurden rund 1,6 Millionen Quadratmeter (m<sup>2</sup>) Kollektorfläche [11], 2010 nur 1,15 Millionen m<sup>2</sup> installiert. Der Grund ist, dass 2010 im Marktanreizprogramm (siehe Seite 31) weniger Fördermittel zur Verfügung standen. Die insgesamt installierte Kollektorfläche betrug Ende 2010 rund 14 Millionen m<sup>2</sup> und erzeugte 5,2 Milliarden Kilowattstunden (kWh) Wärme oder 0,4 Prozent des deutschen Wärmeverbrauchs [8].

**WASSERKRAFT** wird in modernen Wasserkraftanlagen mit Wirkungsgraden bis über 94 Prozent genutzt. Deren Lebensdauer liegt bei ungefähr 80 bis 100 Jahren, wobei nach 20 bis 40 Jahren ein Austausch der Maschinensätze notwendig wird. Etwa 16 Prozent des global erzeugten Stroms stammt aus Wasserkraftanlagen. Sie erzeugten 2010 in Deutschland 21,0 TWh Strom. Die installierte Leistung betrug Ende 2010 4.780 MW [8]. 85 Prozent des Stroms wurden in rund 400 Anlagen mit einer Leistung von mehr als 1 MW erzeugt [12]. Etwa 7.300 Wasserkraftanlagen haben eine Leistung von höchstens 1 MW. Das Potenzial der Wasserkraft gilt in Deutschland als weitestgehend ausgeschöpft. Nennenswerte Potenziale können nur noch durch Modernisierung und Ausbau bestehender Anlagen erschlossen werden.

**BIOMASSE:** Daraus lassen sich Kraftstoff, Wärme und Strom gewinnen. Grundsätzlich ist jede Biomasse energetisch nutzbar, sodass die Bandbreite der verfügbaren Techniken zur Umwandlung und Nutzung entsprechend groß ist. Knapp drei Viertel der in Deutschland aus erneuerbaren Energien bereitgestellten Endenergie stammen aus Biomasse, die zum größten Teil zur Wärmeerzeugung eingesetzt wird. Strom aus biogenen Rohstoffen (etwa Holz, landwirtschaftliche Reststoffe und Energiepflanzen) stammte im Jahr 2010 zu 33 Prozent aus Holzheizkraftwerken und zu 43 Prozent aus Biogas

[8]. Seit der EEG-Novelle 2004 erlebte die Biogasnutzung einen starken Zubau auf etwa 5.900 Anlagen Ende 2010 [13]. Zur biogenen Stromerzeugung trägt außerdem der biogene Anteil des Abfalls und – mit geringerer Bedeutung – Pflanzenöle, Klärgas und Deponiegas bei [8].

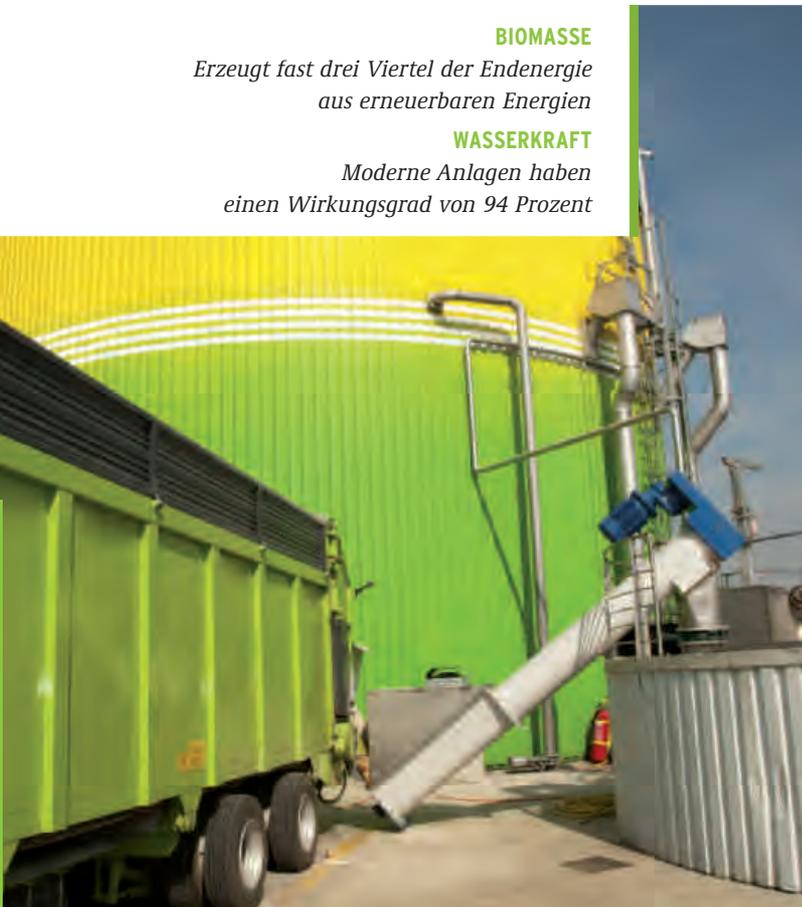
Bei der Wärmeversorgung aus Biomasse dominiert in Deutschland die traditionelle Scheitholzfeuerung. Neue Feuerungskonzepte mit höheren thermischen Nutzungsgraden gewinnen erst allmählich Anteile. So gibt es bisher nur rund 140.000 moderne Holzpellettheizungen in Privathaushalten. Doch auch die Industrie setzt zunehmend ihre biogenen Produktionsreste oder Abwärme aus der Stromerzeugung ein, um Prozess- und Niedertemperaturwärme bereitzustellen. Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien stammen bislang fast ausschließlich aus Biomasse. Entsprechend dem Biokraftstoffquotengesetz von 2007 wird Biodiesel dem fossilen Diesel zugemischt und Bioethanol dem Benzin (E5, seit 2011 auch E10). Die energetische Nutzung von Biomasse hat entsprechend der offiziellen Statistik 65,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente vermieden. Dabei sind jedoch Treibhausgasemissionen nicht berücksichtigt, die durch vermehrten Anbau von Pflanzen anstelle von beispielsweise bislang „klimaneutralen“ unbewirtschafteten Flächen entstanden sind.

#### BIOMASSE

*Erzeugt fast drei Viertel der Endenergie aus erneuerbaren Energien*

#### WASSERKRAFT

*Moderne Anlagen haben einen Wirkungsgrad von 94 Prozent*



## ENERGIEWENDE BIETET WIRTSCHAFTLICHE CHANCEN

Gerade bei hohen und voraussichtlich weiter steigenden Energiepreisen ist es volkswirtschaftlich sinnvoll, die Energieeffizienz zu steigern, um die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Die Energieimportrechnung Deutschlands für Rohöl, Gas, Kohle und Strom stieg von rund 58 Milliarden Euro im Jahr 2005 auf 112 Milliarden Euro im Jahr 2008 [14]. Die Energieverbraucher nutzen die Chance, Energie effizient einzusetzen, bislang noch nicht ausreichend.

Schon 2007 hatten Produkte und Dienstleistungen zur Steigerung der Energieeffizienz ein Weltmarktvolumen von 540 Milliarden Euro, das sich bis 2020 voraussichtlich verdoppeln wird. Die jährlichen Wachstumsraten von drei bis sechs Prozent in einigen Kernbereichen sind zwar deutlich geringer als in anderen grünen Zukunftsmärkten. Sie sind jedoch sehr beachtlich für reife Industrien, die den Zukunftsmarkt Energieeffizienz prägen. In einigen innovativen Teilmärkten ist das Umsatzwachstum ausgesprochen hoch: Die solare Kühlung, deren Marktvolumen im Jahr 2007 bei nur wenigen Millionen Euro lag, wird mit jährlichen Wachstumsraten von über 50 Prozent im Jahr 2020 ein Marktvolumen von mehreren Milliarden Euro aufweisen [15]. Außerdem führt eine Steigerung der Energieeffizienz häufig zu mehr Beschäftigung. Tendenziell profitieren davon eher arbeitsintensive Bereiche – wie zum Beispiel das Handwerk bei der energetischen Gebäudesanierung. Zudem ersetzen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zum Teil importierte Energieträger wie Öl oder Gas durch inländische Wertschöpfung. Analysen zeigen, dass Klimaschutz durch eine verbesserte Energieeffizienz im Verkehr, in Unternehmen sowie bei der Gebäudesanierung zu positiven Nettobeschäftigungseffekten führt. So sind durch eine konsequente CO<sub>2</sub>-Minderungsstrategie im Verkehr 215.000 zusätzliche Stellen bis 2020 möglich [16].

Den Kosten der erneuerbaren Energien steht in vielen Bereichen ein erheblicher gesamtwirtschaftlicher Nutzen gegenüber. So vermeidet der Einsatz erneuerbarer Energien zum Beispiel klimaschädliche Emissionen und Luftschadstoffe. Dies verringert die gesellschaftlichen Folgekosten durch Umwelt- und Gesundheitsbelastungen. Nur ein Teil der Nutzenwirkungen lässt sich bisher auch ökonomisch beziffern (siehe Tabelle). So sind Faktoren wie eine höhere Versorgungssicherheit oder spillover Effekte heutiger Forschungsaktivitäten noch nicht berücksichtigt. Des Weiteren müssen durch den Ausbau erneuerbarer Energien weniger fossile Energieträger importiert werden. Im Jahr 2010 konnten dadurch rund sechs Milliarden Euro eingespart werden [19]. Das hatte positive gesamtwirtschaftliche Effekte zur Folge, da die Importe weitgehend durch inländische Wertschöpfung ersetzt wurden. Damit wurden zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen, auch die Versorgungssicherheit wurde erhöht.

Auch die positiven Wirkungen für die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen sind ein wichtiger Faktor. Deutsche Unternehmen sind auf dem Weltmarkt für erneuerbare Energien sehr gut vertreten. Dies wurde durch die Förderung erneuerbarer Energien im Stromsektor wesentlich unterstützt. Die wirtschaftliche Bedeutung des Klimaschutzes hat in den letzten Jahren weltweit kontinuierlich zugenommen: Die Umsätze im internationalen Handel mit Klimaschutzgütern nahmen von 2002 bis 2008 jährlich um 19 Prozent zu [20], bei den erneuerbaren Energien sogar um knapp 33 Prozent. Diese Zahlen verdeutlichen die auch international zunehmende wirtschaftliche Bedeutung dieser Branche. Die wachsende Nutzung erneuerbarer Energien verdeutlichen auch die Beschäftigungszahlen der Branche, die sich in den Jahren 2004 bis 2010 von 160.500 auf 367.400 mehr als verdoppelt haben. Von dieser Entwicklung haben der Anlagenbau und dessen Zulieferunternehmen ebenso profitiert wie die Planung, die Errichtung und der Betrieb der Anlagen. Selbst im Krisenjahr 2009 ließ sich der starke Aufwärts-

Kosten und Nutzen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Strombereich (in Mrd. Euro)

	2007	2008	2009	2010
Systemanalytische Differenzkosten Strom	4,30	4,7	5,6 [17]	8,1
Kosten für Ausgleichs- und Regelernergie	0,6	0,6 (2007)	0,4	0,4
Netzausbau (Schätzung für 2007)	0,02	0,02	0,02	0,06
Transaktionskosten (Schätzung für 2007)	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Summe: Kosten EE-Strom</b>	<b>4,95</b>	<b>5,35</b>	<b>5,75</b>	<b>8,6</b>
<b>Summe: Nutzen EE-Strom: vermiedene Umweltschäden durch EE-Strom</b>	<b>5,6</b>	<b>5,9</b>	<b>5,7</b>	<b>5,8</b>

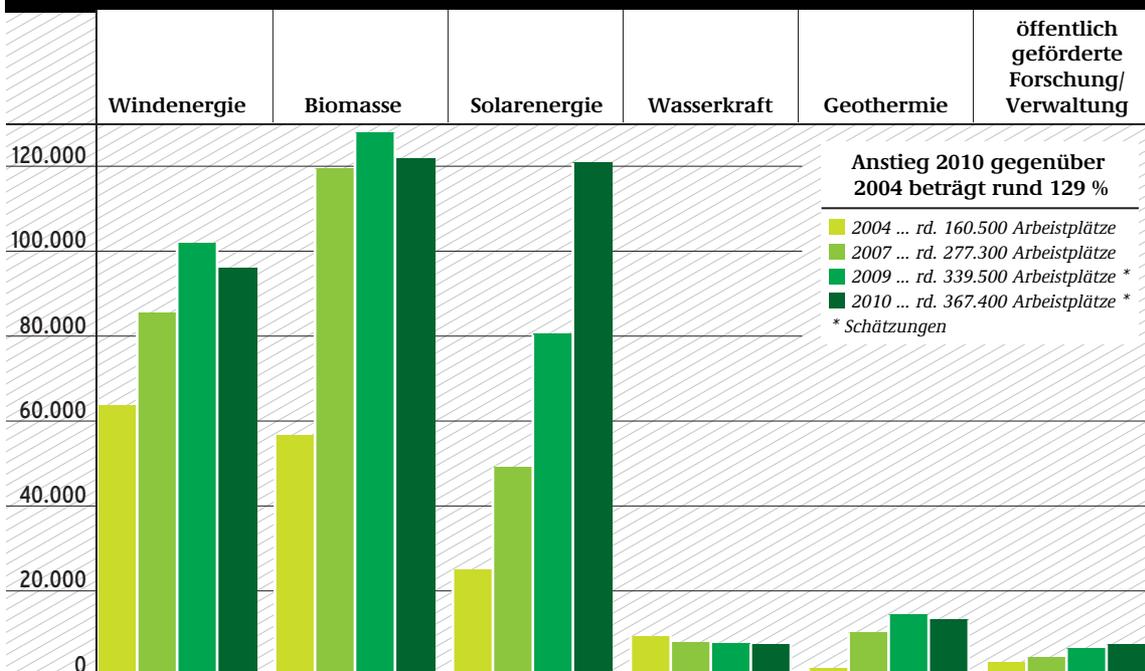


trend durch einen leichten Anstieg der Beschäftigtenzahl belegen (siehe Abbildung).

Bei den einzelnen Sparten der erneuerbaren Energien zeigten sich in Deutschland im Jahr 2010 deutliche Unterschiede in der wirtschaftlichen Entwicklung und damit auch bei den Beschäftigungswirkungen. Obwohl die Vergütung von Photovoltaikanlagen zusätzlich gekürzt wurde, erreichte die Solarwirtschaft die höchsten Steigerungsraten. Den höchsten Anteil weist (noch) die Bioenergie aus,

doch der zwischenzeitliche Stopp des Marktanzreizprogramms (MAP) schwächte den Wärmemarkt deutlich. Die Windenergie konnte den positiven Trend der letzten Jahre auch wegen der begrenzt ausgewiesenen Eignungsflächen nicht fortsetzen. Wissenschaftliche Studien halten für Deutschland bis zum Jahr 2030 einen weiteren Anstieg bei erneuerbaren Energien auf 500.000 bis 600.000 Beschäftigte für möglich, insbesondere abhängig von der Entwicklung des deutschen EE-Außenhandels sowie der Energiepreise und EEG-Differenzkosten [21].

**Beschäftigungswirkungen erneuerbarer Energien in Deutschland**



Quelle: O'Sullivan, Marlene et al. [22]

## ENERGIEWENDE BRAUCHT ÖKOLOGISCHE LEITPLANKEN

Wesentliche Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung sind ihre Gesundheits-, Umwelt- und Naturverträglichkeit sowie ihre Risikoarmut. Unsere gegenwärtige Energienutzung verletzt diese Kriterien: Die Verbrennung konventioneller Energieressourcen führt zu Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen wie Stickoxiden oder Staub, die Kernenergienutzung geht mit Risiken durch Störfälle und Abfallentsorgung einher. Beim Umstieg auf erneuerbare Energien entstehen dagegen wesentlich weniger Treibhausgas- und andere schädliche Emissionen, fossile Ressourcen werden geschont und die Versorgungssicherheit wird erhöht.

Doch auch die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die Maßnahmen für eine rationelle Energienutzung weisen Umweltwirkungen auf, die wir an den Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung messen müssen. Die Einhaltung geltender Qualitätsanforderungen für die erzeugten Umweltbelastungen ist die Mindestanforderung. Vorrangig ist die Vermeidung von Umwelt- und Naturbelastungen, zudem müssen die Eingriffe in Ökosysteme reversibel sein. Bei neuen Technologien müssen mögliche neue Umweltbelastungen sorgfältig untersucht und gegebenenfalls neue Qualitätsstandards entwickelt werden. In diesem Rahmen ist es erforderlich, Akzeptanz in der Gesellschaft, vor allem bei unmittelbar betroffenen Menschen, zu schaffen und die gesamtwirtschaftliche Effizienz unter Einbeziehung der externen Kosten zu optimieren.

**WIND:** Die Zulassungsbehörde bewertet die Wirkungen von Windenergieanlagen an Land auf den Menschen (Lärmimmission, bedrückende Wirkung, optische Effekte wie Schattenwurf und Befeuern) sowie auf Natur und Landschaft (zum Beispiel Beeinträchtigung des Brut- und Lebensraums von Vögeln und Fledermäusen). Die Auswirkungen auf den natürlichen Lebensraum einzelner

Arten wie Fledermäuse oder Greifvögel werden derzeit umfangreich erforscht, um einen Verstoß gegen artenschutzrechtliche Verbote auszuschließen. Immer wieder gibt es Beschwerden von Anrainern vor allem wegen der Lärm- oder der Lichtbelastung. Daher empfiehlt das UBA, die Ausweisung von Standorten für den Bau der Windenergieanlagen maßgeblich anhand objektiv bewertbarer Kriterien vorzunehmen. Potenzielle Wirkungen auf die natürliche Umwelt müssen sorgfältig untersucht werden. Um negative Umweltauswirkungen zu verringern, sollen technisch verfügbare Maßnahmen geprüft werden. So können Näherungsdetektoren für Flugzeuge (Transponder) die Lichtquellen der Anlagen (Befeuern) nur im Bedarfsfall einschalten. Weiterhin sind bei Nachweisen erhöhter Fledermausaktivität individuelle Abschaltalgorithmen in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit, Witterung und Windgeschwindigkeiten festzulegen. Um die Akzeptanz insgesamt zu erhöhen, ist es zudem wichtig, die betroffenen Bürgerinnen und Bürger frühzeitig und aktiv in die Planung und Gestaltung ihrer Umwelt einzubinden.

Der Ausbau der Windenergienutzung auf See muss im Einklang mit den Anforderungen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) stehen, die bis 2020 einen „guten Umweltzustand“ der Meere erreichen will. Die Genehmigungen der Offshore-Windenergieanlagen werden nach der Seeanlagenverordnung (SeeAnlVO) erteilt, zudem gelten die Bestimmungen des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG), der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH RL) und der Vogelschutzrichtlinie (VS RL). Danach sind erhebliche Störungen vieler Arten (beispielsweise Seevögel und Schweinswale) während ihrer Fortpflanzungs-, Aufzucht-, Mauser-, Überwintungs- und Wanderungszeiten verboten. Um Erfahrungen mit den ökologischen Auswirkungen von Windparks auf See sammeln zu können, werden bislang maximal 80 Anlagen pro Windpark zugelassen. Ein breit angelegtes Untersuchungsprogramm der ökologischen Auswirkungen während Bau und Betrieb der Anlagen bildet die Entscheidungsgrundlage für den weiteren Ausbau.

### WINDENERGIE

*Mindestabstand muss sein*



## WINDENERGIE

Mehr Rücksicht auf Nistplätze



## GEOthermie

Aufräumarbeiten nach seismischen Ereignissen  
beim Geothermieprojekt in Basel

Folgende ökologische Auswirkungen sind relevant:

- Kollision mit und Barrierewirkung von Anlagen sowie Verlust von Rast- und Nahrungsgebieten bei Vögeln,
- Schädigung des Gehörs, Verhaltensänderungen sowie weitläufige Vertreibung mariner Säugetiere wie Schweinswale, aber auch von Fischen und wirbellosen Tieren durch Lärm beim Rammen der Anlagenfundamente,
- Veränderung von Bodenlebensgemeinschaften im Nahbereich durch die Fundamente der Anlagen.

Um die Zugvögel zu schützen, empfiehlt das UBA eine bedarfsgerechte Beleuchtung der Offshore-Windkraftanlagen. Darüber hinaus sollte in Nächten mit starkem Vogelzug bei gleichzeitig schlechten Wetter- und Sichtbedingungen eine temporäre Abschaltung der Beleuchtung und der Offshore-Windkraftanlagen in Betracht gezogen werden. Zum Schutz der Meeressäuger soll die Lärmbelastung reduziert werden. Die technischen Lärminderungsmaßnahmen müssen weiter entwickelt und erprobt werden, um mittelfristig die empfohlenen Lärmschutzwerte bei der Errichtung von Offshore-Windparks einzuhalten. Erfolgversprechend sind alternative Methoden, die Fundamente einzubringen (zum Beispiel Ersatz des Rammens durch Bohrung), oder Schallminderung bei Rammarbeiten (Luftblasenschleier, Hydro-Schalldämpfer oder entwässerbare Kofferdämme), die schnellstmöglich als Stand der Technik definiert werden sollten.

**GEOthermie:** Zur energetischen Nutzung der Erdwärme ist ein Eingriff in das natürliche Gleichgewicht der oberen Erdkruste erforderlich. Die Auswirkungen auf die Umwelt sind lokal begrenzt und technisch beherrschbar. In der tiefen Geothermie können durch das mit hohem Druck eingepresste Wasser seismische Ereignisse ausgelöst werden, wie bei einem Geothermieprojekt in Basel geschehen. Um solche Ereignisse zu vermeiden oder die

Magnitude vorherzusagen, muss der natürliche Spannungszustand der Erdkruste in den jeweiligen Projektgebieten weiter erforscht werden.

Meist entstehen Gefährdungen durch mangelhafte Planung und Durchführung von Bohrungen. Besonders gilt es, hydraulische Kurzschlüsse zwischen unterschiedlichen Grundwasserstockwerken zu vermeiden. Auch hier sind entsprechende Schutzmaßnahmen hinreichend bekannt und die Risiken beherrschbar. Schwierig beurteilen lassen sich die Umwelteffekte durch Temperaturänderungen im Grundwasser, weil noch große Wissenslücken bestehen. Bei einer Erwärmung kann man aber zumindest von einer Beeinflussung der biologischen Aktivität im Grundwasser ausgehen. Daher hat das UBA hierzu eine Studie vergeben, deren Ergebnisse Anfang 2013 vorliegen sollen.

**SONNENERGIE:** Mit vergleichsweise geringen Umweltwirkungen ist die Nutzung der Sonnenenergie für unseren Wärme- und Strombedarf verbunden, doch für den Standort der Anlage können Umweltkriterien relevant sein. Bebaute beziehungsweise versiegelte Flächen wie Dächer sind unkritisch. Freiflächenanlagen wurden bisher überwiegend auf Flächen aus wirtschaftlicher oder militärischer Nutzung errichtet. Weiträumige Truppenübungsplätze weisen allerdings eine große naturraumtypische Vielfalt auf. Großflächige Solaranlagen fungieren quasi wie eine Bebauung, sodass hier im Einzelfall Schutz und Nutzung gegeneinander abgewogen werden müssen. In Schutzgebieten sollten keine Anlagen errichtet werden.

**WASSERKRAFT:** Alle Flüsse in Deutschland sind unter anderem durch die Wasserkraftnutzung verändert. Nur neun Prozent erreichen derzeit das angestrebte EU-Ziel im Gewässerschutz, den „guten ökologischen Zustand“. Ursachen hierfür sind hauptsächlich strukturelle Veränderungen der Flüsse wie für die Wasserkraftnutzung. Für eine möglichst gleichmäßige Stromproduktion ist der Aufstau ei-



nes Flusses erforderlich, womit jedoch gravierende Wirkungen verbunden sind: Die Fließgewässer sind für Tiere und Feststoffe nicht mehr durchgängig. Zudem geraten die Fische häufig in Turbinen und an Rechen, wenn sie flussabwärts wandern wollen. Bei mehreren, aufeinanderfolgenden Anlagen kann das ohne begleitende Maßnahmen wie der Errichtung von Fischwanderhilfen zu negativen Auswirkungen auf die Fischpopulationen führen. Im Gewässeraufstau und bei ungenügenden Mindestwasserabflüssen im parallel zum Wasserwerkszuleiter verbleibenden Gewässerbett werden Lebensräume verändert.

In Abwägung der Ziele des Gewässerschutzes und des Klimaschutzes empfiehlt das UBA daher folgende Leitplanken für die Stromerzeugung aus Wasserkraft:

- Entwicklung und Anwendung strategischer Konzepte, die Auskunft geben, ob und in welchen Flussgebieten ein Ausbau, ein weiterer Erhalt oder der Rückbau der Wasserkraftnutzung konfliktarm möglich und für das Erreichen des jeweiligen Umweltziels effektiv sind,
- Berücksichtigung der kumulativ wirkenden Effekte mehrerer Wasserkraftstandorte auf die Gewässerökologie bei der Festlegung von Maßnahmen am Einzelstandort,
- Umsetzung aller geeigneten Maßnahmen zur Minderung der oben genannten Umweltauswirkungen. Dazu zählen Fischaufstiegshilfen, Fischschutzanlagen, Fischabstiegsmöglichkeiten, morphologische Verbesserungen und ein ökologisch wirksamer Mindestwasserabfluss.

**BIOMASSE:** Die Bereitstellung von Biomasse und deren energetische Nutzung können mit negativen Umwelteffekten verknüpft sein. Durch die erhöhte Nachfrage nach Biomasse werden bestehende Anbauflächen intensiver genutzt und neue Flächen in bisher nicht oder nur extensiv genutzten Gebieten (etwa durch Landnutzungsänderungen wie Grünlandumbruch) in Anspruch genommen. Das kann zu einer Zunahme von Eutrophierung und Versauerung der Böden und als Folge davon auch der Gewässer, aber auch zu entsprechend höheren Emissionen von Klimagasen (vor allem Lachgas) führen. Der Verlust von Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit sowie der natürlichen Filterfunktion der Böden und Kohlenstoffspeicherfunktion von Böden und Wäldern wären weitere Umweltfolgen. Darüber hinaus können unzureichende Umweltstandards von Anlagen zur Bioenergienutzung zu Emissionen von Luftschadstoffen wie Staub oder Formaldehyd führen. Die Produktion von ausschließlich energetisch genutzter Biomasse kann auch eine Konkurrenz zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sein.

Aufgrund dieser Risiken plädiert das UBA für eine vorrangige Verwendung organischer Reststoffe mit fortschrittlicher Anlagentechnik. Bei der Nutzung von Anbaubiomasse muss die Ernährung und stoffliche Nutzung (Möbel, Bauholz, Biokunststoffe) nach Möglichkeit immer einer energetischen Verwertung vorangestellt werden. Nachhaltigkeitsbestimmungen für das Bereitstellen von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung sowie flüssiger und gasförmiger Biokraftstoffe sind in Deutschland durch entsprechende Verordnungen bereits weitgehend umgesetzt. Das UBA arbeitet in internationalen Gremien mit, um Nachhaltigkeitsindikatoren und Standards für Anforderungen an die weltweite Produktion zu gestalten. Dabei strebt das UBA an, diese Kriterien auf feste und gasförmige Bioenergieträger sowie langfristig auf alle Bereiche der Biomasseproduktion (Nahrungsmittel, zur stofflichen Nutzung) auszuweiten. Nur so können negative Umwelt- und Naturauswirkungen beispielsweise durch die Verlagerung des Nahrungsmittelanbaus auf zu diesem Zweck gerodete Waldflächen (indirekte Landnutzungsänderungen) nachhaltig vermieden werden.

## BIOMASSE

*Am besten nicht vom Feld sondern aus Reststoffen*



**RATIONELLE ENERGIEENTZUG:** Ein durch rationelle Energienutzung verringerter Energieverbrauch reduziert dementsprechend auch Umwelteffekte wie CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Umweltwirkungen der Landwirtschaft. Ein mit Holz beheiztes Haus beispielsweise emittiert nach einer energetischen Sanierung deutlich weniger Luftschadstoffe. Wärmedämmung führt zwar zu einem höheren Herstellungsaufwand, doch dessen Umweltbelastungen sind deutlich niedriger als die Einsparungen in der Nutzungsphase [23]. Für eine optimale Steigerung der Energieeffizienz müssen geeignete Abgrenzungen des optimierten Systems gewählt werden. Mitunter muss der gesamte Lebenszyklus (Produktion, Nutzung, Entsorgung) eines Produktes oder Systems betrachtet werden, um die Umwelt weitreichend zu entlasten. Folgende Beispiele veranschaulichen dies:

- Während die passive Solarenergienutzung mit großen Fenstern im Winter zur Heizenergieeinsparung beiträgt, erhöht sich der Energieverbrauch für die Klimatisierung im Sommer, wenn sich die Räume überhitzen. Solare Gewinne sind daher über das ganze Jahr zu optimieren.
- Um bei der energetischen Gebäudesanierung Schimmelbildung in Innenräumen und Gesundheitsgefährdungen zu vermeiden, müssen beim Einbau dichter Fenster alle Wärmebrücken beseitigt und eine ausreichende Lüftung sichergestellt werden. Zudem sollten möglichst im gleichen Zuge auch die Außenwände mit einer Wärmedämmung versehen werden. Sachgerecht errichtete Gebäude verfügen selbst an kalten Tagen über ein behagliches Raumklima, weil die Oberflächentemperatur an Wänden und Fenstern durch die dämmende Hülle hoch ist.
- Bei den meisten Elektrogeräten ist der Energieverbrauch in der Nutzungsphase die größte Umweltbelastung. Die Bemühungen, die Energieeffizienz von Produkten zu verbessern, können aber zu einem erhöhten Ressourcen- und Energieverbrauch bei der Herstellung führen. So benötigen sparsame Elektromotoren mehr Kupfer als solche mit höherem Stromverbrauch. Produkte sollten zunehmend wiederverwendbar, langlebig sowie mit geringem Energie- und Ressourcenverbrauch in allen Phasen ihres Lebenszyklus gestaltet werden [24].

**VERKEHR:** Auch der Verkehrssektor in Deutschland muss den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung entsprechen. Dazu ist es nötig, Klimagase und Luftschadstoffe zu mindern, den Lärmschutz zu verbessern und weniger Fläche in Anspruch zu nehmen [7]. Um das 40-Prozent-Klimaschutzziel der Bundesregierung bis zum Jahr 2020 erreichen zu können, muss nach Schätzungen des UBA der Verkehrssektor seine Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 40 Mio. t gegenüber 2005 reduzieren. Auch die Stickoxidemissionen (NO<sub>x</sub>) müssen weiter sinken. Trotz steti-

ger Verschärfung der Abgasgrenzwerte wird der geltende EU-Grenzwert für Stickstoffdioxid derzeit noch in vielen Innenstädten überschritten. Lärm ist das verdrängte Umweltproblem des Verkehrs, von dem kaum eine Bürgerin oder ein Bürger in Deutschland verschont bleibt. Das langfristige Ziel ist das von der Weltgesundheitsorganisation empfohlene Schutzniveau zur Vermeidung erheblicher Belästigung: mittlere Schallpegel von maximal 55 dB(A) tagsüber sowie 45 dB(A) nachts.

## EIN TREIBHAUSGASNEUTRALES DEUTSCHLAND - EIN REALISIERBARES WUNSCHBILD?

Im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion hat das UBA Pfade entwickelt, mit deren Hilfe Deutschland seine Klimawirkungen „neutral“ gestalten könnte. Das UBA untersucht für die relevanten Verursacher des Klimawandels (Energiesektor, Verkehr, Industrie, Abfallwirtschaft und Landwirtschaft) mögliche Treibhausgasreduzierungen. Dem Energiesektor kommt eine Schlüsselrolle zu, er ist für mehr als 80 Prozent aller Treibhausgasemissionen verantwortlich und weist die höchsten Einsparpotenziale auf. Eine nachhaltige Energieversorgung stellt die Basis für ein treibhausgasneutrales Deutschland dar. Andere Bereiche wie Landwirtschaft oder Industrie müssen ebenfalls Emissionen senken, sie werden aber eher an technische und ökonomische Grenzen stoßen. Auf den Stromsektor entfallen 40 Prozent der Treibhausgasemissionen. Er wird zum Schlüssel einer neuen Energieversorgung, weil er zur Entwicklung strombasierter Anwendungen im Wärmebereich wie Wärmepumpen beiträgt. Das UBA untersucht die Umstellung auf 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Energien in drei Szenarien [25].

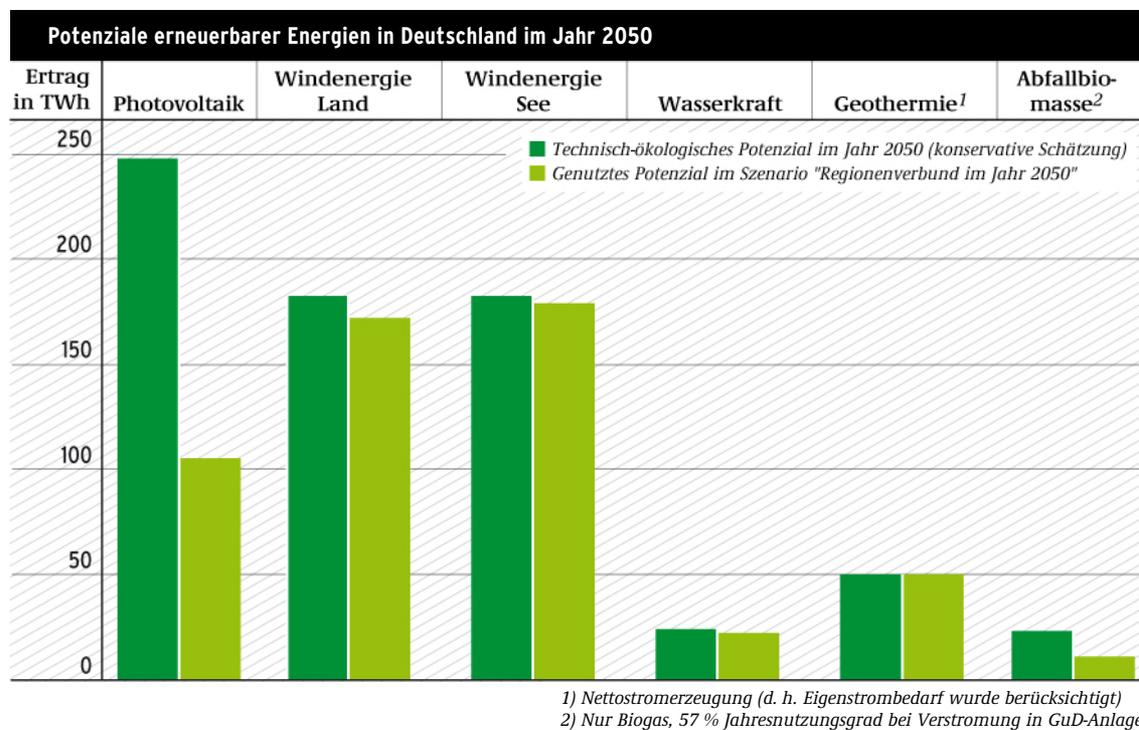
Das Szenario „Regionenverbund“ beschreibt die Kooperation von Regionen in Deutschland, die ihre jeweiligen Potenziale für die Steigerung der Energieeffizienz wie für die erneuerbaren Energien optimal nutzen und untereinander austauschen. Das Szenario „Lokal Autark“ betrachtet die Stromversorgung kleinräumiger, dezentraler Strukturen aus eigenen Quellen. Das Szenario „Internationale Großtechnik“ unterstellt die Stromversorgung Deutschlands und Europas durch große, zentrale Stromerzeugungskomplexe wie Windparks in der Nordsee oder solarthermische Kraftwerke in Nordafrika. Alle Szenarien beschreiben Idealformen einer erneuerbaren Stromversorgung, die in einem Integrationsszenario in geeigneter Form zusammengeführt werden sollen. Während die Ergebnisse des Szenarios „Regionenverbund“ bereits vorliegen, werden die Untersuchungen der Szenarien „Lokal Autark“ und „Internationale Großtechnik“ erst im Laufe des Jahres 2012 abgeschlossen werden.

Die Untersuchung des Szenarios „Regionenverbund“ weist nach, dass eine Stromversorgung aus-

schließlich aus erneuerbaren Energien mit heute bereits verfügbaren Techniken bis zum Jahr 2050 realisierbar ist. Dabei sind weder der Fortbestand Deutschlands als Industrieland noch die gewohnte Versorgungssicherheit gefährdet. Auch das Konsumverhalten wird nicht infrage gestellt. Voraussetzungen hierfür sind die weitestgehende Ausschöpfung der Potenziale der erneuerbaren Energien im Rahmen der ökologischen Leitplanken, die Ausschöpfung der Effizienzpotenziale und der Nutzung von Lastmanagement. Zudem ist ein Ausbau der Stromnetze und der Speicherkapazitäten für Strom erforderlich. Hemmnisse, die dieser Entwicklung entgegenstehen, müssen systematisch abgebaut werden.

## HEMNMISSE DER NACHHALTIGEN ENTWICKLUNG IM STROMSEKTOR

Die Potenziale der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland sind beachtlich (siehe Abbildung), sie auszuschöpfen stößt aber derzeit an systematische Grenzen. An erster Stelle steht hierbei die Bereitstellung geeigneter Flächen im Rahmen der Raumordnung, von der vor allem die Windenergienutzung und die Geothermie betroffen sind. Ebenso kann eine Ordnung des unterirdischen Raumes – auch indem der Gesetzgeber Vorrang für bestimmte Funktionen festlegt – dazu beitragen, geeignete Standorte für geothermische Wärme- und Stromerzeugung zu sichern und andere Nutzungen wie die CO<sub>2</sub>-Speicherung zu beschränken.



### PHOTOVOLTAIK Ideal platziert ...



Die Anforderungen des Umweltschutzes begrenzen auch die Potenziale der nachhaltigen Nutzung der erneuerbaren Energien. Diese Grenzen müssen aber nicht unverrückbar sein, durch die Weiterentwicklung der Technik oder Nutzung von Alternativen können die Umweltwirkungen mitunter begrenzt oder vermieden werden. Bei der Biomassenutzung können durch nachhaltige Anbaumethoden oder durch die Nutzung von Reststoffen die Wirkungen im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft verringert oder vermieden werden. Bereits vor Jahrzehnten hat der Ausbau von Pumpspeicherkraftwerken zu massiven Problemen in der alpinen Umwelt geführt. Durch Anpassungsmaßnahmen (Mindestrestwassermengen, begrünte Naturdämme, Kavernenkraftwerke) konnte man diese Wirkungen mindern.

#### BÜRGERBETEILIGUNG

Beim Ausbau der Erneuerbaren sollten die Bürger frühzeitig einbezogen werden



Auch mangelnde Akzeptanz der Nutzung erneuerbarer Energien kann den weiteren Ausbau zahlreicher Projekte behindern. Planer und Errichter von Anlagen können durch Minderungstechniken wie die flexible Befuerung von Windenergieanlagen oder die Verlegung von Erdkabeln anstelle von Freileitungen beim Netzausbau die Akzeptanz verbessern, vor allem sollten sie aber die betroffenen Anrainer frühzeitig und aktiv einbeziehen. Insgesamt ist die Zustimmung zum Klimaschutz und zum Umstieg auf erneuerbare Energien in Deutschland groß.

Schließlich stellen hohe Kosten und die fehlende Verfügbarkeit geeigneter Techniken ein erhebliches Hemmnis dar. So lagen früher wegen des hohen Material- und Energieverbrauchs für die Herstellung der Solarzellen die Kosten für die erzeugte Kilowattstunde Solarenergie erheblich über denen für Strom aus Windenergie oder Wasserkraft. Die Optimierung der Produktionsprozesse durch Forschung und Entwicklung, Investitionen sowie Förderung hat bereits zu erheblichen Kostensenkun-

gen geführt, die auch in Zukunft weiterhin erwartet werden. Auch der Ausbau tiefer geothermischer Nutzungen erfordert in erster Linie verstärkte Forschung und Erprobung zur Erschließung der petrothermalen Potenziale. Ein Hemmnis beim Ausbau der tiefen geothermischen Nutzungen stellen die begrenzten Kapazitäten bei der Bohrtechnik dar.

#### SYSTEMINTEGRATION DER ERNEUERBAREN ENERGIEN IM STROMSEKTOR

Die Weiterentwicklung zu einer vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden und effizienten Stromerzeugung sowie -nutzung stellt uns vor neue Herausforderungen. Geringe laufende Kosten der erneuerbaren Energien wie Wind- oder Solarenergie verändern die Rahmenbedingungen des Strommarktes. Da diese Branchen auf dem Strommarkt zu geringen Preisen anbieten können, verdrängen sie Kraftwerke mit höheren Betriebskosten und führen in der Tendenz zu niedrigeren Preisen an der Strombörse. Derzeit sind die Wirkungen auf die Preisbildung noch nicht eindeutig absehbar. Sie hängen von verschiedenen Entwicklungen wie beispielsweise dem europäischen Netzausbau, neuen Speichern und vom Lastmanagement ab. Die Regulierung des Strommarktes muss diesen neuen Marktbedingungen gerecht werden. Die politischen Vorgaben für den Strommarkt sollten also regelmäßig auf ihre Zweckmäßigkeit unter den sich ändernden Marktbedingungen geprüft und falls erforderlich angepasst werden.

Durch den Umstieg auf erneuerbare Energien wird die Stromerzeugung zunehmend wetter- und jahreszeitenabhängig. Auch der Verbrauch ist tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Das Energiesystem muss deshalb durch die folgenden Maßnahmen flexibel gestaltet werden, um Abweichungen zwischen Erzeugung und Verbrauch ausgleichen zu können. Mit einem Ausbau des Lastmanagements bei Stromkonsumenten können Nachfragespitzen gesenkt und große Einspeisungen regenerativer Energien ins Stromnetz besser genutzt werden. Dazu dienen vertragliche Vereinbarungen oder zeitvariable, angebotsabhängige Stromtarife. Voraussetzung ist eine entsprechende Mess-, Informations- und Kommunikationsinfrastruktur (*smart metering*).

Ein weiterer Ausbau von Speichern, wie Pumpspeicherkraftwerken für die kurzfristige Speicherung, ermöglicht die zeitliche Verschiebung der Nutzung vor allem von Strom aus Windenergie. Für längerfristige und transportable Speicherung könnte zukünftig Wasserstoff elektrolytisch erzeugt und ggf. anschließend in Methan umgewandelt werden. Die vorhandene, gut ausgebaute Erdgasinfrastruktur ermöglicht sowohl die Aufnahme begrenzter Mengen von Wasserstoff wie auch das effiziente Speichern und Verteilen von Methan. Allerdings ist die Umwandlung von Wasserstoff in Methan noch in der Entwicklungs- beziehungsweise Demonstrationsphase und weit von der Marktfähigkeit entfernt.



### PUMPSPEICHERWERK

Ausbau zum Kavernenkraftwerk

Die Stromerzeugung aus regelbaren Anlagen wie Biomasse- oder Biogasanlagen muss sich verstärkt an der Stromnachfrage orientieren. Hierdurch kann jedoch die Wärmenutzung und damit die energetische Effizienz der Biomassennutzung in Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK-)Anlagen tendenziell verringert werden. Marktoptimierte Stromproduktion und nachhaltige Biomassennutzung sind beim vollständigen Umstieg auf erneuerbare Energien zukünftig in Einklang zu bringen. Bis auf Weiteres bestehen aber im fossilen Kraftwerkspark große und kostengünstige Flexibilisierungspotenziale, welche die Marktintegration der erneuerbaren Energien kurz- und mittelfristig erleichtern können und vorrangig genutzt werden sollten.

#### INTELLIGENTE STROMNETZE

Für das bestmögliche Zusammenspiel der angeführten Optionen müssen Erzeugungsanlagen und Speicher (Kombikraftwerke) sowie Verbraucher über sogenannte intelligente Netze (*smart grids*) mithilfe der Informationstechnologie abgestimmt gesteuert werden. Darüber hinaus können dezentrale Anlagen die Regelung des Netzes (Frequenz- und Spannungshaltung, Ausgleichsenergie) übernehmen, um den Bedarf an konventionellen Kraftwerkskapazitäten zur Netzstützung zu reduzieren. Schließlich muss das europäische Verbundnetz vor allem an den Grenzübergängen ausgebaut werden, um europaweite und transkontinentale Potenziale der erneuerbaren Energien und Speicher für den großräumigen Leistungsausgleich nutzen zu können. Die deutsche Netzinfrastruktur ist bisher nicht für den Transport großer Strommengen über große Entfernungen geeignet, beispielsweise von Windparks im Norden und Osten zu den Verbrauchszentren im Süden Deutschlands. Außerdem ändern sich durch dezentrale Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien Lastflussrichtungen, wofür das bisherige Verteilungssystem von zentralen

Großkraftwerken zum dezentralen Verbraucher nicht ausgelegt ist. Zusätzliche Netzkapazitäten müssen im Sinne der Nachhaltigkeit in erster Linie erreicht werden, indem die Netzbetreiber die vorhandenen Stromtrassen optimieren und verstärken, beispielsweise durch die Vergrößerung bestehender Leiterseilquerschnitte, durch Leiterseil-Temperaturmonitoring oder durch den Einsatz von Hochtemperaturseilen. Der Bau neuer Trassen ist mit größeren Wirkungen auf Natur- und Landschaft sowie auf die Umwelt des Menschen, mit erheblichen Kosten und langen Umsetzungszeiträumen für den Ausgleich widerstreitender Interessen verbunden.

#### HEMNMISSE EINER RATIONELLEN ENERGIEENTWERTUNG

Für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende benötigen wir eine gesamtgesellschaftliche Akzeptanz und Unterstützung. Jeder Einzelne kann dazu beitragen, Energie zu sparen, sei es mit effizienten Haushaltsgeräten, beim Heizen, aber auch in Industrie und Gewerbe. Doch den umfangreichen Potenzialen zur rationellen Energienutzung stehen vielfältige Hemmnisse grundsätzlicher, ökonomischer und sozialpsychologischer Art gegenüber [26], die in den folgenden Kategorien zusammengefasst werden können:

**Mangel an Information und Motivation:** Bei den meisten Haushalten wie auch Industrie- und Gewerbebetrieben haben die Energiekosten einen relativ kleinen Anteil an den gesamten Ausgaben [27]. Anbieter wie Nutzer von Produkten und Dienstleistungen betrachten deshalb meist nur die Anschaffungskosten, während die entscheidenden Lebenszykluskosten nur qualitativ berücksichtigt werden.

**Finanzielle Einschränkungen:** Private Haushalte mit geringem Einkommen können sich sparsamere Geräte, die in der Anschaffung oft teurer sind, mitunter nicht leisten. Die Rechnungsführung bei

öffentlichen Haushalten trennt zwischen Anschaffungs- und Betriebskosten und verhindert damit die Betrachtung der Gesamtkosten. Unternehmen investieren dagegen eher in das Kerngeschäft statt in energiesparende Maßnahmen.

**Risikoscheu:** Die Entwicklung effizienter Produkte und Dienstleistungen bedeutet für Anbieter ein technisches und ökonomisches Risiko. Verbraucherinnen und Verbraucher, aber auch Anbieter von Dienstleistungen greifen auf bewährte, jedoch ineffiziente Lösungen zurück. Teilweise wird der Mangel an Information als „Risiko“ wahrgenommen. Deshalb können die Preise energiesparender Produkte wegen geringer Stückzahlen hoch sein.

**Fehlende Kontrollen:** Bei bestehenden ordnungsrechtlichen Vorgaben können auch fehlende Kontrollen ein Hemmnis sein. So setzt derzeit nur ein Teil der Bauherren die Vorschriften der Energieeinsparverordnung tatsächlich um, weil die zuständigen Landesbehörden sie teilweise unzureichend kontrollieren.

#### VERKEHR AUF NACHHALTIGEN KURS BRINGEN

Die Umsetzung der Energiewende im Verkehr beruht auf drei Strategien: Den Bedarf nach Verkehr beeinflussen und die Wegstrecken verkürzen (Verkehrsvermeidung), den Verkehr auf umweltverträglichere Verkehrsträger verlagern und drittens die spezifischen Emissionen der Fahrzeuge durch höhere Effizienz und den Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe verringern. Maßnahmen für alle drei Bereiche hat das UBA in seinem Bericht „CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland“ zusammengefasst [28].

Sorgenkind der Energiewende im Verkehr ist der Güterverkehr, für den weiterhin ein starkes Wachstum prognostiziert wird. Das UBA hat eine „Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr“ [29] entwickelt. Um mehr Güterverkehr auf die ökologisch vorteilhafte Schiene zu bringen, muss der Bund das Schienennetz ausbauen. Mit einem Investitionsprogramm von vergleichsweise günstigen elf Milliarden Euro ist bis zum Jahr 2030 eine Verdopplung des Schienengüterverkehrs möglich [30]. Zusätzlich muss der Anteil erneuerbarer Energien am Bahnstrom weiter erhöht werden.

Voraussetzung für die Vermeidung von Personenverkehr ist eine veränderte Siedlungs- und Verkehrsplanung, die den gegenwärtigen Trend zu immer längeren Wegen umkehren könnte. Das Leitkonzept „Stadt und Region der kurzen Wege“ bietet dazu Handlungsempfehlungen [31]. Gleichzeitig muss der verbleibende Verkehr auf den umweltverträglicheren (und leistungsfähig ausgebauten) öffentlichen Verkehr sowie auf attraktive Rad- und Fußwegenetze verlagert werden. Etwa die Hälfte aller Autofahrten liegt in einem Entfernungsbereich, der mit dem Rad oder zu Fuß gut zu bewältigen ist [32]. Auch Carsharing kann einen Beitrag dazu leisten und die Dominanz des eigenen Autos im Personenverkehr nach dem Motto durchbrechen: „Auto nutzen statt Auto besitzen“.

#### VERKEHR Nachhaltig mobil



## INNOVATIVE LÖSUNGEN WERDEN GEFÖRDERT

Im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums begleitet das UBA Investitionsvorhaben mit Pilotcharakter. Sie dienen vielen anderen Unternehmen, Kommunen oder Organisationen als Beispiel für die praktische Anwendung neuester Technologien. Die Bundesregierung hat ein erhebliches Interesse an diesen Lösungen, um notwendige technisch-ökonomische, aber umweltentlastende Veränderungen zu unterstützen. Dazu beispielhaft zwei Projekte aus dem Bereich der erneuerbaren Energien:

Foto: agnion Technologies GmbH, Hettenshausen



### DER HEATPIPE-REFORMER

Der Heatpipe-Reformer der agnion Technologies GmbH vergast feste Biomasse nach einem neuen Verfahren, bei dem der Verbrennungsraum vom Vergasungsraum getrennt ist. Die zur Vergasung notwendige Wärme wird über Röhren (Heatpipes) vom Verbrennungs- in den Vergasungsraum geleitet. Damit entsteht ein Brenngas, das in einem Gasmotor mit einer Gesamteffizienz von 80 Prozent Wärme mit einem Wirkungsgrad von 50 Prozent und Strom mit einem besonders hohen Wirkungsgrad von 30 Prozent erzeugt.

Durch die thermische Leistung von etwa 1 MW und einen Verbrauch von 3.000 t Biomasse pro Jahr ist diese Anlage für innerstädtische Nahwärmesysteme gut geeignet.

Foto: LaTherm GmbH, Dortmund



### DER LATENTWÄRMESPEICHER

Bei der Verwendung von Biogas in KWK-Anlagen kann man die entstandene Wärme häufig nicht nutzen (etwa bei der Abfallbehandlung oder in der Landwirtschaft). Der neu entwickelte Latentwärmespeicher des Dortmunder Unternehmens LaTherm ist in einem Normalcontainer eingebaut und kann 2.500 kWh Wärme aufnehmen, was dem Heizwert von 250 Kubikmetern (m<sup>3</sup>) Erdgas entspricht. Der Container wird zu einem Abnehmer geliefert, wo die Wärme mit sehr geringen Verlusten von ungefähr 1 Promille pro Tag wieder abgegeben wird. Bei einer Transportentfernung von 7,5 Kilometern entspricht der Dieselverbrauch höchstens 3,3 Prozent des Energieinhalts des Speichers. Zur Beladung des Speichers wird hier die Abwärme aus der Müllverbrennungsanlage Dortmund Nord genutzt, die der Beheizung eines Schwimmbads dient. Damit werden jährlich die Verbrennung von 33.000 m<sup>3</sup> Erdgas und die Emission von 77 t Kohlendioxid vermieden.

### 100 % ERNEUERBARE-ENERGIE-REGIONEN

Neben diesen innovativen Einzelprojekten gibt es eine wachsende Zahl von Kommunen und Regionen, die ihre Energieversorgung ausschließlich auf erneuerbare Energien umstellen wollen. Kleine Gemeinden können solche Entscheidungen aufgrund der kommunalen Selbstverwaltung leicht umsetzen: Ihre Entscheidungswege sind kurz und es besteht enger Kontakt zu den Bürgern. Als Motivation dient neben dem Klimaschutz oder den begrenzten fossilen Ressourcen auch die Erwartung höherer regionaler Wertschöpfung. Die eingesparten Mittel der „Energieimporte“ können vor Ort investiert werden. Die „100 % Erneuerbare-Energie-Regionen“ umfassen etwa 27 Prozent der deutschen Landesfläche, auf der etwa 22 Prozent der Bevölkerung leben. Das UBA arbeitet an diesen Aktivitäten unter anderem im Rahmen eines jährlich stattfindenden bundesweiten Kommunalkongresses zum Thema erneuerbare Energien mit.

## INSTRUMENTE FÜR DIE REALISIERUNG DER ENERGIEWENDE

Um Hemmnisse abzubauen sowie Anreize und wesentliche Rahmenbedingungen zu gestalten, sind die im Folgenden dargestellten Instrumente von besonderer Bedeutung. Für eine zügige nachhaltige Weiterentwicklung des Energiesystems hat die Bundesregierung im Rahmen der Energiewende 2011 verschiedene Gesetzesänderungen beschlossen. Weitere Änderungen sind im Energierecht und in anderen Rechtsgebieten erforderlich, die direkt und indirekt zur Umgestaltung des Energiesystems beitragen.

### ÖKODESIGN-RICHTLINIE UND ENERGIEEFFIZIENZGESETZ

Das UBA empfiehlt, dass die Ökodesign-Richtlinie und die Energieverbrauchskennzeichnungsrichtlinie als Instrumente zur Umsetzung des „EU-Top Runner-Ansatzes“ weiterentwickelt werden, um die Verbreitung von energieeffizienten Produkten noch stärker voranzutreiben. Dies beinhaltet anspruchsvolle und dynamisch weiterentwickelte Effizienzstandards für elektrische betriebene und energieverbrauchsrelevante Produkte, die sich an der jeweils besten verfügbaren Technik als Zielwert orientieren. Die Energieverbrauchskennzeichnung muss übersichtlich und verbraucherfreundlich sein und regelmäßig an den technischen Fortschritt angepasst werden. Hersteller solcher Geräte brauchen die Möglichkeit, den Vorsprung ihrer Produkte hervorzuheben. Ein wirksamer Vollzug muss sicherstellen, dass die Anforderungen auch in der Praxis umgesetzt werden [33].

Für Deutschland empfiehlt das UBA ein anspruchsvolles, umfassendes „Energieeffizienzgesetz“. Dieses führt für die großen Industrieunternehmen ein zertifiziertes Energiemanagementsystem schrittweise verpflichtend ein, mit dem Informationsdefizite abgebaut und Effizienzpotenziale erschlossen werden. Für kleinere Betriebe könnten als Einstieg in ein Energiemanagement regelmäßige Energieaudits geeignet sein. Das neue Energiedienstleistungsgesetz ist ein erster Schritt in diese Richtung.

### DAS NOVELLIERTER ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ

Die Förderung der erneuerbaren Energie im Stromsektor erfolgt in Deutschland vor allem durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Das Ziel im novellierten EEG 2012 ist ein kontinuierlicher Ausbau der erneuerbaren Energien auf mindestens 80 Prozent Anteil an der Stromversorgung bis spätestens zum Jahr 2050. Aufgrund der durch das EEG geschaffenen Investitionssicherheit für Anlagenbetreiber wurden die Ziele bisher stets übertroffen. Zahlreiche Staaten weltweit haben deshalb das Förderprinzip übernommen.

Grundsätzliche, auch langfristig zu erhaltende Elemente sind die Vorrangregelung für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien, die

Anschlussverpflichtung der Anlagen und die Abnahmeverpflichtung des Stroms. Die Vergütung für den eingespeisten Strom orientiert sich an den Stromgestehungskosten und wird jeweils für 20 Jahre bezahlt. Eine kontinuierliche Anpassung der Einspeisetarife an die Kostenentwicklung ist ebenso von Bedeutung wie die Markt- und Systemintegration. Darüber hinaus ist auch weiterhin die sachgerechte Verknüpfung des EEG mit anderen Klimaschutzinstrumenten wie dem Emissionshandel erforderlich. Der Emissionshandel berücksichtigt bereits bei der Festlegung der Emissionsobergrenze die Ausbauziele des EEG.

Bisher setzte das EEG für die geförderten Anlagenbetreiber keine Anreize, flexibel auf die Stromnachfrage zu reagieren. Optionale, zeitlich und auf Teile der Stromerzeugung begrenzte Ausstiegsoptionen aus der Festvergütung, wie die Direktvermarktung mit der Marktprämie, können eine bedarfsorientierte Stromeinspeisung unterstützen. Im System der Marktprämie erhält der Anlagenbetreiber insgesamt vergleichbare Vergütungen wie im System der Festvergütung. Diese ergeben sich hier als Summe der Erlöse am Strommarkt und der Marktprämie. Eine geeignete Betriebsweise der Anlage ermöglicht jedoch (geringfügig) höhere Gewinne. Durch die Preissignale am Strommarkt besteht zugleich ein Anreiz, die Stromproduktion am Bedarf zu orientieren und damit einen Beitrag zur Marktintegration der erneuerbaren Energien zu leisten. Entsprechende Potenziale gibt es vor allem bei regelbaren Anlagen wie Biogasanlagen.

### ÖKOSTROM UND HERKUNFTSNACHWEISE

In den letzten Jahren ist der Marktanteil der Ökostromprodukte stark gestiegen. Es gibt jedoch keine einheitliche Definition für den Begriff „Ökostrom“, und er ist rechtlich nicht geschützt. Da der Absatzmarkt für Ökostrom voraussichtlich auch in den kommenden Jahren kontinuierlich wachsen wird, sind transparente Kriterien im nationalen wie auch im europäischen Kontext besonders wichtig. Herkunftsnachweise belegen die Quelle des Stroms aus erneuerbaren Energien, wenn dieser nicht über das EEG gefördert wird. Sie bieten damit Verbraucherinnen und Verbrauchern eine hohe Verlässlichkeit. Sie steigern die Transparenz im Strommarkt, erhöhen die Attraktivität erneuerbarer Energien und unterstützen so mittelbar deren Ausbau. Die Herkunftsnachweise verwaltet das Herkunftsnachweisregister, welches das UBA gemäß § 55 EEG derzeit einrichtet. Mit Inbetriebnahme des Registers darf ein Energieversorger im Rahmen der Stromkennzeichnung nach § 42 Energiewirtschaftsgesetz nur dann Strom aus erneuerbaren Energien auf der Stromrechnung ausweisen, wenn er für die gelieferte Menge auch Herkunftsnachweise besitzt. Damit wird die Stromkennzeichnung verlässlicher und eine Doppelvermarktung (durch mehrfache Ausweisung der Qualität „erneuerbar“) weitgehend ausgeschlossen. Herkunftsnachweise bescheinigen, dass

eine entsprechende Menge an Strom in einer Anlage produziert worden ist, die erneuerbare Energien einsetzt, und können damit wesentliche Grundlagen für die Qualitätsbeurteilung liefern, welche Ökostromlabels für sich nutzen können.

### **AMBITIONIERTE STANDARDS FÜR ENERGIEEFFIZIENTE GEBÄUDE**

Ziel der Bundesregierung ist ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis 2050. Hierzu ist es nötig, die energetische Sanierungsrate zu verdoppeln, den Primärenergiebedarf bis 2050 um etwa 80 Prozent zu vermindern und die erneuerbaren Energien zur maßgeblichen Energiequelle zu machen. Dafür ist ein anspruchsvoller Fahrplan für den gesamten Gebäudebestand festzulegen, der ordnungsrechtliche Elemente mit einer langfristigen Förderstrategie verbinden muss.

Die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) müssen stufenweise weiter erhöht werden. Die Bundesregierung prüft derzeit die Verschärfung um 30 Prozent ab dem Jahr 2013. Das UBA empfiehlt, diese Verschärfung tatsächlich vorzunehmen. So könnte für Neubauten in einer weiteren Stufe ab dem Jahr 2016 ein noch höherer Standard erreicht werden, der etwa dem Passivhausniveau entspricht. Mit diesen wichtigen Zwischenschritten sollte bis Ende 2020 die EU-Vorgabe eines Niedrigstenergiestandards für Neubauten umgesetzt werden. Sanierungen sollten spätestens ab 2018 mit Passivhauskomponenten erfolgen. Für einen klimaneutralen Gebäudebestand sind langfristig auch Null- oder Plusenergiehäuser notwendig. Die Länder müssen die geplanten Verschärfungen der EnEV wirksam vollziehen, damit die Anforderungen auch in der Praxis umgesetzt werden.

Das UBA empfiehlt, das KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“ bis zum Jahr 2020 und länger mit mindestens zwei Milliarden Euro pro Jahr auszustatten. Angesichts der schwankenden Bereitstellung staatlicher Fördergelder in den vergangenen Jahren könnte es zukünftig sinnvoll sein, die Gebäudesanierung haushaltsunabhängig zu fördern. Zudem werden ergänzend wirtschaftliche Anreize über eine steuerliche Förderung als wirksam angesehen. Einzelmaßnahmen sind aus Sicht des UBA nur förderwürdig, wenn sie mittelfristig zu einer vollständigen energetischen Sanierung des Gebäudes führen. Nur so sind Probleme wie Schimmelbildung vermeidbar.

### **ENERGETISCHE GEBÄUDESANIERUNG UND MIETRECHT**

Künftig sollte die energetische Beschaffenheit eines Gebäudes als wert- und mietsteigerndes Kriterium in die ortsübliche Vergleichsmiete aufgenommen werden – mit Förderung durch den Bund auch in kommunale ökologische Mietspiegel [34]. Damit würde erreicht, dass Vermieter ihre zusätzlichen Investitionen in die energetische Qualität eines Gebäudes besser refinanzieren können und

gleichzeitig die Mieter nicht unangemessen in Anspruch genommen werden. Aus Sicht des UBA entstände damit ein entscheidender, derzeit fehlender Anreiz. Möglich wäre auch ein zeitlich begrenzter Ausschluss der Mietminderung während der Baumaßnahmen. Alternativ könnte ein zeitlich befristeter Zuschlag auf die Nettokaltmiete in Höhe der eingesparten Heiz- und Energiekosten vorgesehen werden. Das Mietrecht muss einen gerechten Interessenausgleich zwischen Mietern und Vermietern schaffen, indem beispielsweise Mieterhöhungen innerhalb eines angemessenen Zeitraums durch die sinkenden Verbrauchskosten wieder ausgeglichen werden.

### **ERNEUERBARE-ENERGIEN-WÄRMEGESETZ UND MARKTANREIZPROGRAMM**

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegezet (EEWärmeG) soll den Anteil der erneuerbaren Energien am deutschen Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte bis zum Jahr 2020 auf 14 Prozent erhöhen. Dieser Anteil soll durch Ausbau der erneuerbaren Energien bei der Wärmeversorgung von Gebäuden erreicht werden. Bei Neubauten muss ein Anteil der Gebäudeversorgung mit Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien wie Geothermie, Solarthermie oder Biomasse gedeckt werden (Nutzungspflicht). Allerdings sind Ersatzmaßnahmen bei der rationellen Energienutzung zulässig.

Für Bestandsbauten ist – außer für Bauten der öffentlichen Hand, die grundlegend renoviert werden (Vorbildwirkung) – keine obligatorische Nutzung erneuerbarer Energien vorgesehen, sondern ausschließlich eine finanzielle Förderung aus dem Marktanzreizprogramm (MAP). Die Beschränkung der Nutzungspflicht auf Neubauten grenzt den Wirkungsbereich des Gesetzes erheblich ein. Das UBA befürwortet deshalb eine Nutzungspflicht auch bei der grundlegenden Sanierung anderer Bestandsbauten. Unabhängig davon müssen erneuerbare Energien in Kombination mit Maßnahmen der Energieeffizienz im Gebäudebereich in hohem Maße gefördert werden.

Mit dem MAP wird durch Zuschüsse des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) neben den Maßnahmen nach dem EEWärmeG der Ausbau der erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung insgesamt gefördert. Außerdem werden große, gewerbliche Anlagen der erneuerbaren Energien aus dem KfW-Programm Erneuerbare Energien, „Premium“, gefördert. Insgesamt standen im Jahr 2011 über 350 Millionen Euro zur Verfügung. Das Ziel der Bundesregierung, den Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung von heute 10 Prozent bis 2020 auf 14 Prozent zu erhöhen, erfordert eine kontinuierliche Weiterentwicklung des MAP.

### **DAS KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZ**

Die Bundesregierung möchte den Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der deutschen Strom-

erzeugung bis 2020 auf 25 Prozent verdoppeln. Damit soll ein wichtiger Beitrag zur Minderung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen erbracht werden. Dieses Ziel soll vor allem mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) erreicht werden. Es fördert den Neubau und die Modernisierung hocheffizienter KWKG-Anlagen ohne Größenbeschränkung, indem für den erzeugten Strom nach Größe und Alter der Anlage gestaffelt ein Zuschlag gezahlt wird.

Im Zuge der Beschlüsse zur Energiewende im Jahr 2011 hat die Bundesregierung auch das KWKG in zwei wesentlichen Punkten geändert. Erstens wurde der Zeitpunkt um vier Jahre bis Ende 2020 verlängert, bis zu dem eine Anlage zur Erlangung der Förderung in Betrieb genommen werden muss. Zweitens entfiel bei Anlagen mit mehr als 50 kW installierter Leistung die zusätzliche Begrenzung der Förderung auf vier beziehungsweise sechs Jahre. Nun gilt ausschließlich die Begrenzung auf 30.000 Vollbenutzungsstunden, wodurch vor allem Anlagen mit geringen Jahresbetriebsstunden profitieren.

Mit der im Dezember 2011 eingeleiteten KWKG-Novelle sind weitere Verbesserungen der Förderung anvisiert. So soll die Vergütung für Anlagen, die unter dem Emissionshandel fallen, angehoben sowie die Anforderungen bei der Förderfähigkeit von Anlagenmodernisierungen deutlich verringert werden. Weitere geplante Änderungen sind: Neuaufnahme der Förderung von Wärme- und Kältespeichern, von Kältenetzen sowie der KWKG-Nachrüstung von Kondensationsanlagen beziehungsweise Heizwerken, bessere Förderbedingungen für Wärme- und Kältenetze mit kleinen Nennweiten sowie Verfahrensvereinfachungen bei Wärmenetzen und KWKG-Kleinanlagen.

#### **VERKEHR STÄRKER AN UMWELTKOSTEN BETEILIGEN**

Kostenwahrheit im Verkehr ist von entscheidender Bedeutung [7]. Um den Pkw-Verkehr stärker an den von ihm verursachten Umweltkosten zu beteiligen, hält das UBA die europaweite Erhöhung der Energiesteuer auf Kraftstoffe für zielführend. Falls dies nicht europaweit harmonisiert erfolgen kann, sollte eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut eingeführt werden [35]. Im Güterverkehr sollte die Lkw-Maut um die Umweltkosten erhöht und auf alle Straßen ausgeweitet werden. Beim Güterverkehr auf Straße und Schiene sollten insbesondere auch die Lärmemissionen dem Nutzer angelastet werden. Im Flugverkehr würde die Einführung der Kerosinsteuer und der Mehrwertsteuer für internationale Flüge zur steuerlichen Gleichberechtigung mit anderen Verkehrsträgern führen. In der Seeschifffahrt sollte ein Emissionshandelssystem etabliert werden.

Verbindliche CO<sub>2</sub>-Zielwerte bei der Neuzulassung motorisierter Fahrzeuge sind ein wesentliches Instrument, um die Energieeffizienz im Straßenver-

kehr zu erhöhen. Auf EU-Ebene wurden verbindliche Ziele festgelegt: 130g CO<sub>2</sub>/km für Pkw und 175g CO<sub>2</sub>/km für leichte Nutzfahrzeuge. Für Pkw gelten diese Werte ab 2012 und für leichte Nutzfahrzeuge ab dem Jahr 2014, wobei jeweils eine schrittweise Einphasung das Erreichen der Werte erleichtert. Ferner wurden Zielwerte für das Jahr 2020 festgelegt, und zwar 95g CO<sub>2</sub>/km für Pkw und 147g CO<sub>2</sub>/km für leichte Nutzfahrzeuge. Die Werte gelten für die durchschnittliche Neuwagenflotte in der gesamten EU. Sie sind auf entsprechende Zielwerte für die einzelnen Herstellerflotten heruntergebrochen. Darüber hinaus empfiehlt das UBA auch für Lkw vergleichbare Maßnahmen, die zu einer signifikanten Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen führen.

#### **ENERGIEBESTEUERUNG UND UMWELTSCHÄDLICHE SUBVENTIONEN**

Die durch den Energieverbrauch entstehenden Umweltbelastungen führen zu hohen gesellschaftlichen Folgekosten. Daher sollten die Verursacher diese externen Kosten über die Energiebesteuerung tragen. Dies schafft einen ökonomischen Anreiz, den Energieverbrauch zu verringern, womit auch die damit einhergehenden externen Kosten gemindert werden. Darüber hinaus sollte der Staat die Steuersätze regelmäßig an die Inflation anpassen, da sie ansonsten im Laufe der Jahre real sinken. Je nach Verwendung der verschiedenen Energieträger gibt es zudem noch große Unterschiede bei der steuerlichen Belastung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Für eine effiziente Klimapolitik ist eine stärkere Ausrichtung der Steuersätze an den CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig. Sinnvoll wäre außerdem, die Verzahnung zwischen Energiebesteuerung und Finanzierung von Förderprogrammen für den Klimaschutz zu verstärken. So könnte zum Beispiel eine Kombination aus einer erhöhten Besteuerung klimaschädlicher Energieträger und einem effektiven Umrüstprogramm für ineffiziente Heizungsanlagen Anreize schaffen, auf sparsame und klimafreundliche Heizsysteme umzurüsten.

Von einer nachhaltigen Haushaltspolitik aus einem Guss, die den Umweltschutz maßgeblich fördert und Umweltschutzbelange bei allen staatlichen Einnahme- und Ausgabeentscheidungen systematisch berücksichtigt, ist Deutschland jedoch noch weit entfernt. Ein zentrales Problem stellt dabei die Subventionspolitik dar. Nach den Berechnungen des Umweltbundesamtes sind in Deutschland im Jahr 2008 Subventionen im Umfang von gut 48 Mrd. Euro als umweltschädlich einzustufen [36]. Davon entfallen 17,7 Mrd. auf die Energiebereitstellung und Nutzung. Subventionen, die eine nicht nachhaltige Energieversorgung und Energienutzung fördern, sollten abgebaut werden. Hierzu gehören auch die Energiesteuervergünstigungen für Unternehmen des produzierenden Gewerbes, der Spitzenausgleich bei der Ökosteuern für das Produzierende Gewerbe und die Energiesteuer-

entlastungen für bestimmte energieintensive Prozesse und Verfahren, soweit diese nicht zum Ausgleich internationaler Wettbewerbsverzerrungen unabdingbar sind.

#### VERANTWORTLICH FÜR DEN TEXT:

Werner Niederle  
(Fachgebiet I 2.3)

#### BETEILIGTE FACHGEBIETE:

- I 1.3 „Rechtswissenschaftliche Umweltfragen“
- I 1.4 „Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum“
- I 2.2 „Energierestrategien und -szenarien“
- I 2.3 „Erneuerbare Energien“
- I 2.4 „Energieeffizienz“
- I 2.5 „Energieversorgung und -daten“
- I 3.1 „Umwelt und Verkehr“

#### QUELLEN

- [1] Umweltbundesamt: Konzeption des Umweltbundesamtes zur Klimapolitik. Notwendige Weichenstellungen 2009, Climate Change 14/2009, Dessau-Roßlau 2009, Seite 106 ff
- [2] Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: Optionen und Potentiale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen, Kurzfassung, im Auftrag der E.ON AG, 2006  
McKinsey & Company: Kosten und Potentiale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland, im Auftrag des BDI, 2007. Aktualisierte Energieszenarien und -sensitivitäten, 2009  
Prognos AG: Potentiale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen, im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums, 2007
- [3] GfK: Energieeffizienz ist in Europa angesagt, Nürnberg 2011
- [4] prognos, Fraunhofer ISI, TU München: Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen, Endbericht, Berlin, Karlsruhe, München 05.08.2011
- [5] Schulze Darup, Burkhard: Gebäudesanierung mit Faktor 10, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück 2011
- [6] Pehnt, Martin et al.: Energiebalance. Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz, Heidelberg, Wuppertal 2009
- [7] Umweltbundesamt: Schwerpunkte 2010, Dessau-Roßlau 2010, S. 6ff
- [8] Bundesumweltministerium: Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung, Berlin, Stand Juli 2011, sowie Internet-Update Dezember 2011
- [9] Ender, Carsten: Windenergienutzung in Deutschland, Stand 31.12.2010, DEWI Magazin, 38, Wilhelmshaven 2011, S. 36ff
- [10] Bundesverband Geothermie: Tiefe Geothermieprojekte in Deutschland. Stand Februar 2012, Tabelle im Internet unter: [http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/aktuelles/projekte/tiefe/deutschland/TG\\_2012\\_Projektname\\_GtV-BV.pdf](http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/aktuelles/projekte/tiefe/deutschland/TG_2012_Projektname_GtV-BV.pdf)
- [11] Bundesumweltministerium: Erneuerbare Energien. Sachstand 2009, Berlin 2010, S. 45
- [12] Bundesumweltministerium: Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie, Aachen 2010
- [13] Deutsches BiomasseForschungszentrum: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, Kurztitel: Stromerzeugung aus Biomasse, Zwischenbericht, März 2011
- [14] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Die Rohstoffsituation Deutschland 2006. Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien, Band XXXVI, Hannover 2007  
Gesamtverband Steinkohle: Energiewirtschaftliche Situation Deutschlands 2010
- [15] Bundesumweltministerium: GreenTech made in Germany 2.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, Berlin 2009
- [16] Schade, Wolfgang et al.: Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in den Bereichen Gebäude, Unternehmen und Verkehr, in: Umweltbundesamt, Climate Change 08/2009, Dessau-Roßlau 2009
- [17] Ingenieurbüro für neue Energien: Beschaffungsmehrkosten für Stromlieferanten durch das Erneuerbare Energien Gesetz 2009, Berlin 2010
- [18] Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), Saarbrücken, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, Gesellschaft für Wirtschaftliche Struktur-forschung mbH (GWS), Osnabrück, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt - Kurz-Update der quantifizierten Kosten- und Nutzenwirkungen für 2009, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2010
- [19] Umweltbundesamt: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien – klimafreundlich und ökonomisch sinnvoll, Hintergrundpapier, Dessau-Roßlau 2011
- [20] Bundesumweltministerium; Umweltbundesamt: Umweltwirtschaftsbericht, Dessau-Roßlau 2011
- [21] Lehr, Ulrike et al.: Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt, Osnabrück, Berlin, Karlsruhe, Stuttgart 2011
- [22] O'Sullivan, Marlene et al.: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2010. Eine erste Abschätzung, Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2011
- [23] Duschl, Andreas et al.: Anwendung und Kommunikation des Kumulierten Energieverbrauchs als praktikabler, umweltbezogener Bewertungs- und Entscheidungsindikator für energieintensive Produkte und Dienstleistungen, 2003  
Fischedick, Manfred et al.: Bottom-up Wirkungsanalysemolell. Abschlussbericht des Arbeitsschritts 6.2 des Projektes „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes), Wuppertal, Dezember 2010, ab S. 267, in: Fischedick, Manfred et al.: Indikatoren, Bottom-up-Modelle und Szenarien. Abschlussbericht zu AP 6 des Projektes „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes), Wuppertal 2010
- [24] Oehme, Ines et al.: Umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte. Der Beitrag der Ökodesign-Richtlinie zu den Energieeffizienzzielen der EU, in: Umweltbundesamt, Texte 21/2009, Dessau-Roßlau 2009
- [25] Umweltbundesamt: Studie Energieziel 2050, 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen, Dessau-Roßlau 2010
- [26] Kaschenz, Helmut et al.: Stromsparen: weniger Kosten, weniger Kraftwerke, weniger CO<sub>2</sub>, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2007  
Vgl. auch Thomas, Stefan: Aktivitäten der Energiewirtschaft zur Förderung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite ..., Frankfurt am Main 2007
- [27] Bundeswirtschaftsministerium: Energiedaten, Tabelle 28 „Energiekosten der privaten Haushalte“, Berlin 2008
- [28] Umweltbundesamt: CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland: Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes, Texte 05/2010, Dessau-Roßlau 2010
- [29] Umweltbundesamt: Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr, Texte 18/2009, Dessau-Roßlau 2009
- [30] Umweltbundesamt: Schienennetz 2025/2030. Ausbaukonzeption für einen leistungsfähigen Schienengüterverkehr in Deutschland, Texte 42/2010, Dessau-Roßlau 2010
- [31] Umweltbundesamt: Leitkonzept: Stadt und Region der kurzen Wege, Gutachten im Kontext der Biodiversitätsstrategie, Texte 48/2011, Dessau-Roßlau 2011
- [32] Umweltbundesamt: Leitfaden Klimaschutz im Stadtverkehr, Dessau-Roßlau 2010
- [33] Jepsen, Dirk et al.: Grundkonzeption eines produktbezogenen Top-Runner-Modells auf der EU-Ebene, in: Umweltbundesamt, Texte 36/2011, Dessau-Roßlau 2011
- [34] Umweltbundesamt: Rechtskonzepte zur Beseitigung des Staus energetischer Sanierungen im Gebäudebestand, Texte 36/2009, Dessau-Roßlau 2009
- [35] Umweltbundesamt: Pkw-Maut in Deutschland? – Eine umwelt- und verkehrspolitische Bewertung, Dessau-Roßlau 2010
- [36] Umweltbundesamt: Umweltschädliche Subventionen in Deutschland, Dessau-Roßlau 2010



Ressourceneffizientes Wirtschaften

# RESSOURCENEFFIZIENZ

Schlüsselkompetenz zukunftsfähiger  
Gesellschaften



Weltweit nehmen der Verbrauch an natürlichen Ressourcen und die Konkurrenz um knappe Rohstoffe rasant zu. Dieser Trend verschärft die globalen Umweltprobleme wie den Klimawandel, die Bodendegradierung oder den Verlust an biologischer Vielfalt. Ein effizienter und schonender Einsatz natürlicher Ressourcen ist eine der größten wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Herausforderungen unserer Zeit.

Natürliche Ressourcen bilden die materielle, energetische und räumliche Basis unseres Lebens. Unser Wohlstand fußt nicht nur auf Mineralien, fossilen Energieträgern oder Biomasse. Auch Artenvielfalt, die Umweltmedien Wasser, Boden und Luft, die Strömungsressourcen (Wind, Geothermie, Solarenergie, Gezeitenströme) und die Fläche sind als natürliche Ressourcen wichtige Faktoren für unser Wirtschaften. Sie dienen zur Befriedigung unserer Bedürfnisse, als Energiequellen, Lebensraum, Senken (siehe Kasten Seite 37) für unsere Emissionen, Erholungsraum, Pool für pharmazeutische Wirkstoffe und vieles mehr. Jährlich fördern, gewinnen und ernten wir weltweit 60 Milliarden (Mrd.) Tonnen Rohstoffe aus unserer Umwelt [1]. Letztlich sind alle Formen der Rohstoffinanspruchnahme über die gesamte Wertschöpfungskette – Gewinnung oder Verarbeitung von Rohstoffen oder Nutzung der entstandenen Produkte – mit Auswirkungen auf weitere natürliche Ressourcen verbunden. Schadstoffemissionen in Boden, Wasser und Luft und die Versiegelung von Flächen erhöhen den Belastungsdruck auf die Umwelt. Sie beeinträchtigen die Aufrechterhaltung von Ökosystemdienstleistungen und naturraumtypischen Lebensgemeinschaften sowie die menschliche Gesundheit. Natürliche Ressourcen stehen nur begrenzt und oft nicht in hoher Qualität zur Verfügung. Das weltweite Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum verstärkt den Druck auf die natürlichen Ressourcen und kann Nutzungskonkurrenzen hervorrufen.

Ressourcenschonung betrachtet über Produktlebenszyklen ausgedehnte Stoffhaushalte und sucht nach Möglichkeiten, die Ressourceninanspruchnahme zu reduzieren und die damit verbundenen Umweltauswirkungen zu mindern. Die nicht nachhaltigen Formen des Wachstums und der Entwicklung der Industrieländer haben die Weltgesellschaft schon heute – nicht nur in der Ressourcennutzung – auf Kollisionskurs mit elementaren Naturschranken gebracht, der vor allem zulasten der sich ent-

wickelnden Länder geht. Würden Produktions- und Konsummuster der industrialisierten Welt zukünftig von neun Mrd. Menschen übernommen, wären die Naturschranken mit katastrophalen Folgen weit überschritten. Die Probleme spitzen sich zu, und da der weltweite Ressourcenverbrauch fast ungebrochen weiter steigt, wird es immer dringender, sie zu lösen. Es geht um:

- Umweltprobleme eindämmen, die durch übermäßige Ressourcenverbräuche entstehen und die Senken Wasser, Boden, Luft überstrapazieren.
- Soziale Probleme vermeiden, die mit Ressourcengewinnung und -nutzung verbunden sind.
- Ressourcenverknappung vermeiden oder begrenzen, weil Zugang und Verteilung von Ressourcen Auslöser oder auch Folge von Konflikten sein können.
- Abhängigkeit von Importen mit den damit verbundenen wirtschaftlichen und politischen Konsequenzen verringern.
- Dämpfung der negativen volkswirtschaftlichen und sozialen Effekte, die sich aus den globalen Preissteigerungen sowie den Schwankungen der Rohstoffpreise ergeben.
- Abfälle vermeiden und verwerten.
- Mehr Verteilungsgerechtigkeit sowohl zwischen Weltregionen als auch zwischen Generationen.

Zunehmend wird auch die Frage diskutiert, inwieweit Wohlstand mit weniger, strukturell verändertem oder ohne Wachstum und damit mit weniger negativen Umweltauswirkungen gesichert werden kann [2]. Einige Grenzen des materiellen Wachstums sind schon heute – besonders in Hinblick auf die Aufnahmefähigkeit der Umweltmedien für Schadstoffe aber auch bei einigen Rohstoffen wie konventionellem Erdöl – überschritten [3], [4]. In ökonomischer Hinsicht ist Naturkapital knapp. In Relation zum Weltwirtschaftswachstum und der weiter steigenden Nachfrage der Weltbevölkerung wird es zweifellos noch knapper werden.

#### ROHSTOFFLAGER ERDE

60 Mrd. Tonnen entnehmen wir jedes Jahr



## DIE WELT NEU VERMESSEN: AUF DEN LEBENSZYKLUS KOMMT ES AN

Ressourcenschonung folgt dem Leitbild einer in natürliche Stoffkreisläufe eingebetteten Wirtschaft mit minimalem Ressourcenverbrauch, die sich nicht zulasten anderer Regionen entwickelt. Das Umweltbundesamt (UBA) verfolgt das zentrale Ziel, den Rohstoffverbrauch und die damit verbundenen Umweltbelastungen insgesamt zu reduzieren und somit den Wohlstand und Entwicklungsmöglichkeiten zu sichern.

Nach dem Konzept des ökologischen Fußabdrucks nehmen wir weltweit bereits das Leistungsvermögen von 1,3 Erden in Anspruch. Einerseits nutzen wir die Erde um unsere Nachfrage nach biogenen Rohstoffen wie Nahrungsmitteln, Naturfasern und Brennholz zu befriedigen und andererseits um unsere Treibhausgasemissionen zu assimilieren. Die Spuren, die wir hinterlassen, liegen jenseits der Grenzen eines nachhaltigen Entwicklungspfades [5].

### SENKEN:

Endpunkt von Stoffströmen. Im Kontext natürlicher Ressourcen wird unter Senken die Aufnahmefunktion der Natur verstanden, zum Beispiel für Schadstoffe.

### REBOUND EFFEKT:

Effekt, der beschreibt, dass aufgrund von Effizienzsteigerungen erreichte Einsparungen nicht zu einem in gleichem Maße geringeren Ressourceneinsatz führen, da es durch diese Einsparungen zu vermehrter Nutzung kommt. Es kann unter anderem zwischen direktem (Ausweitung der Nutzung in derselben Anwendung) und indirektem (Ausweitung der Nutzung in anderen Anwendungen) Rebound-Effekt differenziert werden.

### ENTKOPPLUNG:

Aufhebung oder Verringerung einer quantitativen Abhängigkeit zwischen kausal verknüpften Entwicklungen. Häufig wird sie im Zusammenhang mit der im Vergleich zum Wirtschaftswachstum im geringeren Maße steigenden Nutzung natürlicher Ressourcen verwendet. Hier spricht man von relativer Entkopplung. Eine absolute Entkopplung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Ressourcennutzung bei steigendem Wirtschaftswachstum nicht zunimmt oder sogar abnimmt.

Die „Thematische Strategie für die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ der EU-Kommission fordert, das Wirtschaftswachstum von der Rohstoffentnahme aus der Umwelt zu entkoppeln [6]. Außerdem ist der Rohstoffverbrauch von den damit verbundenen negativen Umweltwirkungen zu entkoppeln, um den Wirkungsdruck auf die natürlichen Schutzgüter tatsächlich auf ein verträgliches Maß zu reduzieren (siehe Kasten). Wichtig ist hierbei eine absolute Senkung des Rohstoffverbrauchs und der damit verbundenen negativen Umweltwirkungen, unabhängig vom Wirtschaftswachstum. Ansonsten ist die Gefahr groß, dass zwar die Ressourcenproduktivität – das Verhältnis aus Ertrag und Ressourcenaufwand – gesteigert wird, der Druck auf die Umwelt durch eine Steigerung der Rohstoffentnahme und der damit verbundenen Umweltwirkungen jedoch absolut zunimmt. Darüber hinaus gilt es, sogenannte „Rebound-Effekte“ (siehe Kasten) zu vermeiden. Diese stellen sich zum Beispiel ein, wenn die technische Effizienzsteigerung von Produkten durch einen dadurch bedingten Konsumanstieg in gleichen oder in anderen Segmenten aufgezehrt oder sogar überkompensiert wird – etwa bei Unterhaltungselektronik, wo zwar effizientere und preiswertere Geräte Einzug halten, sich jedoch zunehmend auch eine größere Anzahl von diesen in den Haushalten befindet. Ebenso kann es passieren, dass mit effizienten Pkw eingesparte Spritkosten genutzt werden, um zusätzliche Autofahrten durchzuführen.

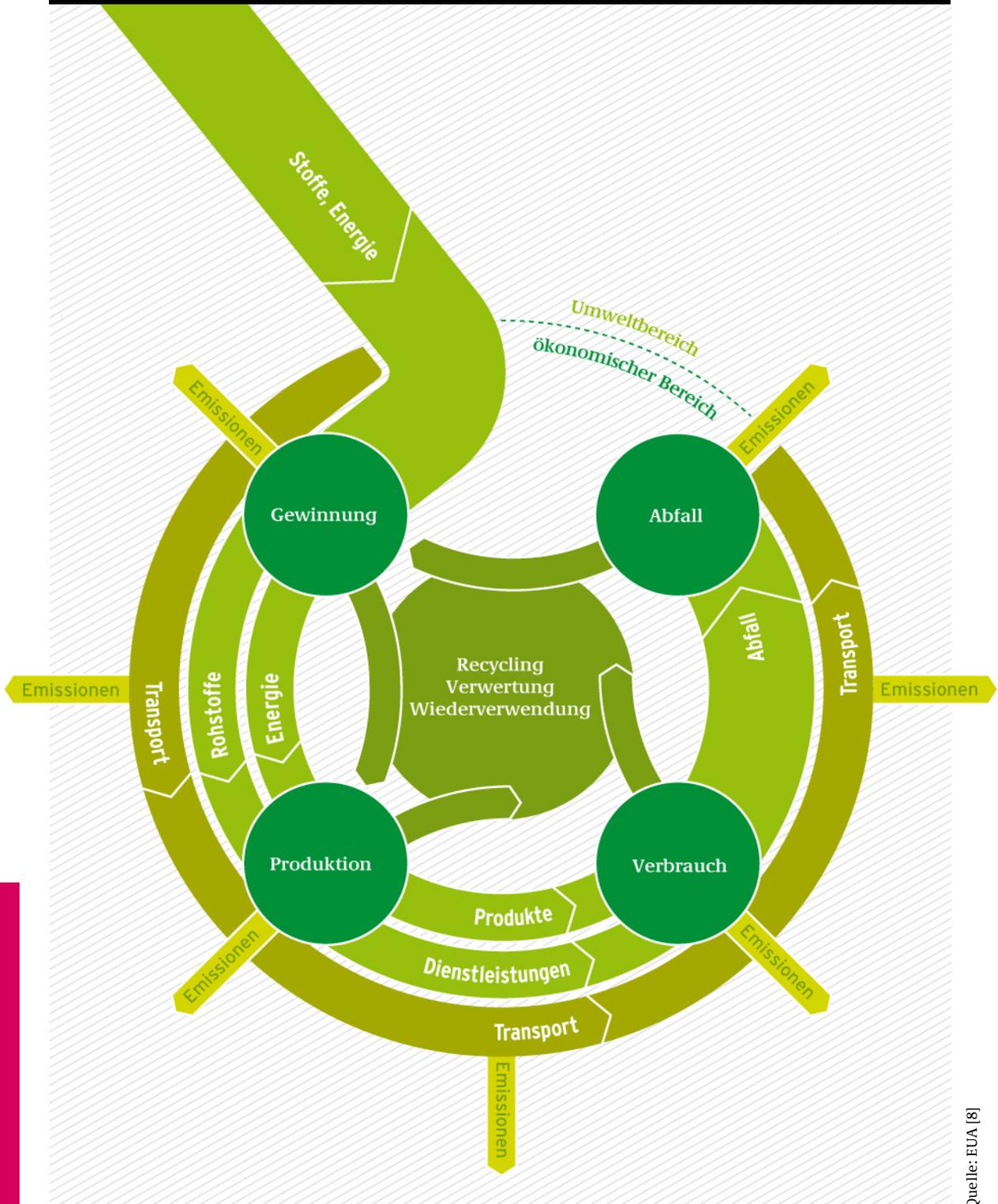
Die Steigerung der Ressourceneffizienz ist daher ein notwendiges, jedoch kein hinreichendes Ziel einer ressourcenschonenden Wirtschaft. Diese muss sich aus Sicht des UBA am Dreiklang von Effizienz (Relation von Ertrag zu Ressourcenaufwand), Konsistenz (Einbettung des Wirtschaftens in natürliche Kreisläufe) und Suffizienz (Mäßigung im Verbrauch) orientieren. Auch wenn man die Wirtschaft im Sinne des Umweltschutzes umgestaltet, werden Rohstoffe gebraucht. So benötigen grüne Zukunftstechniken immer mehr Spezialmetalle wie Gallium, Tantal und Neodym. Das stößt jedoch auf Grenzen, da diese häufig nur Koppel- und Nebenprodukte bei der Gewinnung anderer Rohstoffe sind. Besonders problematisch ist, dass viele dieser „strategischen“ Metalle am Ende des Produktlebenszyklus bisher kaum recycelt werden [7].

Ressourcenschonung lässt sich ganzheitlich nur aus einer „Lebenszyklusperspektive“ gestalten. Sie erstreckt sich von der Rohstoffgewinnung über Verarbeitung, Produktion, Distribution und Konsum bis hin zur Entsorgungsphase. Entlang dieser Wertschöpfungskette zeigen sich für unterschiedliche Produkte und Stoffe verschiedenartige Rohstoff- und Energieflüsse ebenso wie unterschiedliche Flächeninanspruchnahmen und Schadstoffemissionen. Wird beispielsweise der Materialverbrauch in einem Produktionsprozess durch einen alternativen Werkstoff verringert, werden deshalb keineswegs pauschal alle Umweltwirkungen reduziert,

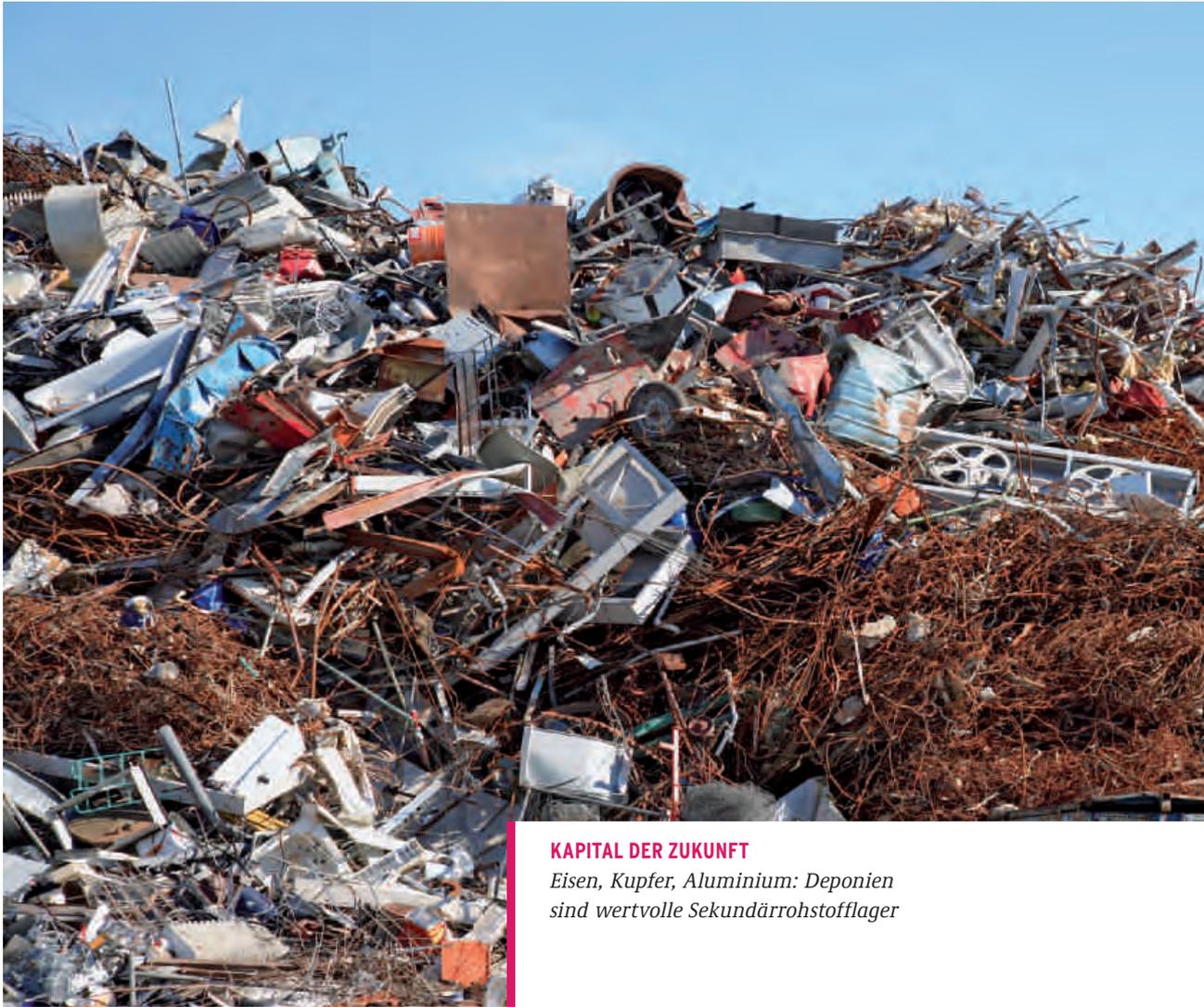
die sich jenseits der Produktion erstrecken. Produktlebenszyklen betrachtet man klassischerweise linear. Ressourcenschonung orientiert sich jedoch stärker an Stoffkreisläufen, wie sie in der Natur vorbildhaft stattfinden. Diese Zyklen sind miteinander verwoben, sodass man sie als Kreislaufprozess verstehen kann. Die Rohstoffgewinnung am Anfang des Zyklus ist direkt verbunden mit der natürlichen Umwelt. Die Entsorgungsphase hingegen bildet das Ende der ursprünglichen Nutzung, nicht jedoch

das Ende eines Produkts selbst oder dessen Materials (siehe Abbildung). Sie ist zwar auch über Abfälle und Emissionen mit der Umwelt verknüpft, stellt allerdings auch ein verbindendes Element zur Produktion und den Konsum dar. Die Art der Wiederverwendung und die Verwertung von Produkten innerhalb von Kreisläufen, dazu zählen auch die Einsatzquoten an Sekundärrohstoffen in der Produktion, beeinflussen wesentlich die gesamten Rohstoffflüsse und Umweltwirkungen.

Lebenszyklen aus Stoffstromsicht - Ressourcenschonung richtet sich an Stoffkreisläufen aus



Quelle: EUA [8]



#### **URBAN MINING: SCHLUMMERENDE ROHSTOFFSCHÄTZE BERGEN**

Der Materialbestand in Deutschland wächst jährlich um rund 0,6 Mrd. Tonnen [9]. Hieraus ließen sich etwa 100 Cheops-Pyramiden errichten. Damit übersteigen die Zuflüsse aus Importen und inländisch gewonnenen Rohstoffen die Abflüsse aus Exporten und Emissionen um ein Vielfaches. Trotz seiner Rohstoffarmut hat Deutschland (wie viele weitere Industrieländer) auf diese Weise mittlerweile ein enormes Vermögen in Form des sogenannten „anthropogenen Materiallagers“ angehäuft. Es findet sich in Bauwerken, Infrastrukturen, Verkehrsgütern und sonstigen langlebigen Gütern, aber auch in Deponien. Die anthropogenen Lager sind wertvolle Sekundärrohstofflager. Ihr Gesamtgehalt an Wertstoffen wie beispielsweise Eisen/Stahl, Kupfer, Aluminium, Zink und zahlreiche Edelmetalle liegt in der Dimension weltweiter Jahresfördermengen und übersteigt die geologisch verfügbaren nationalen Reserven teilweise deutlich. Das anthropogene Lager ist Kapital der Zukunft, das wir systematisch bewirtschaften müssen. Die Nutzung der menschengemachten Rohstofflager („Urban Mining“) stellt eine wesentliche Strategie für ein ressourcenschonendes, zukunftsfähiges Deutschland dar.

#### **KAPITAL DER ZUKUNFT**

*Eisen, Kupfer, Aluminium: Deponien sind wertvolle Sekundärrohstofflager*

Rohstoffarme Länder wie Deutschland sind auf den Import vieler Güter angewiesen. Von 2000 bis 2008 stiegen die Importe insgesamt um 16 Prozent. Dabei steigerte sich der Anteil an hochverarbeiteten Fertigwaren um 40 Prozent [9]. An diesen Waren hängen zum Teil aufwendige Produktionsprozesse, für deren Ressourcenverbräuche mit ihren umweltschutzbezogenen und sozialen Folgen wir eine besondere Verantwortung tragen. Aus Sicht des UBA kann Ressourcenschonung nur gelingen, wenn diese globale Verantwortung von den Ländern erfüllt wird, deren Produktions- und Konsummuster treibende Kräfte für die Rohstoffgewinnung und -verarbeitung sind. Dazu muss man eine systematische Verlagerung von negativen Umweltwirkungen ins Ausland (*burden shifting*) verhindern.

Auf internationaler Ebene ist Ressourcenschonung als Aufgabe staatlicher Vorsorgepolitik bislang nur schwach verankert. Um dies zu erreichen, sollten Produzenten- und Verbraucherländer einen breiten Politikdialog über Maßnahmen der Ressourcenschonung führen. Um Ressourcenkonflikten zu begegnen, sollte die Rohstoffaußenpolitik um risikomindernde Maßnahmen (wie höhere Transparenz der Stoff- und Geldströme in den Lieferländern, Zertifizierung der Handelsketten) für Produzenten- und Transitländer erweitert werden.

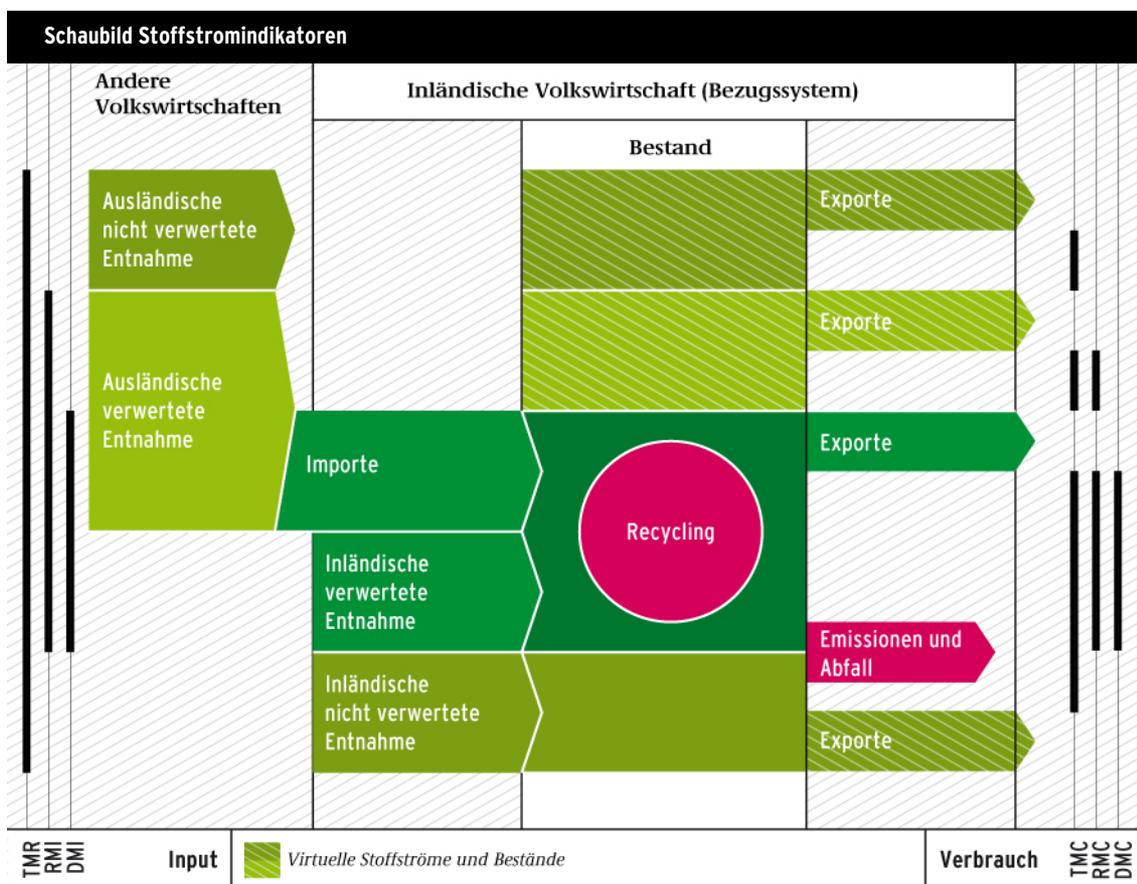
## INDIKATOREN: RESSOURCEN- VERBRAUCH MESSBAR MACHEN

Indikatoren spielen in einer aktiven Ressourcenpolitik eine zentrale Rolle. Sie erfassen, beschreiben und bewerten komplexe Sachverhalte, wie die Umweltwirkungen durch die Rohstoffnutzung. Die verwendeten Indikatoren müssen die zentralen Einflussgrößen identifizierbar und die internationalen Verflechtungen der Volkswirtschaften sichtbar machen sowie Substitutions- und Verlagerungseffekte aufzeigen können. Sie müssen auch von der Unternehmens- bis zur gesamtwirtschaftlichen Ebene entlang von Wertschöpfungsketten kompatibel – das heißt addierbar – sein. Damit internationale Gremien und Institutionen mit vergleichbaren und anschlussfähigen Indikatoren arbeiten können, sind auf europäischer und internationaler Ebene harmonisierte Datenstrukturen in der amtlichen Statistik zu ihrer Berechnung notwendig. Dabei müssen prinzipiell alle natürlichen Ressourcen innerhalb eines Indikatorensystems einbezogen werden. Dazu zählen abiotische (wie Metalle und Industriemineralien) und biotische (tierische und pflanzliche) Rohstoffe, Energieressourcen, Wasser als Rohstoff, Fläche und Boden, Biodiversität sowie Umweltmedien und Ökosysteme als Senken.

Die aktuelle wissenschaftliche Debatte zeigt jedoch Aspekte auf, die durch etablierte Indikatoren derzeit nicht oder nur unzureichend abgebildet wer-

den. Im Besonderen bestehen Wissenslücken über Zusammenhänge von Emissionen und Flächennutzungsänderungen und ihren Wirkungen auf den Zustand der Umweltmedien, von Ökosystemen und die Biodiversität. Große methodische Fortschritte wurden hingegen bei der länderübergreifenden Bilanzierung von Materialflüssen erzielt (siehe Abbildung). Daher liegt der Schwerpunkt im Folgenden auf materialbezogenen Indikatoren, während Indikatoren für die anderen genannten Bereiche noch (weiter) entwickelt werden müssen.

Als Indikator zur Messung der Ressourcenschonung dient in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie neben der Energieproduktivität die Rohstoffproduktivität, die sich ausschließlich auf abiotische Rohstoffe bezieht. Ziel der Bundesregierung ist im Vergleich zum Jahr 1994 bis 2020 eine Verdoppelung der Rohstoffproduktivität. Die Rohstoffproduktivität setzt das Bruttoinlandsprodukt (BIP) mit dem abiotischen direkten Materialeinsatz (*Direct Material Input, DMI*) ins Verhältnis. Sie steht damit in Analogie zur Arbeits- sowie Kapitalproduktivität und dient als Effizienzmaß des Produktionsfaktors Rohstoffe. Der DMI im Nenner des Indikators wird in Gewichtseinheiten erfasst und enthält sowohl die inländisch entnommenen Rohstoffe als auch die Importe an Rohstoffen, Halb- und Fertigwaren mit ihrem Eigengewicht. Dieser Indikator erlaubt eine Trendaussage zur Effizienz der Rohstoffnutzung in unserer Wirtschaft über eine lange Zeitreihe. Seit 1994 hat sich die Rohstoffproduktivität in Deutschland um 47 Prozent gesteigert [10].



## ROHSTOFFÄQUIVALENTE VON IMPORTEN EINBEZIEHEN

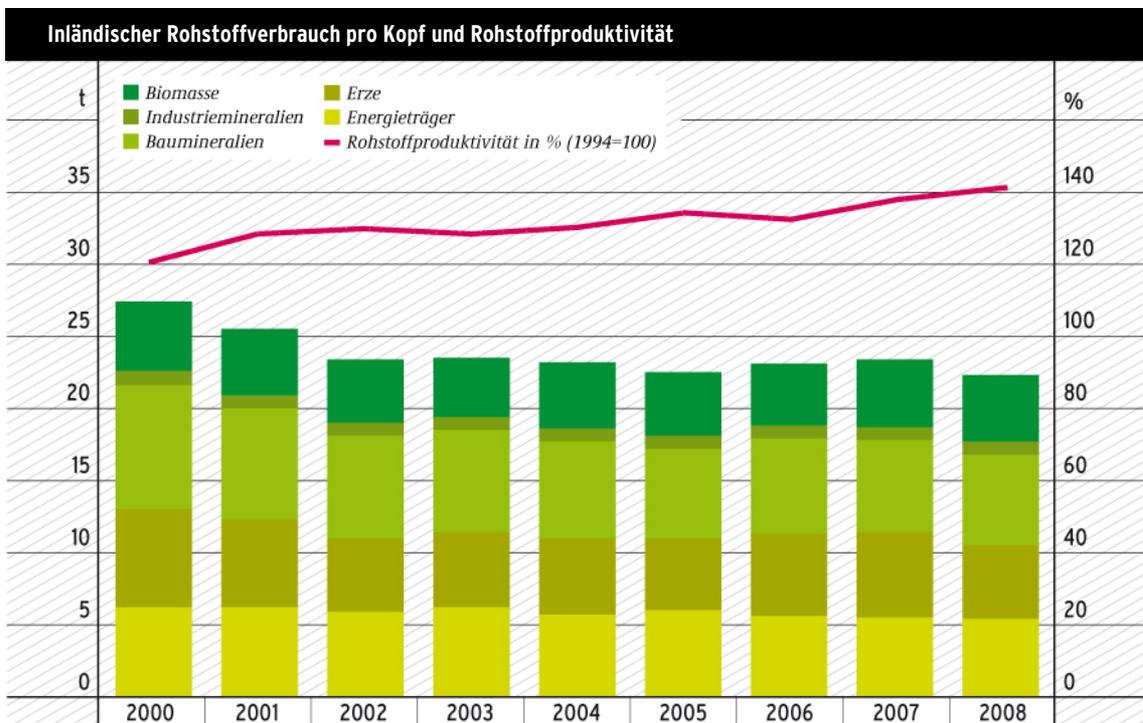
Die alleinige Betrachtung der Rohstoffproduktivität kann aber zu richtungsentscheidenden Fehlinterpretationen führen, denn die Importe im Indikator repräsentieren nur einen Teil der eingesetzten Rohstoffe. Eine scheinbare Senkung des Rohstoffverbrauchs und damit eine Steigerung der Rohstoffproduktivität im Inland kann sich dadurch ergeben, dass rohstoffintensive Prozesse ins Ausland verlagert werden, sodass die inländische Förderung und der Import von Rohstoffen reduziert werden. Stattdessen werden deutlich mehr höher verarbeitete Halb- und Fertigwaren importiert. Derartige strukturelle Verlagerungseffekte, die sich aus der zunehmenden internationalen Arbeitsteilung ergeben, lassen sich durch die Umrechnung der Importe in Rohstoffäquivalente (*Raw Material Equivalents, RME*) abbilden. Dabei werden alle Güter mit ihren indirekten, wirtschaftlich genutzten Rohstoffflüssen dargestellt, die zu ihrer Herstellung notwendig, jedoch nicht selbst Bestandteil der Güter sind. Der Import von einem Kilogramm Zinkwaren ist beispielsweise mit 14 Kilogramm tatsächlichem Rohstoffaufwand verbunden. Ein Kilogramm Silber benötigt sogar 5,8 Tonnen [11].

Diese Kennzahlen des kumulierten Rohstoffaufwands umfassen alle originären Aufwendungen an Erzen und Energieträgern zur Raffination. Wird der kumulierte Rohstoffaufwand für die Importe zu Grunde gelegt, so erhöhen sich die Importgewichte um das Vierfache. Im Jahr 2005 bedeutete dies etwa eine Verdopplung des DMI von 1,3 Mrd. Tonnen auf 2,8 Mrd. Tonnen im sogenannten RMI (*Raw Material Input*). Innerhalb der vergangenen zehn Jahre ist der RMI im Gegensatz zum rückläufigen DMI um drei Prozent angewachsen. Die Entwick-

lung der Rohstoffproduktivität ist daher real auch geringer, als über den Indikator der Nachhaltigkeitsstrategie angezeigt.

Die alleinige Verwendung von Produktivitätsmaßen lässt keine direkten Aussagen über die absolute Entwicklung des Rohstoffverbrauchs zu. Sie ist jedoch wichtig, um die Nachhaltigkeit der Ressourcenpolitik zu beurteilen. Durch seinen Bezug auf das BIP bildet der Rohstoffproduktivitätsindikator die Rohstoffnutzung primär aus ökonomischer Sicht ab. Für rohstoffbezogene Ländervergleiche sind exportbereinigte Konsumindikatoren gebräuchlich. Der inländische Materialverbrauch (*Domestic Material Consumption, DMC*) gibt hier eine grobe Orientierung. Im Durchschnitt verbraucht ein Europäer mit 17 Tonnen Rohstoffen jährlich das Drei- bis Vierfache eines Bewohners in weniger entwickelten Ländern.

Um jedoch den absoluten Rohstoffverbrauch jenseits der Landesgrenzen überschneidungsfrei abzubilden und den internationalen Produktionsmustern gerecht zu werden, kann als Indikator der inländische Rohmaterialverbrauch (*Raw Material Consumption, RMC*) genutzt werden. Dieser Konsumindikator berücksichtigt gleichzeitig Importe und Exporte in Rohstoffäquivalenten. Alle genutzten Materialien werden bilanziert, die zur Herstellung der Importe und Exporte notwendig sind. Dadurch wird der Rohstoffaufwand in den Gewinnungsländern – ganz im Sinne einer Verursachergerechtigkeit – bei den importierenden Ländern verbucht. Der RMC für Deutschland beträgt derzeit rund 22 Tonnen pro Jahr und Kopf (siehe Abbildung). Erste Vergleiche ausgewählter Länder auf dieser Basis sind derzeit in der Erarbeitung.



Quelle: Statistisches Bundesamt 2011 [12] (in der Berechnung wurden auch Sekundärrohstoffe erfasst)



### ABRAUMHALDEN

*Bei der Förderung von Rohstoffen und Primärenergien entstehen große Mengen Abraum*

Die effiziente und hochwertige Kaskadenbewirtschaftung von Rohstoffen in Gütern durch Wieder- und Weiterverwendung, stoffliche und am Ende des Produktlebenszyklus energetische Verwertung leistet einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung. Kaskadennutzung steigert die Produktivität des Rohstoffeinsatzes und ist damit ein wesentlicher Ansatzpunkt für die nachhaltige Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen. Der Einsatz von recycelten Rohstoffen und Ersatzbrennstoffen ersetzt Primärmaterialien und die zugehörigen Ressourceninanspruchnahmen im In- und Ausland. Allein durch das Recycling von Kupfer konnten 2007 in Deutschland 118 Millionen (Mio.) Tonnen an weltweiten Rohstoffflüssen – die Masse von 90 Mio. Mittelklasse-Pkw – eingespart werden. Diese Rohstoffflüsse hätten mitsamt ihren Umweltauswirkungen zu 94 Prozent im Ausland stattgefunden [13].

Um das Niveau geschlossener Stoff- und Produktkreisläufe in der deutschen Wirtschaft zu beschreiben, sind Recyclingindikatoren entlang der Wertschöpfungskette notwendig. Hierzu braucht man neben abfallwirtschaftlichen Sammel- und Verwertungsquoten auch Kennzahlen über die tatsächlichen Einsatzquoten von Recyclingmaterialien in Produktionsprozessen. Um die volkswirtschaftliche Tragweite sichtbar zu machen, ist ein weiterer Schritt notwendig. Setzt man das Aufkommen an Sekundärrohstoffen in ein adäquates Verhältnis zum Rohstoffbedarf insgesamt, kann man Fortschritte einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft erfassen.

### MATERIALENTNAHMEN VOLLSTÄNDIG ABBILDEN, KASKADENNUTZUNG BERÜCKSICHTIGEN

Durch die Förderung von Rohstoffen und deren Umwandlung im Wirtschaftsprozess entstehen große Mengen an Abraum, Bergematerial und Bodenaushub, die nicht direkt in Produktionsprozessen verwendet werden. Die Menge dieser „ungenutzten Entnahmen“ wird vorrangig von Tagebauaktivitäten, der Art des Vorkommens und der Effizienz der Minenausbeutung bestimmt. Gleichwohl verursachen diese auch relevante Umwteintrüchtigungen. Sie beeinträchtigen geologische Formationen und natürliche Lebensräume, verändern Flächen langfristig und zum Teil irreversibel und beeinflussen den Wasserhaushalt. Solange die Umweltwirkungen von genutzter und ungenutzter Entnahme nicht separat erfasst werden, kann die gemeinsame Betrachtung helfen, um das gesamte Umweltbelastungspotenzial von Rohstoffentnahmen einzuschätzen. Hierfür steht der globale Materialaufwand (*Total Material Requirement, TMR*) als Indikator. Nachdem die Exporte herausgerechnet sind, ergibt sich der Gesamtmaterialverbrauch (*Total Material Consumption, TMC*).

## PRODUKTION AN RESSOURCEN-EFFIZIENZ AUSRICHTEN

Der Wandel zu einer ressourcenschonenden Wirtschaftsweise lässt sich durch wirtschaftliche Modernisierung und technische Innovationen erreichen. Dabei ist die Entwicklung energieeffizienterer Produktionsprozesse und energiesparender Geräte aber nur ein erster Schritt. Als nächsten wichtigen Schritt zur Ressourceneffizienz müssen Unternehmen die Materialeffizienz über den gesamten Produktlebenszyklus steigern, indem sie materialsparende Produkte entwickeln. Damit diese Strategie aber tatsächlich zu einer schonenden Nutzung unserer natürlichen Ressourcen führt, müssen Ingenieure, Designer, Einkaufsverantwortliche und Manager umdenken: Nur aus einer globalen Lebenszyklusperspektive können richtige Entscheidungen für eine moderne, zukunftsfähige, ressourcenschonende Wirtschaftsweise getroffen werden. Eine ressourcenbewusste Unternehmenskultur beginnt in der Ausbildung, setzt sich in der Mitarbeiterqualifizierung fort und kann durch externe Beratung unterstützt werden. Die Integration dieser Aspekte in Umwelt- und Qualitätsmanagementsysteme hilft dabei, den Veränderungsprozess im Unternehmen zu verankern. Das Wichtigste sind jedoch motivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Sie müssen davon überzeugt sein, dass Ressourceneffizienz die richtige Strategie für ein dauerhaft erfolgreiches Unternehmen ist.

### ÖKODESIGN: RESSOURCENEFFIZIENZ ALS QUALITÄTSMERKMAL FÜR PRODUKTE

Ökodesign ist ein systematischer und umfassender Ansatz, der Umweltbelastungen von Produkten sowie von technischen Systemen über den gesamten Lebenszyklus vermindern soll. Er ergänzt dabei die klassischen Anforderungen an die Produktentwicklung (wie Funktionalität, Sicherheit, Ergonomie, Ästhetik oder das Preis-Leistungs-Verhältnis) um Anforderungen im Bereich der Umweltverträglichkeit und der Ressourcenschonung. Bereits frühe Festlegungen in der Planungs- und Designphase eines Produktes bestimmen zu einem wesentlichen Anteil nicht nur seine Kosten, sondern auch die Umweltauswirkungen und Ressourcenverbräuche durch Herstellung, Gebrauch und Entsorgung. Bereits hier können die am Entwicklungsprozess beteiligten Akteure Einfluss auf jede Phase seiner Wertschöpfung und seines stofflichen Lebensweges nehmen und umweltgerechte Innovationen gezielt voranbringen.

Für eine umweltverträgliche und ressourcenschonende Gestaltung von Produkten gibt es mittlerweile eine Reihe quantitativer und qualitativer Bewertungsmaßstäbe und unterstützender Instrumente: Checklisten, Handbücher und – auf der Ökobilanzierung basierende – Softwarelösungen vom einfachen Screening-Tool bis hin zu vereinfachten oder umfassenderen Ökobilanzen. Kon-

krete Anleitungen, wie man Ressourcen- und Umweltaspekte bei der Planung und Entwicklung von Produkten einbezieht, bieten mittlerweile auch Normen und Leitfäden der internationalen, europäischen und deutschen Normenorganisationen. Folgende Ansätze im Produktdesign tragen besonders zur Schonung natürlicher Ressourcen bei:

- Hochwertiger Einsatz von Recyclingmaterial zum Beispiel in den Stoffströmen Papier, Glas, Metalle, aber auch der Einsatz recycelter Kunststoffe in Verpackungen und zunehmend auch in hochwertigen und komplexen Elektronikprodukten wie Computern.



#### WASSERSPARER

*Moderne Waschmaschinen  
verbrauchen wesentlich weniger  
Wasser als ältere Modelle*

- Design materialeffizienterer Produkte unter Berücksichtigung der Rohstoffvorketten: zum Beispiel Substitution oder Minderung des Einsatzes von Edelmetallen, deren Gewinnung hohe Umweltbelastungen verursacht; weniger Verpackungsmengen.
- Verringerung des Ressourcenverbrauchs in der Nutzungsphase wie bei energieeffizienteren Fernsehgeräten, Computern etc.; Waschmaschinen mit geringem Wasserverbrauch oder Drucker, die doppelseitiges Drucken ermöglichen.

- Einsatz erneuerbarer Rohstoffe unter Berücksichtigung ihrer Verfügbarkeiten, ihrer Regenerationsraten, möglicher Flächennutzungskonkurrenzen sowie der mit ihrem Anbau verbundenen Umweltwirkungen im Vergleich zur Nutzung nicht erneuerbarer Rohstoffe (wie Dämmstoffe aus erneuerbaren Rohstoffen).
- Produkte gebrauchstauglicher und langlebiger machen und den Nutzen optimieren (Haltbarkeit, Reparaturfreundlichkeit, Anpassbarkeit, Funktionserweiterung und Multifunktionalität): zum Beispiel Aufrüstbarkeit von Computern; perspektivisch die Austauschbarkeit des Monitors bei Notebooks, Standardisierung von Netzteilen und Akkus.
- Wiederaufbereitung ermöglichen (wie Tonerkartuschen); Zweitnutzung von Geräten nach Wiederaufbereitung durch den Hersteller (wie Multifunktionsgeräte) oder durch Dritte (etwa ReUse-Computer e. V.).
- Recyclinggerechte Konstruktion: zum Beispiel Demontageeignung, Begrenzung der Werkstoffvielfalt und Trennbarkeit, Bereitstellung von Produktinformationen für Recycler (Recyclingpass).
- Produkte mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ im Cluster „Ressourcenschutz“ erfüllen beispielsweise diese Anforderungen (siehe Seite 51).

Mit der Ökodesign-Richtlinie verankerte die Europäische Kommission erstmals die Anforderungen des Ökodesigns in einer Rahmenrichtlinie. Die bislang verabschiedeten Maßnahmen beziehen sich im Wesentlichen auf die Energieeffizienz der Produkte. Eine Ausweitung auf Aspekte der Ressourceneffizienz ist grundsätzlich auch möglich. Das Thema Energie wurde als erstes aufgegriffen, weil bei den bisher behandelten Produkten die Energieeffizienz in der Nutzungsphase maßgeblich die Umweltwirkungen verursacht. Darüber hinaus bestehen aber auch noch Schwächen in der angewandten Methodik, um Ressourcenaspekte angemessen zu berücksichtigen. Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt setzen sich daher für die Weiterentwicklung methodischer Grundlagen und insbesondere geeigneter Indikatoren ein.

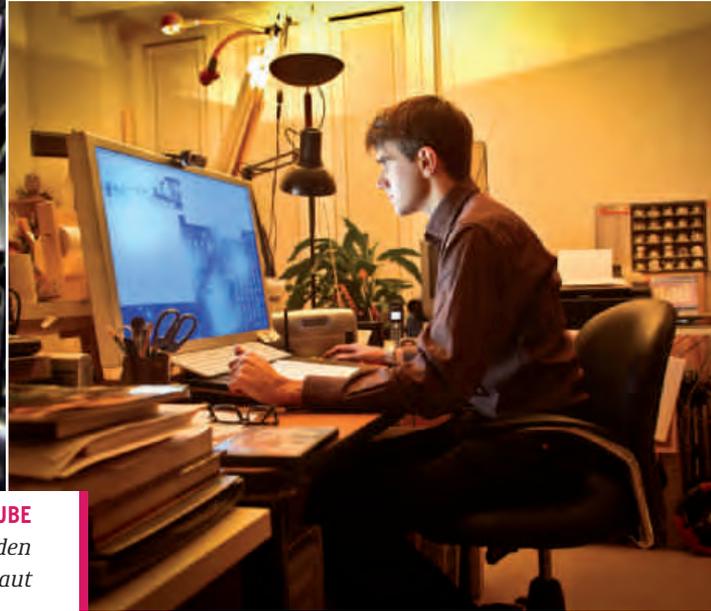
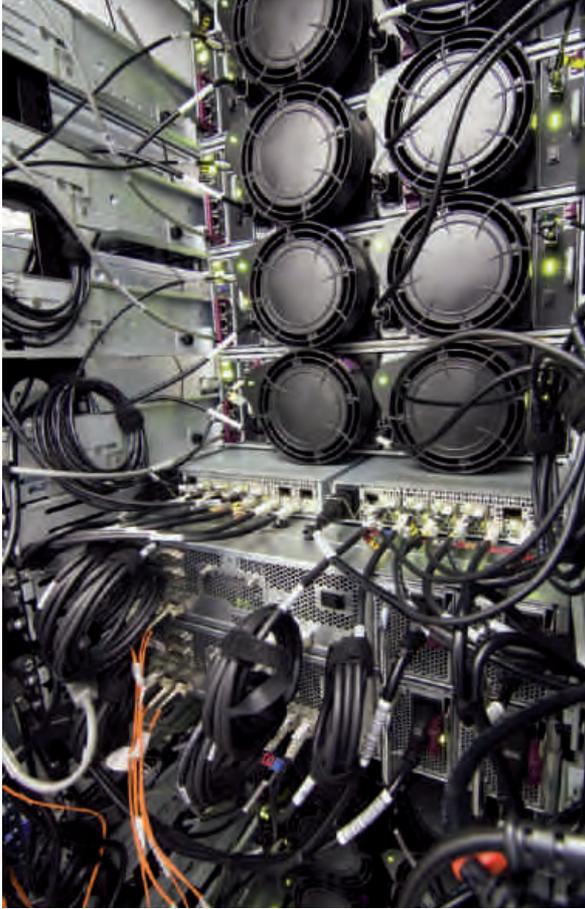
#### **MIT INNOVATIVEN PRODUKTIONSTECHNIKEN EFFIZIENZPOTENZIALE AUSSCHÖPFEN**

In den letzten Jahren haben zahlreiche Unternehmen große Anstrengungen unternommen, die Ressourceneffizienz ihrer Produktionsprozesse zu erhöhen, indem sie sowohl Energie als auch Materialien effizienter nutzen. Steigende Energie- und Rohstoffpreise haben diese Entwicklung wesentlich angetrieben. Um die Potenziale für eine weitere Steigerung der Energie- und Materialeffizienz auszunutzen, müssen bestehende Prozesse weiter optimiert und neue Techniken und Verfahren eingeführt und umgesetzt werden. Derzeit behindern und verlangsamen wirtschaftliche und technische Risiken dies noch: Sie sind Hemmnisse zur Ausschöpfung der Effizienzpotenziale.

Um die Energie- und Materialeffizienz weiter zu steigern, müssen die betroffenen Unternehmen – auch branchenübergreifend – Lösungen entwickeln und Synergieeffekte effizienter nutzen. So kann beispielsweise eine Branche die in einer anderen Branche anfallenden Reststoffe als Rohstoff nutzen, etwa Hüttensande aus der Roheisenerzeugung in der Herstellung von Zement. Auch Wärme- und Kälteverbundnetze müssen sich nicht nur auf Industrieparks beschränken, sondern können auch benachbarte Unternehmen und Siedlungen mit umfassen. Die Bundesregierung hat sich bis spätestens zum Jahr 2050 zum Ziel gesetzt, mindestens 80 Prozent des Bruttostromverbrauchs aus erneuerbaren Energiequellen zu decken. Dies schließt auch die Industrie – vor allem die energieintensiven Branchen – mit ein. Hierfür sind zukünftig vollkommen neuartige technische Lösungen notwendig. Die regenerativ erzeugte Energie muss direkt für den Produktionsprozess nutzbar sein, was folgende Vorteile hätte: Verminderung von Leitungs- und Wandlungsverlusten, die dezentrale Erzeugung von elektrischem Strom, Nähe zum eigentlichen Verbraucher und die sich daraus ergebenden Netzentlastungen.

Im Rahmen der europäischen Industrieemissionsrichtlinie werden zur Harmonisierung des Umweltstandards bei der industriellen Produktion auf europäischer Ebene die besten verfügbaren Techniken (BVT) für einzelne Branchen in sogenannten BVT-Merkblättern festgelegt. Sie dienen beispielsweise als Bewertungsgrundlage für die Genehmigung von Industrieanlagen (siehe auch Seite 70). Hierfür erarbeitet das UBA die deutschen Beiträge und begleitet den gesamten Prozess. Dabei liegt der Arbeitsschwerpunkt nicht nur auf Emissionen in Luft und Wasser, sondern auch darauf, die Material- und Energieeffizienz zu erhöhen. In einigen BVT-Merkblättern sind bereits Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz beschrieben und als beste verfügbare Techniken festgelegt. Dazu muss man auch den effizienten Einsatz und Umgang mit Ressourcen konkret als EU-weit bindende BVT-Anforderung (*BAT Conclusion*) festhalten. Auf nationaler Ebene versucht man ebenfalls, diesen Aspekt stärker in die Genehmigungspraxis einzubinden. Dazu wird momentan daran gearbeitet, die Betreibergrundpflichten des Bundes-Immissionschutzgesetzes zur Abfallvermeidung und zur Energieeffizienz um eine Pflicht zum effizienten Einsatz von Rohstoffen zu ergänzen.

Das UBA unterstützt gemeinsam mit dem Bundesumweltministerium und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) die Einführung energie- und materialeffizienter Techniken in großtechnische Anwendungen des Umweltinnovationsprogramms. So wurde beispielsweise gezeigt, dass der Einsatz flammloser Gas-Porenbrenner in der Gießereiindustrie den Energiebedarf im Vergleich zu herkömmlichen Brennern halbieren und die Produktqualität erhöhen kann. Darüber hinaus ist es



#### GOLDGRUBE

*Allein in deutschen Rechenzentren wurden  
im Jahr 2008 1,8 Tonnen Gold verbaut*

wichtig, materialintensive Herstellungsverfahren durch ressourcenschonendere Alternativen zu ersetzen. So kann beispielsweise bei der Fertigung von Titanbauteilen das Feingussverfahren sowohl den Material- als auch den Energiebedarf im Vergleich zu spanenden und fräsenden Verfahren deutlich senken.

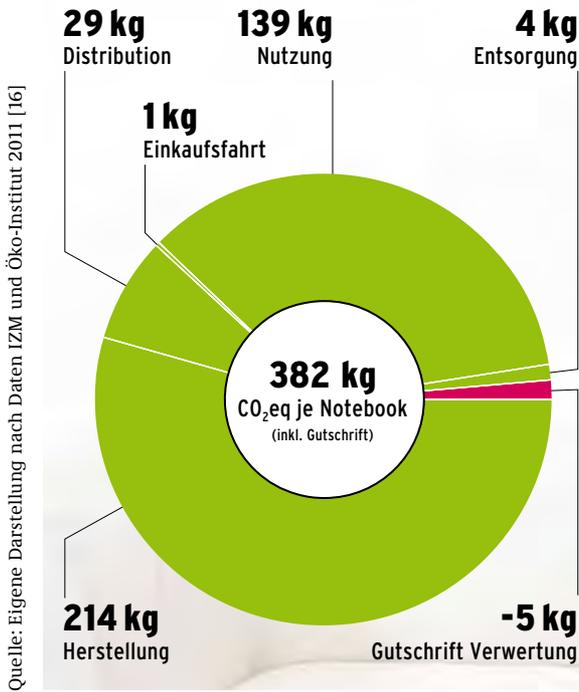
Über diese neuartigen Techniken und Verfahren sowie über die Möglichkeiten zur Förderung von Investitionsprojekten informiert das UBA beteiligte Kreise beispielsweise auf Messen, Kongressen und Fachausschüssen der Industrievereinigungen. Zudem füttert es den europäischen Informationsaustausch über beste verfügbare Techniken im Rahmen der Industrieemissionen-Richtlinie und fördert so die EU- und weltweite Verbreitung ressourcenschonenderer Produktionsverfahren. Um die Material- und Energieeffizienz zu erhöhen, müssen sich die betroffenen Unternehmen aktiv beteiligen. So können sie beispielsweise durch die Teilnahme am Umweltinnovationsprogramm, das mit der finanziellen Förderung die unternehmerischen Risiken abfedert, dazu beitragen, dieses Ziel zu erreichen.

#### **NACHHALTIGE INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK**

Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) sowie der Unterhaltungselektronik wie Notebooks und Netbooks, Fernseher, Multimedia- oder Tablet-PC, Mobiltelefone und Spielkonsolen findet man immer häufiger in Wohn- und

Kinderzimmern, Akten- und Schultaschen sowie in Büros und Gewerbe. Hinzu kommen auch Rechenzentren und Infrastruktur, um sie untereinander oder mit dem Internet zu verbinden. Obwohl einzelne Geräte immer energieeffizienter werden, steigt der Gesamtenergieverbrauch ihrer Nutzung. So lag der Stromverbrauch für IKT im Jahr 2007 bei über 55 Terawattstunden (TWh) oder 10,5 Prozent des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland [14]. Computer und Co. belasten die Umwelt nicht nur durch ihre Nutzung. Auch die Herstellung verbraucht Ressourcen wie Wasser, Energie, Edelmetalle und Metalle der Seltenen Erden. Allein in deutschen Rechenzentren waren im Jahr 2008 1,8 Tonnen Gold verbaut – ein Wert von rund 43 Millionen Euro [15].

In Zukunft wird der Verbrauch an Energie, Metallen und anderen Rohstoffen in der Herstellung der IKT stärker in den Mittelpunkt rücken müssen. Viele Rohstoffe werden knapp und teurer und ihre Gewinnung belastet die Umwelt. Dabei geht es nicht nur um den Klimaschutz. Ausgediente Computer, Mobiltelefone und andere Geräte werden getrennt erfasst und insbesondere metall- und kunststoffhaltige Komponenten einer hochwertigen Verwertung zugeführt. Durch Optimierung der Erfassungs- und Separierungssysteme sollte auch die Rückgewinnung wertvoller Edel- und Sondermetalle gesteigert werden.



Die Produktion von IKT-Produkten verbraucht nicht nur Rohstoffe, sie belastet auch das Klima. Die Herstellung eines Notebooks verursacht Emissionen von rund 214 Kilogramm Kohlendioxid-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>(eq)) – also mehr als der Hälfte der Treibhausgasemissionen des gesamten Lebenszyklus [16]. Auch wenn ein neues Gerät energieeffizienter ist als ein älteres, ist der Aufwand der Herstellung so groß, dass ihn Einsparungen während der Nutzung in realistischen Zeiträumen nicht auffangen. Über das hochwertige Recycling hinaus ist daher die Lebensdauer der Geräte ein wichtiger Ansatzpunkt. Wer ein Gerät länger nutzt, verbraucht keine Rohstoffe für ein neues Gerät und vermeidet weiteren Energieverbrauch und Emissionen des Herstellungsprozesses. Damit sinkt die anteilige Umweltbelastung der Herstellung.

Auch die Hersteller sind gefragt. Ob ein Gerät langlebig und gut reparierbar ist, entscheidet wesentlich das Produktdesign. Verschiedene Produzenten von IKT-Produkten nehmen gebrauchte Geräte zurück, demontieren und reparieren sie, sodass sie ganz oder teilweise wiederverwendet werden können. Was nicht mehr nutzbar ist, geht in die hochwertige Verwertung. Für Notebooks und andere IKT-Geräte mit dem „Blauen Engel“ (siehe Kasten Seite 51) müssen die Hersteller mindestens fünf Jahre lang Ersatzteile bereitstellen. Auch diese Maßnahme verlängert die Lebensdauer. Hier kann die weitere Standardisierung von Komponenten, Schnittstellen und Zubehör helfen. Ein erster Schritt wurde 2011 mit dem einheitlichen Ladestecker für Smartphones geschaffen. Weitere Komponenten wie Ladegeräte, Akkus und Bildschirme für Notebooks und andere mobile Geräte müssen folgen.

Die IKT bietet aber auch Chancen. Geschickte Nutzung von IKT-Systemen hilft, den Energieverbrauch zu senken und mit Rohstoffen sparsam umzugehen. Das Bundesumweltministerium und das UBA fördern den erstmaligen Einsatz innovativer, ressourcenschonender oder energiesparender IKT im Förderschwerpunkt „Green IT“ des Umweltinnovationsprogramms. Informationen dazu bietet unter anderem das vom Umweltministerium und UBA geförderte Green-IT-Beratungsbüro beim Bundesverband Informationstechnik, Telekommunikation und Neue Medien (BITKOM).

#### EFFIZIENZ IM BAUSEKTOR

Der Bausektor gehört in Deutschland zu den rohstoffintensivsten Wirtschaftsbereichen. Allein im Hoch- und Tiefbaubestand lagern in Deutschland rund 60 Mrd. Tonnen mineralischer Baustoffe. Jedes Jahr kommen weit über 500 Mio. Tonnen mineralischer Rohstoffe hinzu. Außerdem werden unter anderem noch etwa 35 Mio. Tonnen in Deutschland produzierter Zement und 5,5 Mio. Tonnen Baustahl eingesetzt, deren Produktion in erheblichem Umfang Ressourcen verbraucht. Bei Baumaßnahmen sowie Abbruch oder Rückbau am Ende des Lebenszyklus von Gebäuden und Infrastrukturen werden jährlich 200 Mio. Tonnen an Bau- und Abbruchabfällen erzeugt – sie enthalten viele potenzielle Sekundärrohstoffe. Hinzu kommen die mit Bauen und Wohnen direkt assoziierten Energieverbräuche, die etwa 30 Prozent des deutschen Gesamtverbrauchs ausmachen, und die daraus resultierenden Auswirkungen auf das globale Klima. Nicht zuletzt nimmt die Nutzung von Flächen ungeachtet der damit verbundenen umweltschutzbezogenen Probleme immer noch stark zu.

Große ungenutzte Potenziale, den Ressourcenverbrauch zu vermindern, bestehen bei Errichtung eines Gebäudes. Der Energieverbrauch der Gebäude während der Nutzungsphase muss drastisch reduziert werden, um die Klimaschutzziele einhalten zu können. Zur Nachhaltigkeit gehört auch, die Schadstoffgehalte und -emissionen über den gesamten Lebensweg des Gebäudes – von der Herstellung der Bauprodukte über die Nutzung bis zur Entsorgung – zu verringern. Um diese Umweltauswirkungen richtig beurteilen zu können, braucht es verlässliche Instrumente. Während der „Blaue Engel“ dem Verbraucher Hilfestellung vor allem bei der Auswahl von Materialien zum Innenausbau und zur Renovierung gibt, bieten die Umweltproduktdeklarationen für Bauprodukte (EPD) besonders geeignete Informationen, die Nachhaltigkeit eines Gebäudes zu beurteilen. Verschiedene Hersteller von Bauprodukten haben die Umweltproduktdeklarationen freiwillig als Kommunikationsinstrument entwickelt. Sie schaffen Transparenz über Ressourcenverbräuche, Umwelt- und Gesundheitsbelastungen.

Einen neuen Weg, den freien Warenverkehr mit Bauprodukten im europäischen Binnenmarkt ressourcenschonend zu gestalten, eröffnet eine ab Juli 2013 geltende EU-Verordnung. Sie enthält Ressourcenschonung als eine Grundanforderung für Bauwerke. Von nun an können die Mitgliedstaaten in ihren Rechtsvorschriften verlangen, dass die verwendeten Bauprodukte wichtige Kriterien für die Ressourcenschonung einhalten. Die EU-Verordnung ermöglicht Anforderungen wie: Das Bau-

werk ist ressourcenschonend zu planen, zu bauen und zurückzubauen. Dabei sind insbesondere zu berücksichtigen:

- Sicherstellung der Recyclbarkeit des Bauwerks, seiner Materialien und Teile nach Rückbau,
- hinreichende Dauerhaftigkeit der verwendeten Produkte,
- Verwendung umweltverträglicher Recyclingmaterialien im Bauwerk.

Die Mitgliedstaaten können zum Beispiel recycelbare Verbundkomponenten oder eine Kennzeichnung gefährlicher Stoffe verlangen, um diese beim Rückbau aussortieren zu können. Danach wird die Europäische Kommission sich darum kümmern, dass Angaben zu dieser Leistungsanforderung in die CE-Kennzeichnung der Bauprodukte im Binnenmarkt aufgenommen werden. Hier können zum Beispiel Vorschriften für die öffentliche Beschaffung eine wichtige Vorreiterfunktion übernehmen.



#### BAUSEKTOR

*Im deutschen Hoch- und Tiefbau lagern 60 Mrd. Tonnen mineralischer Baustoffe*





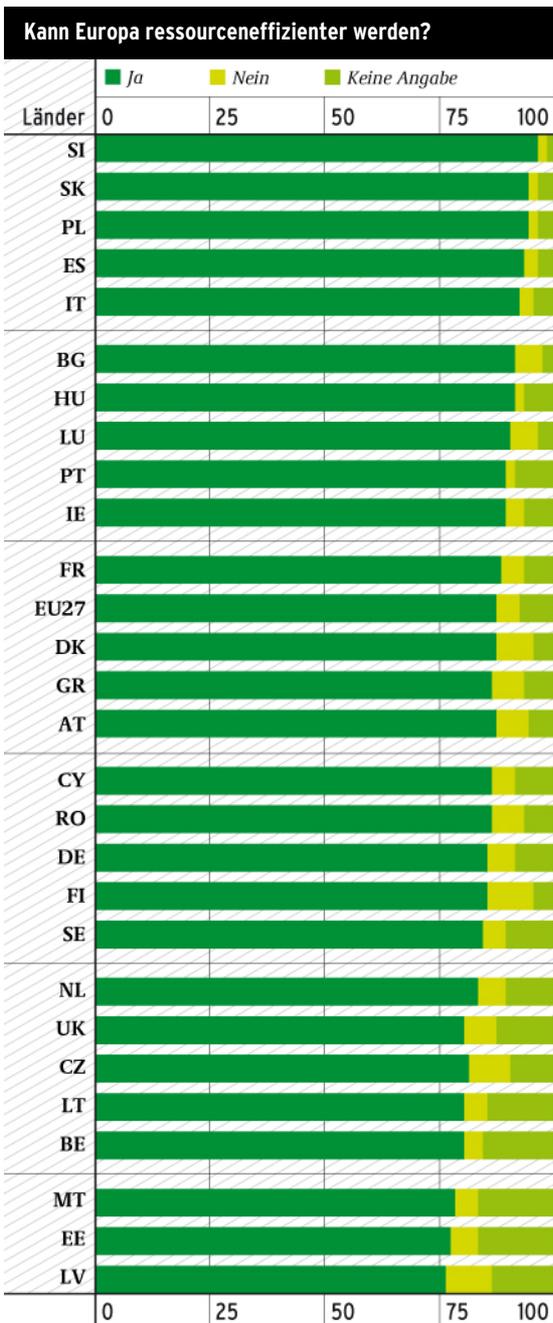
## OHNE DIE VERBRAUCHER GEHT ES NICHT

Eine erfolgreiche Ressourcenpolitik ist ohne das aktive Einbeziehen der Bürgerinnen und Bürger nicht möglich. Mit ihren unzähligen Alltagshandlungen entscheiden sie mit, ob sich Ressourcenschonung als Grundorientierung des Wirtschaftens und Handelns durchsetzen wird oder nicht. Grundsätzlich erkennen Verbraucherinnen und Verbraucher die Notwendigkeit für mehr Ressourceneffizienz in Deutschland und Europa: In einer Umfrage im Auftrag der Europäischen Kommission vom März 2011 geben fast neun von zehn Befragten an, dass Europa die natürlichen Ressourcen effizienter nutzen könne [17]. Die deutsche Bevölkerung liegt mit 85 Prozent dabei fast auf EU-Durchschnitt von 87 Prozent (siehe Abbildung links).

Aktuelle Umfragen des UBA zeigen aber auch, dass – im Gegensatz zum Klimaschutz (Reduktion klimaschädlicher Emissionen, Ausbau erneuerbarer Energien, Energieeffizienz) – den umweltpolitischen Handlungsfeldern der Ressourcenschonung (wie Recycling, Bodenschutz) ein etwas geringerer Stellenwert beigemessen wird [18]. Aus der Umweltbewusstseinsstudie geht außerdem hervor, dass die Bevölkerung große Potenziale für Umweltschutzmaßnahmen bei allen Akteuren wie Industrie, Staat und Verbrauchern sieht. Bemerkenswert ist dabei jedoch, wie unterschiedlich die Einflussmöglichkeiten von Industrie, Staat und Verbrauchern eingeschätzt werden. Das größte Potenzial zur Umsetzung ressourcenschonender Maßnahmen sieht die Bevölkerung bei der Industrie (Energieversorgung, Automobilbranche). Danach folgt der Staat (strengere Gesetzgebung, Subventionsabbau), während eigene Beiträge (Konsumverhalten) deutlich geringer bemessen werden. 68 Prozent der befragten Bürgerinnen und Bürger sind der Auffassung, dass im eigenen Konsumverhalten sehr große beziehungsweise große Potenziale für Umweltschutzmaßnahmen liegen (siehe Abbildung rechts).

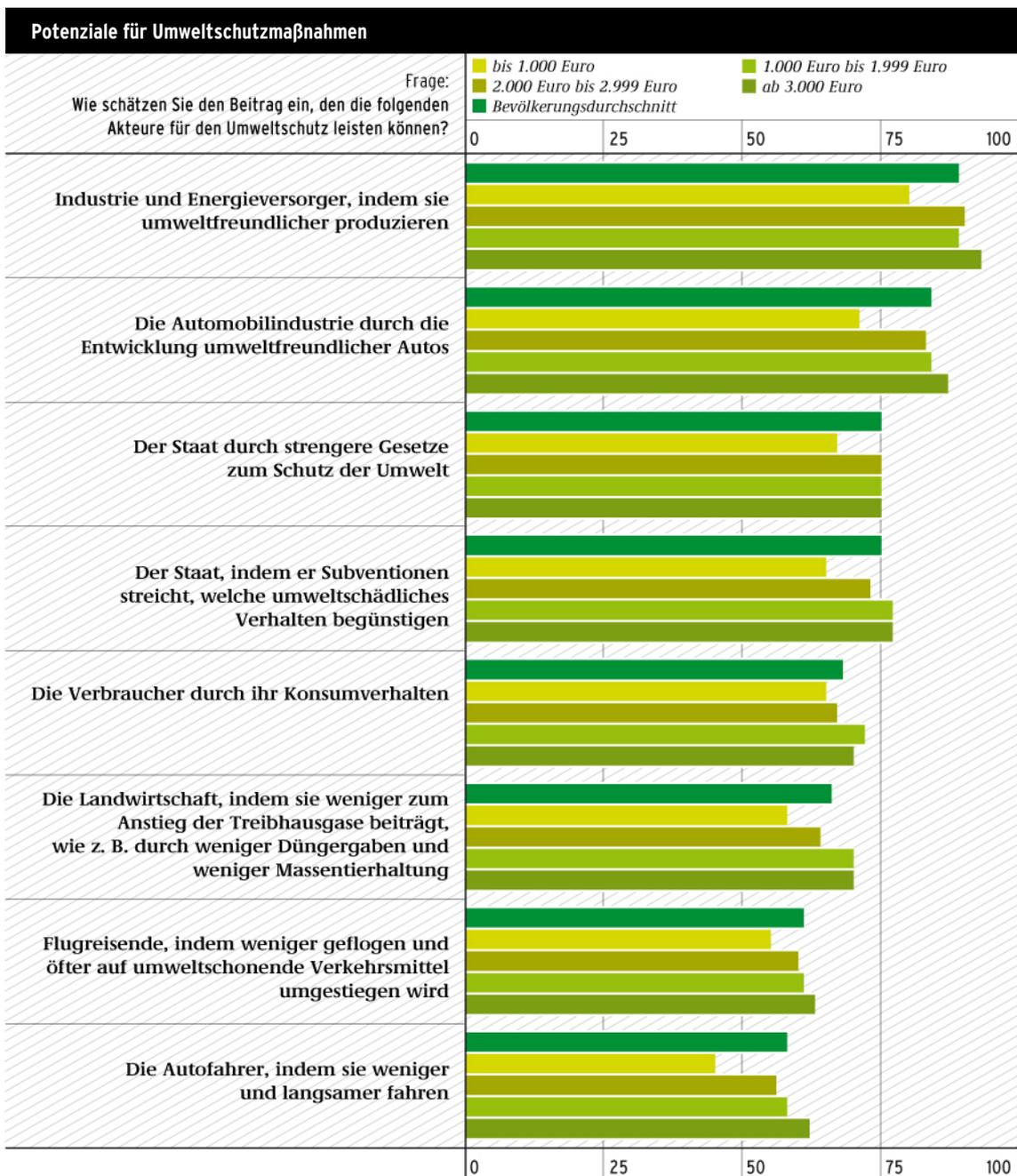
Eine ähnliche Einschätzung zeigt die bereits erwähnte Befragung der Europäischen Kommission. Danach sind im europäischen Durchschnitt vier

Quelle: Europäische Kommission 2011 [17]



von zehn Bürgerinnen und Bürger der Auffassung, dass ihre Haushalte nicht zu viel Abfall erzeugen. Offenbar betrachtet dieser Teil der Bevölkerung die eigene Handlungsnotwendigkeit für mehr Ressourcenschonung als gering oder nachrangig. Gleichzeitig messen Verbraucherinnen und Verbraucher den Effizienzsteigerungen durch technische Innovationen wie durch materialsparende oder besser recyclebare/wiedernutzbare Produkte eine gestiegene Bedeutung zu. Neben dieser hohen Affinität für technische Effizienzsteigerungen steigt in Deutschland und Europa die Bereitschaft einer kulturellen Erneuerung, die Potenziale für eine Ressourcenschonung durch soziale Innovationen realisieren kann. So findet beispielsweise jeder vierte Autofahrer Carsharing (siehe Kasten Seite 53) attraktiv. Auch begrüßt die Hälfte der Befragten die Möglichkeit, Gegenstände des täglichen Bedarfs im unmittelbaren Wohnumfeld auszuleihen [18]. 68 Prozent der EU-Bürger sind bereit, Secondhand-

produkte (wie Textilien, Haushaltsgeräte, Möbel) zu kaufen, 86 Prozent können sich den Kauf von Produkten aus Recyclingmaterial vorstellen, wobei der Wert für die deutsche Bevölkerung sogar bei 91 Prozent liegt. Gleichzeitig werden aber auch zentrale Barrieren deutlich, die im Zusammenhang mit dem Nicht-Kauf von Secondhandprodukten oder Recyclingprodukten gesehen werden. Dazu zählen Qualitätsunsicherheiten, gesundheitliche Risiken oder Aspekte der Produktsicherheit [17]. Trotz dieser Entwicklungen besitzen die privaten Haushalte in Deutschland durch zunehmenden Wohlstand und Konsum in den letzten 35 Jahren so viele Gebrauchsgüter wie nie [19]. Die notwendige Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wohlstandswachstum hat also bisher nicht stattgefunden. Eine Orientierungshilfe für den Verbraucher ist das Umweltzeichen „Blauer Engel“, das grundsätzlich auch den Ressourcenverbrauch eines Produktes berücksichtigt.



## VERÄNDERUNG IN DEN KÖPFEN - DEN WERTEWANDEL NUTZEN

Ins Zentrum einer ökologischen Verbraucherpolitik rückt die Frage, wie man nachhaltige und ressourceneffiziente Konsummuster und Lebensstile fördern kann. Die Veränderung bestehender Konsumtrends ist eine große, wenn nicht sogar die größte Herausforderung für eine erfolgreiche Ressourcenpolitik. Um die notwendigen strukturellen Weichenstellungen für eine ressourcenleichte Lebens- und Wirtschaftsweise in Deutschland und Europa (im Sinne der EU-2020-Strategie) voranzubringen, gilt es, das umweltpolitische Instrumentarium weiterzuentwickeln und die Wirtschafts-, Sozial- und Umweltpolitik zu integrieren.

Umweltpolitik wird somit zur aktiven Gesellschaftspolitik, die den notwendigen sozialen und kulturellen Wandel zu mehr Nachhaltigkeit fördert. Sie kann Anknüpfungspunkte für soziale Integration schaffen [20] und regionale wie auch lokale Ökonomien stärken und revitalisieren. Neue Geschäftsmodelle, Dienstleistungen und soziale Netzwerke zur kollektiven Nutzung und Weiternutzung von Produkten können so entstehen und durch eine gesellschaftsgetragene Diskussion über ressourcenleichtere Konsum- und Lebensstile an Bedeutung gewinnen.

Die zentralen Strategien zur Steigerung von Materialeffizienz und zur Ressourcenschonung beim privaten Konsum [21] beschreiben hierbei Hand-

lungsoptionen, die den Wirkungskreis von Verbrauchern und Verbraucherinnen zu einem ressourcenleichteren Konsum über den gesamten Produktlebenszyklus umfassen. Die Strategien „Nutzen ohne Eigentum“, „Länger nutzen“ sowie „Rückführen“ fördern individuelles und kollektives Konsumentenverhalten mit dem Ziel, die strukturellen und kulturellen Voraussetzungen für die Etablierung eines neuen Wohlstandsbegriffs zu schaffen. Ergänzt durch weitergehende Recyclingmaßnahmen sind diese Strategien auch ein wichtiger Baustein in der europaweiten Entwicklung nationaler Abfallvermeidungsprogramme.

Menschen treffen auf die Anforderungen der Ressourcenschonung in ihren unterschiedlichen Rollen und Kontexten mit jeweils verschiedenen Handlungsmöglichkeiten: als politische und unternehmerische Führungskräfte, als Mitarbeiter in Unternehmen und Organisationen, als Bürger und Konsumenten. Damit Akteure ihre Entscheidungsspielräume nutzen können, benötigen sie Orientierungs- und Handlungswissen zu Umwelt- und Ressourcenschutz sowie die Motivation, dieses Wissen anzuwenden. Erfolgreiche Ressourcenpolitik muss daher klar und zielgruppenspezifisch darüber informieren, wie man Ressourcen schonet sowie Mitgestaltungsmöglichkeiten für Bürgerinnen und Bürger schaffen. Hierbei lässt sich gut an das öffentliche Bewusstsein für Umweltschutzthemen anknüpfen und es um wichtige Aspekte der Ressourcenschonung erweitern. Wesentlich ist dabei

### Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz

Phase	Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz
Bedarfe hinterfragen	Reflektion des eigenen Bedarfs Informationssuche und -beschaffung sowie -bewertung Konsumdiskurse in sozialen Arenen
Bewusst kaufen	Ressourcenleichte Produkte Kleine und/oder leichte Produkte Multifunktionale und/oder modular nutzbare Produkte Langlebige Produkte (zeitloses Design, robust, reparaturfähig) Wieder- und weitergenutzte sowie Recyclingprodukte Verpackungsminimierung
Sparsam verbrauchen	Ressourcensparen in der Nutzungsphase Abfallvermeidung
Nutzen ohne Eigentum	Mieten (wie Leasing von Kopierern), Sharing (wie Carsharing) oder Pooling (wie Waschsalons) Privates Leihen, Teilen und Tauschen (wie Werkzeuge, Fahrgemeinschaften) Virtualisierung (elektronische Daten statt Produkte wie Musik-CDs, Bücher)
Länger nutzen	Produkte wiederverwenden Produkte selbst instandhalten (wie pflegen oder säubern) und reparieren Wartungs- und Reparaturdienstleistungen nutzen
Rückführen	Recyclingfähige und noch nutzbare Produkte zurück-/weitergeben

Quelle: Kristof/Süßbauer 2009 [21]

die Konzentration auf die prioritären Handlungsoptionen des Einzelnen.

Neben allgemeinen Informationen zur Ressourcenschonung sowie zur besseren Orientierung für effizientere Produkte ist es wichtig, den Gedanken des Ressourcenschutzes in Erziehungs- und Bildungsprozesse zu integrieren. Grundlagen und Eckpunkte einer Bildungsstrategie für Ressourceneffizienz sind bereits im Auftrag des UBA erarbeitet worden [22]. Um den Verbrauchern die Orientierung zu erleichtern, wurde zum Beispiel der „Blaue Engel“ zum nationalen Ressourceneffizienzzeichen (siehe Kasten) weiterentwickelt. Auch die Verbraucheraufklärung unter Berücksichtigung der neuen sozialen Medien (Verbraucherberatung 2.0) und des E-Commerce (elektronischer Handel) wird verbessert. Als Baustein einer modernen, zeitgemäßen Verbraucheraufklärung erstellt das UBA momentan ein Orientierungsportal für nachhaltige Lebensstile. Daneben schließt es strategische Al-



## DER „BLAUE ENGEL“ - KLARE ORIENTIERUNG FÜR VERBRAUCHER

Seit 1978 wird der „Blaue Engel“ an Produkte vergeben, die sich durch die Einhaltung ökologischer Kriterien von vergleichbaren Produkten unterscheiden. Neben den Vergabegrundlagen Gesundheits-, Wasser- oder Klimaschutz existiert eine weitere Kategorie „Schützt die Ressourcen“. Hier finden sich vor allem Produkte, die aus Sekundärrohstoffen hergestellt werden: neben den Klassikern wie Recyclingpapier auch wiederaufbereitete Tonerkartuschen oder Stoffhandtuchspender. Sie tragen dazu bei, den Rohstoffeinsatz generell zu senken. Um den „Blauen Engel“ zukünftig stärker als Ressourceneffizienzzeichen auszubauen, sollten verstärkt Produkte aus ressourcenschonenden Werkstoffen und aus Sekundärrohstoffen, Produkte mit verlängerter Lebensdauer (Langlebigkeit, Wiederverwendung, Reparaturfähigkeit), ressourceneffiziente Dienstleistungen sowie Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen in sein Portfolio aufgenommen werden.

lianzen mit Akteuren aus dem E-Commerce, um zu erreichen, dass umweltbezogene Produktinformationen stärker in Internetshops, Preissuchmaschinen und webbasierte Werbung integriert werden [23]. Das UBA wird sich auch zukünftig intensiv mit diesen Handlungsansätzen beschäftigen, damit eine nationale Ressourceneffizienzpolitik die damit verbundenen Potenziale und zusätzlichen Wohlfahrtseffekte erschließt [24].

## CARSHARING - AUTO NUTZEN STATT BESITZEN

Autos sind de facto weniger Fahrzeuge als „Stehzeuge“. Rund 23 Stunden am Tag parkt ein Auto im Durchschnitt - neben den vielen Materialien für die Produktion wird unnötig viel Parkfläche beansprucht. Das erfolgreiche Dienstleistungsangebot Carsharing zeigt, dass durch die gemeinschaftliche Autonutzung Ressourcen in beachtlichem Umfang eingespart werden können. Nach Schätzungen des Bundesverbands CarSharing ersetzt ein Carsharingauto rund vier normale Autos. Zusätzlich führt Carsharing zu einem bewussteren Umgang mit dem Fahrzeug, da es seltener, der öffentliche Verkehr hingegen häufiger benutzt wird.

Dank moderner Kommunikationstechniken ist das Prinzip denkbar einfach: Nach einer einmaligen Registrierung können Carsharingnutzer jederzeit ein Auto für einen bestimmten Zeitraum buchen und mit ihrer Kundenkarte auf festgelegten Stellplätzen einsteigen. Die ersten Carsharingangebote wurden - mit Schlüsseltresoren an den Stellplätzen - Ende der 1980er-Jahre in der Schweiz und in Deutschland durch kleine Vereine und Genossenschaften gestartet. Heute gibt es sie in Deutschland in über 300 Städten, wobei sich 190.000 Nutzer rund 5.000 Autos teilen. Inzwischen beteiligen sich auch die traditionellen Mobilitätsdienstleister und Autohersteller an diesem Markt. Während die Deutsche Bahn mit ihrem Angebot „Flinkster“ ebenso wie viele Verkehrsbetriebe mit bestehenden Carsharingorganisationen kooperiert, erproben die großen Autohersteller eigene Modelle. Nachdem Daimler 2008 mit „Car2go“ in Ulm startete, setzen auch BMW („DriveNow“) in München und Volkswagen („Quicar“) in Hannover eigene Projekte um. Besonders interessant ist Carsharing auch für Unternehmensfuhrparks, da sie neben Ressourcen auch Kosten sparen können. Der Bundesverband CarSharing hat hierzu mit Unterstützung des Bundesumweltministeriums und des UBA die Broschüre „CarSharing für gewerbliche Kunden“ herausgegeben.

## RESSOURCENPOLITIK – EIN RESSORTÜBERGREIFENDES HANDLUNGSFELD

Ressourcen(effizienz)politik ist ein anspruchsvolles und ressortübergreifendes Handlungsfeld, in dem mit ProgRes – dem Deutschen Ressourceneffizienzprogramm – auf nationaler Ebene und mit dem Fahrplan für ein ressourceneffizientes Europa auf EU-Ebene der Startschuss gefallen ist. Eine innovative zukunftsfähige Ressourcenpolitik muss nicht vollständig neu erfunden werden, sie kann trotz größerer Komplexität aus anderen Politikbereichen lernen und die Erfahrungen anderer Länder nutzen. Allein wegen des erschließbaren, erheblich höheren Kostenentlastungseffektes ist Ressourceneffizienzpolitik, die Strategien für abiotische und biotische Materialien, Wasser, Energie und Fläche verbindet, das kommende politische Großthema der Umwelt- und Wirtschaftspolitik.

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Herausforderungen muss Ressourceneffizienzpolitik den Umbau in ein ressourcenleichteres nachhaltiges Wirtschaftssystem mit entsprechenden Produktionsstrukturen und Produkten voranbringen. Verlässlichkeit durch politischen Konsens und wissenschaftlich fundierte Minderungsziele dienen dabei der Orientierung für langfristig wirkende Investitionsentscheidungen in Produktions- und Infrastrukturen mit langen Investitionszyklen (zum Beispiel Mobilitäts- und Energiesysteme).

Ressourcenpolitik ist eine ressortübergreifende Aufgabe, die im internationalen Kontext gesehen

werden und globale Aspekte einbeziehen muss. Als rohstoffarmes Land ist Deutschland sowohl ein großer Importeur von Ressourcen als auch ein bedeutender Exporteur von Lösungen zur Ressourceneffizienz von Produkten und Dienstleistungen. Die globalen Aspekte werden auf der physischen Ebene über die Auswirkungen von Rohstoffimporten (wie die Verlagerung der Umweltwirkungen auf die Zulieferländer) oder die internationalen Abfallexporte sichtbar. Dabei ist das Mitgestalten der Leitinitiative für Ressourceneffizienz innerhalb der Europa-2020-Strategie, die die Europäische Kommission im Januar 2011 startete, und des darauf aufsetzenden Fahrplans vom Herbst 2011 ebenso bedeutsam wie der Technik- und Know-how-Transfer auf gleicher Augenhöhe mit Schwellen- und Entwicklungsländern.

Um aus der Vielzahl möglicher Instrumente die richtigen auszuwählen, muss die Politik ihre Ziele in Kernstrategien bündeln. Ressourcenpolitik bewegt sich jedoch in einem hochkomplexen Feld mit vielfältigen Akteuren und Ansatzpunkten, daher kann es nicht nur ein Politikinstrument geben. Stattdessen gilt es, einen sorgfältig zusammengestellten „Policy Mix“ mit passgenauen Instrumenten zu wählen. So lassen sich vielfältige Hemmnisse erkennen, verschiedene Zielgruppen ansprechen und unterschiedliche Akteure als Unterstützer einbinden. Priorisierte Kernstrategien dienen außerdem der ressortübergreifenden Orientierung und der öffentlichen Vermittlung dieses neuen Politikfeldes. Die Kernstrategien und die für ihre Umsetzung ausgewählten Instrumente werden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

### Kernstrategien und die mit ihnen verfolgten Ziele

#### Ansetzen am Veränderungsprozess

„Aktivierende Institutionen – Schlüssel für eine erfolgreiche Diffusion“

Bestehendes forciert einsetzen

„Innovationen eine Richtung geben – nachhaltige Zukunftsmärkte für Ressourceneffizienzlösungen“

Neues entwickeln

„Veränderung in den Köpfen“

Thema setzen und Qualifikation schaffen

#### Ansetzen an den Märkten

„Ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen“

Angebot schaffen

„Staat als Nachfrager von Produkten und Dienstleistungen und Bereitsteller von Infrastrukturen“

Nachfrage schaffen

„Anreize für Ressourceneffizienzlösungen über die Finanzwirtschaft“

Finanzierung sichern

Quelle: Weiterentwickelt auf Basis von Kristof / Hennicke 2010 [26]

- Die Kernstrategien sollen die zentralen Zielgruppen und deren für die Ressourceneffizienz wichtigen Aktionsfelder ansprechen.
- Der ausgewählte „Policy Mix“ soll sich insgesamt selbst finanzieren, um weitere Belastungen der öffentlichen Haushalte zu vermeiden.
- Die den Kernstrategien für die Einstiegsphase zugeordneten Instrumente sollen an Bestehendem anknüpfen, damit die Umsetzung zügig und möglichst einfach gelingen kann. Dazu sollen vorhandene Strukturen ausgebaut (so weit sie Ressourceneffizienz bereits enthalten) oder für das Thema geöffnet werden.
- Die Zahl der ausgewählten Instrumente muss überschaubar bleiben. Außerdem sollen Instrumente eingesetzt werden, die an den zentralen Stellschrauben ansetzen.
- Die Instrumente sollen auch so ausgewählt werden, dass sie flexibel an neue Entwicklungen und sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst werden können oder gut mit anderen, später notwendigen Instrumenten kombinierbar sind. Sobald das Ressourcenthema breiter etabliert ist und sich erste Erfolge zeigen, müssen auch der „Policy Mix“ und die Politikinstrumente weiterentwickelt werden.

Diese Empfehlungen basieren auf umfangreichen Politikanalysen des Forschungsprojekts MaRess [26] sowie den ausführlichen rechtlichen Analysen von Instrumenten zur Ressourcenschonung [27]. Die Abbildung (siehe Seite 52) gibt einen ersten Überblick über die sechs vorgeschlagenen Kernstrategien und vermittelt einen Eindruck, welche Ziele damit verfolgt werden sollen. Drei der Kernstrategien setzen an unterschiedlichen Stellen von Veränderungsprozessen an. Die anderen sprechen die Produkt-, Dienstleistungs- und Finanzmärkte mit den jeweiligen Akteuren an.

Die Kernstrategie „Aktivierende Institutionen – Schlüssel für eine erfolgreiche Diffusion“ macht deutlich, dass wir leistungsfähige Institutionen brauchen, die Ressourceneffizienz fördern und stärker verbreiten. Um das zu erreichen, ist der Einsatz von drei aufeinander abgestimmten Instrumenten erforderlich. Die Grundvoraussetzung ist die Ausweitung und bessere Vernetzung der bestehenden bundesweiten Impuls- und Beratungsprogramme rund um das Thema Ressourceneffizienz (etwa KfW-Programm, Go Inno). Das setzt auch voraus, dass sich die Akteure, die diese Programme tragen, intensiv vernetzen. Guter Ansatzpunkt dafür ist der von demea, Effizienz-Agentur NRW und Wuppertal-Institut initiierte Kompetenzpool Ressourceneffizienz, in dem zusammen mit ZRE, RKW, DIHK Synergieeffekte erschlossen werden. Perspektivisch wäre auch zu überlegen, die Aktivitäten in einer Agentur Ressourceneffizienz zu bündeln, die auf Bundesebene Dreh- und Angelpunkt für alle Verbreitungsaktivitäten in und für Unternehmen sowie die Programmbündelung, -evaluierung und -weiterentwicklung wäre. Impuls- und

Beratungsprogramme allein reichen jedoch nicht aus, um Ressourceneffizienz stärker in die Praxis gerade kleiner und mittlerer Unternehmen zu bringen. Institutionen, die als „Kümmerer“ fungieren, sind wichtig wegen ihrer Initiierungs- sowie Unterstützungsfunktion und zur konkreten Umsetzungsbegleitung vor Ort. Indem man den bestehenden Beraterpool mit Hilfe der aktiven Akteure (etwa ZRE, demea, Effizienz-Agentur NRW, PIUS-Netzwerk) erweitert und qualifiziert sowie regionale Strukturen und Netzwerke unterstützt, kann man den Unternehmen das nötige technische Know-how und ausreichende Hilfe bei der Umsetzung bieten. Damit liegt ein Maßnahmenpaket vor, mit dem sich existierende wirtschaftliche Ressourceneffizienztechniken und -lösungen schneller verteilen und nutzen lassen – was die Kosten senkt.

Mit der Kernstrategie „Innovationen eine Richtung geben – nachhaltige Zukunftsmärkte für Ressourceneffizienzlösungen“ kann die Politik dafür sorgen, dass Innovationen einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz leisten. Die Innovationsförderung in Deutschland muss sich stärker auf die Erhöhung der Ressourceneffizienz konzentrieren. So können in einem ersten Schritt in bereits existierenden Förderprogrammen des Bundesumweltministeriums und des Bundesforschungsministeriums neue Förderschwerpunkte rund um dieses Thema etabliert und beworben werden. Da Venture Capital (Risikokapital) eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Verbreitung im Markt ist, sollte die Politik – zum Beispiel in Zusammenarbeit mit der KfW – Unternehmen außerdem den vereinfachten Zugang zu Finanzmitteln ermöglichen.

Langfristig betrachtet, hat die Kernstrategie „Veränderung in den Köpfen“ das größte Potenzial, die Forderung nach hoher Ressourceneffizienz voranzubringen. Durch Qualifizierungen in Unternehmen, durch eine stärkere Berücksichtigung des Themas Ressourceneffizienz in Studium sowie Ausbildung sowie eine bessere Vernetzung der einschlägigen Universitäten und Forschungseinrichtungen untereinander und mit den Anwendern können Ressourceneffizienzsteigerungen erfolgreicher und mit weniger Aufwand umgesetzt werden. Eine wesentliche Rolle spielt auch das 2007 vom Bundesumweltministerium ins Leben gerufene „Netzwerk Ressourceneffizienz“. Eine Kampagne mit der Zielgruppe „(zukünftige) politische und gesellschaftliche Entscheidungsträger“ sollte, parallel zur Kampagne, die ZRE schon für die Zielgruppe „Unternehmen“ gestartet hat, aufgelegt werden. Dafür wurde bereits eine Konzeption entwickelt [28]. Parallel zu den beiden Kampagnen kann das Netzwerk Ressourceneffizienz Spitzenvertreter aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Medien in einer Art „konzertierten Aktion“ mit dem Ziel zusammenführen, das Thema Ressourceneffizienz in die breite gesellschaftliche Diskussion zu bringen.

Die Kernstrategie „Ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen“ unterstützt Produzenten und Dienstleister dabei, ressourcensparende Produkte und Angebote auf den Markt zu bringen. Diese sollen dynamisierte Standards erfüllen und Kennzeichnungspflichten nachkommen. Darüber hinaus empfiehlt das UBA die Unterstützung eines an Ressourceneffizienz orientierten Produktdesigns. Auf diese Weise werden besonders ressourceneffiziente Produkte gefördert und das verbrauchsintensive „Dirty End“ schrittweise vom Markt genommen.

## ÖFFENTLICHE HAND: MIT GUTEM BEISPIEL VORANGEHEN

Die Kernstrategie „Staat als Nachfrager von Produkten und Dienstleistungen und Bereitsteller von Infrastrukturen“ richtet den Fokus auf die staatliche Nachfrage mit ihrem beträchtlichen Marktvolumen. Wenn der Staat mehr ressourceneffizientere Produkte und Dienstleistungen beschafft, kann er zielgerichtet Signale für die Marktentwicklung setzen und somit Entwicklungs- und Vermarktungsrisiken senken. Aus diesem Grund hat die Kernstrategie folgende Ansatzpunkte: Die schon in der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen“ [29] geforderte Lebenszykluskostenanalyse soll als generelles und verpflichtendes Beschaffungskriterium zur Auswahl des wirtschaftlichsten Angebots etabliert werden. Darüber hinaus verstärkt eine Bündelung der staatlichen

Nachfrage nach innovativen Produkten einen Anreiz für Unternehmen, besonders ressourceneffiziente Lösungen zu entwickeln.

Die öffentlich bereitgestellten oder gesteuerten Infrastrukturen sind oft ressourcenintensiv. Deshalb ist es wichtig, ihren Aus- und Umbau sowie ihre Unterhaltung auch vor dem Hintergrund der Ressourceneffizienzsteigerung zu optimieren. Im besonders rohstoffintensiven Straßenbau müssen Verkehrswege bedarfsgerecht geplant werden. Dabei gilt es, demografischen Wandel und Anforderungen, die sich aus Binnenwanderungen und geändertem Güterverkehrsaufkommen ergeben, zu berücksichtigen. Auch wenn der Einsatz von Sekundärrohstoffen erstrebenswert ist, dürfen Straßen nicht als Senken für mineralische Sekundärrohstoffe genutzt werden, die man (wie im Hochbau) noch hochwertiger verwerten kann. Für leitungsgebundene Infrastrukturen, wie Strom- und Wassernetze empfiehlt sich ein proaktives Flächenmanagement.

Mit der Kernstrategie „Anreize für Ressourceneffizienzlösungen über die Finanzwirtschaft“ wird das Ziel angesprochen, Ressourceneffizienz als einen für die Wettbewerbsfähigkeit wesentlichen Faktor auch im Finanzsektor zu verankern. Damit ließe sich nicht nur die Ressourceneffizienz bei Unternehmen verbessern und die Einführung ressourcenleichterer Produkte am Markt fördern, sondern auch zu einer Stabilisierung des Finanzsektors beitragen, da stärker langfristige Ziele berücksichtigt werden. Zunächst empfiehlt das MaRes-



### ROHSTOFFINTENSIVE INFRASTRUKTUR

*Verkehrswege müssen bedarfsgerecht geplant werden*

## Kernstrategien und angesprochene Zielgruppen

Kernstrategie	Adressierte Zielgruppen
„Aktivierende Institutionen - Schlüssel für eine erfolgreiche Diffusion“	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Unternehmen</li> <li>➤ Berater/-innen und Intermediäre</li> </ul>
„Innovationen eine Richtung geben - nachhaltige Zukunftsmärkte für Ressourceneffizienzlösungen“	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hersteller und Nutzer von Ressourceneffizienztechniken und Anbieter ressourceneffizienter Produkte / Produkt-Dienstleistungs-Systeme</li> <li>➤ Kooperation von Unternehmen und Forschungseinrichtungen</li> <li>➤ Innovative Anbieter von ressourceneffizienzorientierten Techniken, Produkten und Dienstleistungen</li> </ul>
„Ressourceneffiziente Produkte und Dienstleistungen“	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hersteller von Produkten und Dienstleistungen am Ende der Nutzungsdauer (wie Weiter- und Wiedernutzung, Recycling oder Entsorgung)</li> </ul>
„Anreize für Ressourceneffizienzlösungen über die Finanzwirtschaft“	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Politik und Wissenschaft</li> <li>➤ Finanzwirtschaft</li> </ul>
„Staat als Nachfrager von Produkten und Dienstleistungen und Bereitsteller von Infrastrukturen“	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Beschaffungsverantwortliche der öffentlichen Hand</li> <li>➤ Öffentliche Hand als Bereitstellerin von Infrastrukturen</li> </ul>
„Veränderung in den Köpfen“	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Unternehmen und Intermediäre</li> <li>➤ (Zukünftige) Entscheidungsträger</li> <li>➤ Multiplikatoren aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft, Medien</li> <li>➤ Qualifizierungsanbieter und Berater/-innen</li> <li>➤ Wissenschaft</li> <li>➤ Lehrerbildung</li> </ul>

Quelle: Kristof / Hennicke 2010 [26]

Projekt [26] die Einrichtung einer Enquete-Kommission „Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit im Finanzsektor“, um das Thema in diesem Bereich bekannt zu machen und Lösungen für die aktuellen Probleme zu suchen (wie unerwünschte Wirkungen auf nationaler und globaler Ebene von Spekulationsblasen im Ressourcenbereich). Außerdem sollen ressourcenbezogene Leistungskennzahlen (*Key Performance Indikatoren, R-KPI*) entwickelt und eine entsprechende Datenbasis aufgebaut werden, mit deren Hilfe die Finanzwirtschaft das Thema Ressourcen in ihren Entscheidungsprozessen handhaben kann (wie für Risikomanagement und Kreditvergaberegeln). Auch für Finanzaufsicht und Unternehmensreporting sollten ressourcenbezogene Leistungskennzahlen genutzt werden.

### ZU GUTER LETZT

Eine wesentliche umwelt- und wirtschaftspolitische Zielsetzung der im Jahr 2002 unter dem Titel „Perspektiven für Deutschland“ veröffentlichten Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ist die Verdoppelung der Rohstoffproduktivität vom Basisjahr 1994 bis 2020. Die Rohstoffproduktivität bezeichnet dabei das Verhältnis des Bruttoin-

landsproduktes (BIP) zum dafür eingesetzten abiotischen Materialeinsatz. In den Ergebnissen der „Umweltökonomischen Gesamtrechnung 2010“ stellt dazu das Statistische Bundesamt fest, dass diese Rohstoffproduktivität zwischen 1994 und 2009 um 46,8 Prozent gestiegen ist. Doch während das BIP aufgrund größeren Wirtschaftswachstums (plus 18,4 Prozent) anstieg, ging der Materialeinsatz selbst seit 1994 nur um 19,4 Prozent zurück. Berücksichtigt man die indirekten Rohstoffaufwendungen im Ausland, die zur Produktion genutzt werden, ist der Materialeinsatz sogar real um drei Prozent gestiegen – die Rohstoffproduktivität ist demnach noch deutlich geringer gewachsen. Diese Zahlen sind nicht die besten Vorzeichen, um das ambitionierte Ziel rechtzeitig zu erreichen. Wir müssen uns also wesentlich mehr anstrengen, damit wir zu ressourcenschonenden Produktions- und Konsummustern kommen. Dazu zählen materialsparende Produkte, material- und energieeffizientere Produktionsverfahren und eine Schließung der Rohstoffkreisläufe über Recycling und Nutzungskaskaden. Das UBA unterstützt dabei Unternehmen, Verbraucher und Politik durch Forschung und Entwicklung, durch Vernetzung und Informa-

tion der Akteure, durch Entwicklung von ökonomischen, institutionellen und rechtlichen Instrumenten und nicht zuletzt durch Entwicklung anspruchsvoller Ziele und richtungssicherer Indikatoren.

Die Energiewende bringt neue Herausforderungen. Insbesondere der Einsatz von Massenmetallen wie Kupfer oder kritischen, strategischen Metallen wie den Seltenen Erden Indium, Kobalt oder Tellur (wie bei Windkraft und Photovoltaik) ist umweltpolitisch problematisch. Auch hier arbeitet das UBA in seiner Forschungs- und Politikberatung an Lösungen. Nicht zuletzt benötigt Deutschland eine Kultur der Ressourceneffizienz. Ressourcenschonendes Wirtschaften muss dazu aus seinem „Dornröschenschlaf“ geweckt werden. Beim Klimaschutz sind wir bereits hellwach. Jedoch ist ein verantwortungsbewusster Umgang mit allen natürlichen Ressourcen, unserem Naturkapital, unverzichtbar.

Die Betrachtung des gesamten Gebäude- und Infrastrukturbestandes als „organischen Metabolismus“, dem ständig Materialströme zu- und abgeführt werden und der dadurch ein enormes, noch anwachsendes anthropogenes und langfristig wieder nutzbares Lager bildet, gehört zu den neuen, ökologischen Sichtachsen. Hierzu gehören auch ressourcenschonende Konsummuster, über die unsere Wohn- und Mobilitätsbedürfnisse ökologisch besser durch neue Nutzungskonzepte befriedigt werden können, die „Nutzen“ nicht mit „Besitzen“ verwechseln. Die größte und wichtigste der neu-

en Sichtachsen ist die Neuvermessung der menschlichen Lebensgrundlagen. Wie viele Ressourcen kann jeder Einzelne angesichts ihrer Begrenzung, der schwindenden Tragfähigkeit unserer Erde, des Klimawandels und des ungebremsten Bevölkerungswachstums noch nachhaltig und maßvoll in Anspruch nehmen?

#### VERANTWORTLICH FÜR DEN TEXT:

Kora Kristof (*Abteilungsleiterin für Nachhaltigkeitsstrategien, Ressourcenschonung und Instrumente*)

Judit Kanthak (*Fachgebiet I 1.1*)

Felix Müller (*Fachgebiet III 2.2*)

Bettina Rechenberg (*Abteilungsleiterin für nachhaltige Produktion, Ressourcenschonung und Stoffkreisläufe*)

#### BETEILIGTE FACHGEBIETE:

*I 1.1 „Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien, Ressourcenschonung“*

*III 1.1 „Übergreifende Aspekte des Produktbezogenen Umweltschutzes, Nachhaltige Konsumstrukturen, Innovationsprogramm“*

*III 1.3 „Ökodesign, Umweltkennzeichnung, Umweltfreundliche Beschaffung“*

*III 1.4 „Stoffbezogene Produktfragen“*

*III 2.2 „Ressourcenschonung, Stoffkreisläufe, Mineral- und Metallindustrie“*

#### QUELLEN

- [1] SERI, GLOBAL 2000, Friends of the Earth Europe: Ohne Mass und Ziel. Über unseren Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Erde, Wien 2009
- [2] Jackson, Tim: Prosperity without growth? The transition to a sustainable economy, Sustainable Development Commission (Hrsg.), 2009. Im Internet abrufbar unter: <http://www.sd-commission.org.uk/publications.php?id=914>
- [3] Rockström, Johan et al.: Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity, published by the Resilience Alliance, Stockholm 2009. Im Internet abrufbar unter: [www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/ES-2009-3180.pdf](http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/ES-2009-3180.pdf); Zusammenfassung: Nature 461, 472-475 (24 September 2009), doi:10.1038/461472a
- [4] Richardson, Katherine et al.: Synthesis Report Climate-Change, Global Risks, Challenges & Decisions, Copenhagen 2009, 10-12 March. Im Internet abrufbar unter: <http://climatecongress.ku.dk/pdf/synthesisreport>
- [5] Wackernagel, Mathis: Der Ecological Footprint. Die Welt neu vermessen, Hamburg 2010
- [6] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. KOM(2005)670 endg. Brüssel
- [7] Angerer, Gerhard et al.: Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Studie des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI und des Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung IZT im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Karlsruhe, Berlin 2009
- [8] Europäische Umweltagentur: Die Umwelt in Europa. Zustand und Ausblick 2010. Synthesebericht, Kopenhagen 2010
- [9] Statistisches Bundesamt: Umweltnutzung und Wirtschaft. Bericht zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Wiesbaden 2010
- [10] Statistisches Bundesamt: Rohstoffeffizienz: Wirtschaft entlasten, Umwelt schonen. Ergebnisse der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2010, Wiesbaden 2010
- [11] Umweltbundesamt: Indikatoren/Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Dessau-Roßlau 2011
- [12] Statistisches Bundesamt: Persönliche Datenabfrage 04/2011, Wiesbaden 2011
- [13] Umweltbundesamt: 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. Dessau-Roßlau 2012
- [14] Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration: Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, in Kooperation mit Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Berlin, Karlsruhe 2009

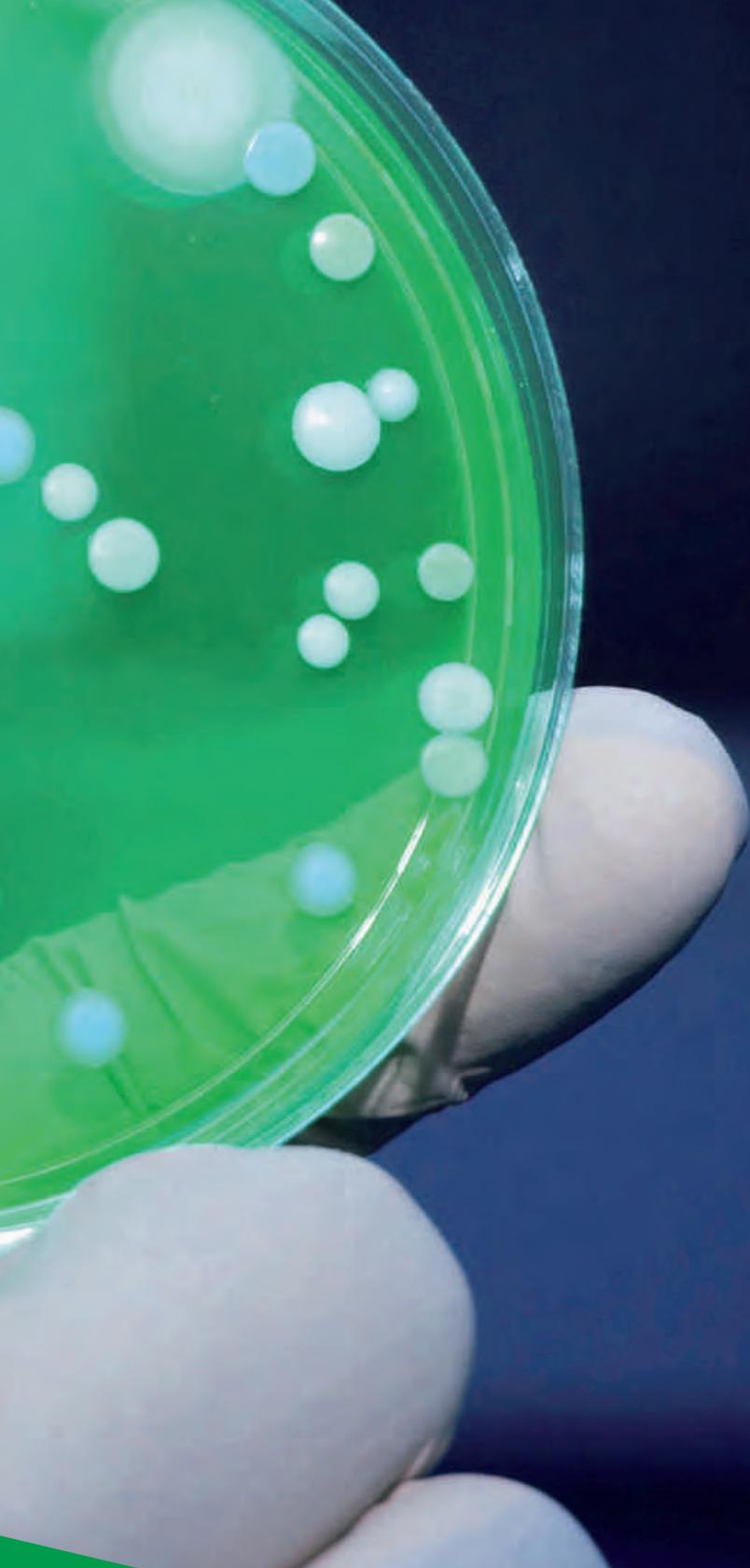
- [15] Hintemann, Ralph; Fichter, Klaus: Materialbestand der Rechenzentren in Deutschland. Eine Bestandsaufnahme zur Ermittlung von Ressourcen- und Energieeinsatz, Umweltbundesamt, Texte 55/2010, Dessau-Roßlau 2010
- [16] Prakash, Siddharth et al.: Ressourcenschonung im Aktionsfeld IKT. Schaffung einer Datenbasis zur Ermittlung ökologischer Wirkungen der Produkte der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT); Prakash, Siddharth und Liu, Ran, Öko-Institut e. V. sowie Stobbe, Lutz und Schischke, Karsten, Fraunhofer IZM (Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration; im Auftrag des Umweltbundesamtes
- [17] Europäische Kommission: Attitudes of Europeans towards resource efficiency. Flash EB Series #316, Brüssel 2011, S. 7
- [18] Bundesumweltministerium; Umweltbundesamt: Umweltbewusstsein in Deutschland, S. 24
- [19] Umweltbundesamt: Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern, in: Daten zur Umwelt. Im Internet abrufbar unter: <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=3535>
- [20] vgl. Ergebnisse des Experten-Workshops „Soziale Innovationen im gesellschaftlichen Transformationsprozess hin zu einer nachhaltigen Entwicklung“ am 28. Februar 2011. Im Internet abrufbar unter: <http://www.isinova.org/projekte.shtml#Nachhaltigkeit2011>
- [21] Kristof, Kora; Süßbauer, Elisabeth: Handlungsoptionen zur Steigerung der Ressourceneffizienz im Konsumalltag, RessourceneffizienzPaper 12.2, Wuppertal 2009  
Vgl. auch Scholl, Gerd et al.: Konsumenten- und kundennahe Ansätze zur Ressourceneffizienzsteigerung, Abschlussbericht des Arbeitspakets 12 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes), RessourceneffizienzPaper 12.9, Wuppertal 2010
- [22] Kristof, Kora; Liedtke, Christa: Kommunikation der Ressourceneffizienz: Erfolgsfaktoren und Ansätze, Abschlussbericht des Arbeitspakets 13 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes), RessourceneffizienzPaper 13.7, Wuppertal 2010
- [23] Aktuell laufendes Vorhaben des Ufopplans „Ökologische Verbraucherpolitik: Instrumente zur Umsetzung. Teilvorhaben 2: Umweltrelevante Produktinformationen im E-Commerce“ (FKZ 3710 93 301-2)
- [24] Aktuell laufendes Vorhaben des Ufopplans „Ökologische Verbraucherpolitik: Instrumente zur Umsetzung. Teilvorhaben 1: Orientierungsportal nachhaltiger Konsum“ (FKZ 3710 93 301-1)
- [25] Aktuell laufendes Vorhaben des Ufopplans „Förderung des nachhaltigen Konsums durch soziale Innovationen. Konzepte und Praxis“ (FKZ 3711 93 333)
- [26] Kristof, Kora; Hennicke, Peter: Mögliche Kernstrategien für eine zukunftsfähige Ressourcenpolitik der Bundesregierung: Ökologische Modernisierung vorantreiben und Naturschranken ernst nehmen, RessourceneffizienzPaper 7.7, Wuppertal 2010
- [27] Sanden, Joachim et. al: Entwicklung eines Ressourcenschutzrechts des Bundes, Ufoplan FKZ 3709 18 1531, 2011
- [28] Albrecht, Roland; Baum, Holger: Erfolgreiche Kommunikation der Ressourceneffizienzidee: Kampagnen und PR-Strategie, Präsentation der Ergebnisse zur Kampagnenkonzeption und zur PR-Strategie aus AS13.2 am 8.7.2009; Paper zu Arbeitspaket 13 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes); Ressourceneffizienz-Paper 13.3., Wuppertal 2009
- [29] Bundesanzeiger Nr. 12 vom 23.01.2008, S. 198



Chemie der Zukunft

# NACHHALTIGE CHEMIE

Elementarer Baustein einer  
Green Economy



Die Chemieindustrie ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor in Deutschland und Motor für innovative Produkte. Innovation bedeutet jedoch nicht zwangsläufig mehr Nachhaltigkeit. Eine ökologisch-nachhaltig ausgerichtete Produktion, Anwendung und Verarbeitung von Chemikalien kommt mit weniger Energie, Roh- und Hilfsstoffen aus, verringert Emissionen und Einträge in Gewässer, Böden und in die Luft, vermeidet Abfall, ersetzt gefährliche Chemikalien und betreibt sichere Anlagen - und das weltweit. Sicherer Umgang mit Chemikalien beschränkt sich nicht nur auf die innovationsstarken Industriestaaten, die Schwellen- und Entwicklungsländer sind ebenfalls einzubinden.

Ob Medikamente, Kosmetika, Wasch- und Reinigungsmittel, Klebstoffe, Lacke oder Kunststoffprodukte – chemische Stoffe und Produkte sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Und die Nachfrage nach chemischen Stoffen und Produkten steigt stetig. Der globale Chemieumsatz ist in den vergangenen fünf Jahren um über sieben Prozent gewachsen [1], wobei sich die Wachstumszentren der Chemieproduktion zunehmend verschieben: Deutschland wurde inzwischen von China mit 20,1 Prozent überholt und rangiert im globalen Wettbewerb mit 6,3 Prozent der Chemieproduktion auf dem vierten Platz in Weltmarktanteilen [2]. An der Spitze stehen die USA mit 20,7 Prozent, Japan steht mit 6,8 Prozent an dritter Stelle. Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) prognostizierte 2001, dass 31 Prozent der gesamten Chemieproduktion bis 2020 aus den OECD-Ländern in Schwellen- und Entwicklungsländer verlagert sein werden [3].

Der Chemiesektor muss nachhaltigere Pfade einschlagen. Das wichtigste Ziel besteht darin, den Verbrauch von Ressourcen einschließlich der Inanspruchnahme der Umwelt gering zu halten. Damit soll ein Paradigmenwechsel in der Wirtschaft erreicht werden, sodass wirtschaftlicher Erfolg in Zukunft nicht mehr auf Masse, sondern auf Qualität – insbesondere in der ökologischen Dimension – basiert. Dies gilt nicht nur für Produzenten von Chemikalien, sondern betrifft alle Branchen ein-

schließlich der Endverbraucher, die Chemikalien wie Düngemittel, Arzneimittel, Kunststoffe oder Pflanzenschutzmittel einsetzen.

Die chemische Industrie muss „nachhaltiger“ werden, wenn sie zukunftsfähig werden will, weil die natürlichen Belastungsgrenzen der Erde durch die zunehmende Inanspruchnahme erreicht werden. Im Jahr 2008 mahnte die OECD zum Zustand der Umwelt: „Die Kosten des Nichthandelns sind hoch, während anspruchsvolle Maßnahmen zum Umweltschutz leistbar sind und mit dem wirtschaftlichen Wachstum Hand in Hand gehen können“ [4]. Bereits 63 Prozent der Menschen in Brasilien, Russland, Indien und China – den wichtigsten Schwellenländern – werden mit qualitativ hochwertigem Wasser nur mittelmäßig bis schlecht versorgt. Dieser Anteil wird bis 2030 um 80 Prozent steigen, wenn das Wassermanagement nicht verbessert und die Verschmutzung durch Schadstoffe und Chemikalien nicht gestoppt wird.

In Europa hat die über die Jahre gewachsene hohe Regulierungsdichte dazu geführt, dass die Belastung der menschlichen Gesundheit und der Umwelt durch Chemikalien insgesamt abnahm. So bilden die Chemikalienverordnung REACH und die Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verhinderung von Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) einen wichtigen Rahmen, um die Sicherheit in der Chemie herzustellen. Auch die Zahl und

#### WACHSTUMSBRANCHE

*Die Chemieindustrie ist ein bedeutender Wirtschaftsfaktor – nicht nur in Deutschland*



die Folgen von Chemieunfällen sind beträchtlich zurückgegangen. Doch eine Entwarnung kann es nicht geben, weil die Produktion und Nutzung von Chemikalien in einer globalisierten Welt längst keine nationale oder regionale Angelegenheit mehr sind und deren Wirkungen auf die Umwelt weltweit zu spüren sind.

Mit dem Schritt zu einer ökologisch-nachhaltig ausgerichteten Wirtschaft will das Umweltbundesamt (UBA) in Zukunft eine neue Qualität der wirtschaftlichen Verantwortung in einer nachhaltigen globalen Welt verstanden und gestaltet wissen. Zugleich plädiert es dafür, am Johannesburg-Ziel festzuhalten: Auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 2002 in Johannesburg hat sich die Staatengemeinschaft dafür ausgesprochen, Chemikalien in ihrem gesamten Lebenszyklus sicher zu handhaben und ihre signifikanten, negativen Auswirkungen bis zum Jahr 2020 zu minimieren. Das von den Vereinten Nationen ausgerufene Jahr der Chemie 2011 war Anlass, die Potenziale der Chemie für die nachhaltige Entwicklung verstärkt zu nutzen und die Branche stärker an den Erfordernissen der Nachhaltigkeit auszurichten.

#### **AN WELCHEN ZIELEN SOLL NACHHALTIGE CHEMIE AUSGERICHTET SEIN?**

Das UBA versucht die Prinzipien der nachhaltigen Chemie überall dort einzubringen, wo Chemikalien hergestellt und verwendet werden. Dazu entwickelte es 1999 die vier Managementregeln der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunfts-

verträglichen Entwicklung“ weiter, mit denen „ein Leben und Wirtschaften im Rahmen der Tragfähigkeit des Naturhaushaltes“ möglich ist [5, 6]:

- Die Nutzung einer Ressource darf auf Dauer nicht größer sein als ihre Regenerationsrate oder die Rate der Substitution all ihrer Funktionen.
- Die Freisetzung von Stoffen darf auf Dauer nicht größer sein als die Tragfähigkeit der Umweltmedien oder deren Assimilationsfähigkeit.
- Gefahren und unvermeidbare Risiken für den Menschen und die Umwelt durch anthropogene Einwirkungen sind zu vermeiden.
- Das Zeitmaß anthropogener Eingriffe in die Umwelt muss in einem ausgewogenen Verhältnis zu der Zeit stehen, die die Umwelt selbst zur stabilisierenden Reaktion benötigt.

Eng verbunden mit dem Grundsatz der Nachhaltigkeit ist der Grundsatz der Vorsorge, wie ihn der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) in seinem 1994 publizierten Umweltgutachten [7] noch einmal konkretisiert hat und die Europäische Kommission in ihrer Mitteilung 2001 [8] bekräftigte. Dazu zählen nicht nur der Schutz der Ökosysteme, sondern auch die Erhaltung der Lebensqualität sowie das ressourcenschonende und faire Wirtschaften. Außerdem müssen gesellschaftliche Entwicklungen sozial gerecht und mit allen gesellschaftlichen Interessengruppen gestaltet werden.

Nach diesem Grundsatz sind nicht erneuerbare Naturgüter wie Mineralien oder fossile Energieträger nur in dem Umfang zu nutzen, wie ihre Funktionen sich nicht durch alternative, erneuerbare Materialien oder Energieträger ersetzen lassen. Die Nutzung erneuerbarer Ressourcen muss sich an ihrer Regenerationsrate ausrichten. Stoffe oder Energie werden dauerhaft nur so weit freigesetzt oder verbraucht, wie Ökosysteme sie aufnehmen oder sich anpassen können. Gefahren und Risiken für die menschliche Gesundheit – einschließlich noch nicht ausreichend beurteilbarer Wirkungen und Wechselwirkungen – sind zu vermeiden.

Chemikalien können vielfältig wirken. So kann die Ozonschicht durch FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) zerstört, das Klima durch fluorhaltige Gase schädlich beeinflusst oder die Fruchtbarkeit von Meeresorganismen durch hormonell wirksame Chemikalien vermindert werden. Vorsorge und Nachhaltigkeit sind auch Leitprinzipien für den Schutz der Gesundheit von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern sowie von Verbraucherinnen und Verbrauchern. Das UBA konkretisiert das von den Vereinten Nationen ins Leben gerufene Leitbild „Green Economy“ mit seinem Konzept der nachhaltigen Chemie, das sich auf Produktion, Verarbeitung, Anwendung und Bewertung von Chemikalien sowie auf Produkte auswirkt. Bereits 2004 hat das UBA zusammen mit der OECD generelle Prinzipien für eine nachhaltige Chemie erarbeitet (siehe Kasten Seite 64).



#### **SAUBERES TRINKWASSER**

*Für viele Menschen in Indien noch immer keine Selbstverständlichkeit*

## PRINZIPIEN EINER NACHHALTIGEN CHEMIE

### Qualitative Entwicklung

- Einsatz von nach ihren intrinsischen Eigenschaften und heutigem Wissensstand ungefährlichen und abbaubaren Stoffen oder – wo dies nicht möglich ist – von Stoffen mit geringer Gefährlichkeit für Mensch und Umwelt,
- ressourcenschonende Herstellung und Konsum langlebiger Produkte,
- sicherer Umgang mit gefährlichen Stoffen, wo diese unvermeidbar sind (wenn zum Beispiel die gefährliche Eigenschaft eng mit der Funktion verbunden ist).

### Quantitative Entwicklung

- Verbrauch natürlicher Ressourcen verringern,
- erneuerbare Ressourcen unter nachhaltigen Aspekten verwenden,
- Emissionen oder Einträge von Chemikalien in die Umwelt vermeiden oder – falls dies nicht möglich sein sollte – diese nach dem bestverfügbaren Stand der Technik verringern. Diese Maßnahmen können gleichzeitig helfen, Kosten zu sparen.

### Umfassende Lebenswegbetrachtung

- Analyse von Rohstoffgewinnung, Herstellung, Weiterverarbeitung, Transport, Anwendung und Entsorgung von Chemikalien und ausgedienter Produkte, um den Ressourcen- und Energieverbrauch zu senken und gefährliche Stoffe zu vermeiden.

### Aktion statt Reaktion

- Chemikalien so entwickeln und vermarkten, dass sie während ihres Lebenswegs Umwelt und menschliche Gesundheit nicht gefährden und die Umwelt nicht als Quelle oder Senke überbeanspruchen. Problematische Stoffe dürfen nicht durch weniger gefährliche oder ungeprüfte Stoffe ersetzt werden. Schadenskosten für Unternehmen mit der Folge wirtschaftlicher Risiken sowie Sanierungskosten für den Staat sind zu vermindern.

### Wirtschaftliche Innovation

- Nachhaltige Chemikalien, Produkte und Produktionsweisen schaffen Vertrauen bei industriellen Anwendern, privaten Konsumentinnen und Konsumenten sowie staatlichen Kunden und bringen damit Wettbewerbsvorteile.

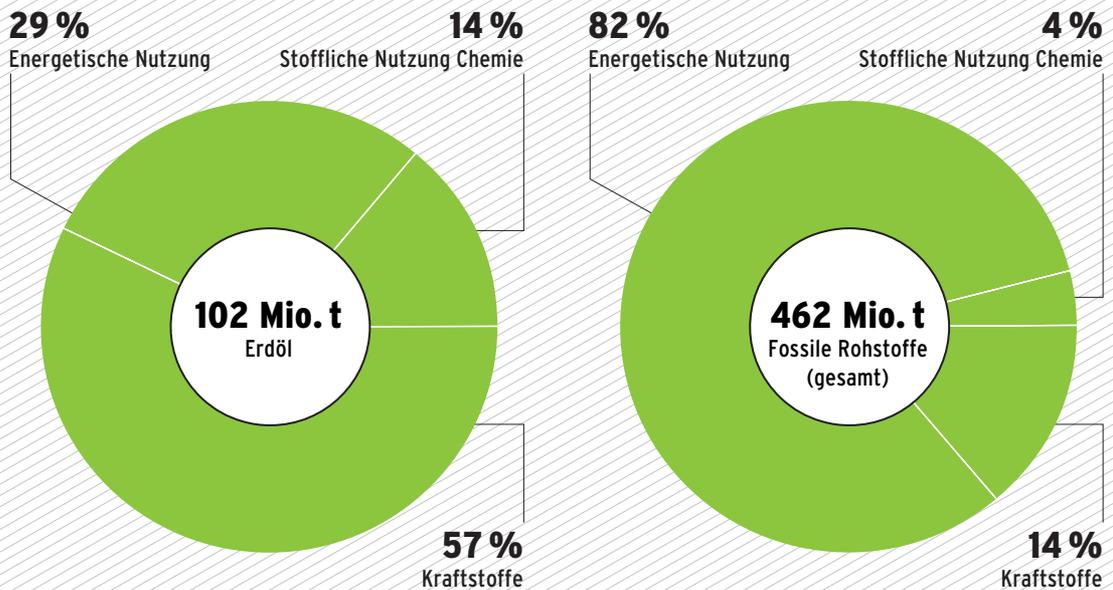
Das Leitbild der nachhaltigen Chemie kann nicht verwirklicht werden, wenn es nur in den hoch entwickelten Industrieländern umgesetzt wird. Es muss – regional angepasst – weltweit angewendet werden und Randbedingungen von Schwellen- und Entwicklungsländern berücksichtigen. Hohe Ansprüche an den Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit bilden dabei den Kern einer wirtschaftlich erfolgreichen Umsetzung. Doch nur wenn Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Regierungen zusammenarbeiten, lässt sich eine wirksame Umsetzung realisieren. Erfolgreich wird ein nachhaltiges Chemikalienmanagement in einer Green Economy sein, wenn alle Nachhaltigkeitsaspekte – ökologische, ökonomische und soziale – als Chancen für die Zukunft begriffen werden. Nur dann stellt das UBA-Leitbild für eine nachhaltige Chemie eine tragfähige Säule des UN-Ziels der Green Economy dar.

### WAS TRÄGT ZUR NACHHALTIGEN CHEMIE BEI?

Nachhaltige Chemie umfasst die verschiedenen Handlungsfelder Produktion, Verarbeitung, Anwendung und Bewertung von Chemikalien sowie ihrer Produkte. Alle Bereiche sind aufgefordert, ihre Ressourceneffizienz zu erhöhen, den Energie-

verbrauch zu verringern und eine Kreislaufwirtschaft so weit wie möglich zu etablieren. Dazu werden in den nachfolgenden Abschnitten der jeweilige Ausgangspunkt, der konkrete Handlungsbedarf, die Ansatzpunkte für Politik und beteiligte Interessengruppen sowie die jeweilige Zukunftsperspektive aufgezeigt und anhand von Beispielen erläutert.

Die chemische Industrie in Deutschland hat zwischen 1990 und 2009 ihre Produktion um 42 Prozent gesteigert, während der Energieeinsatz um insgesamt 33 Prozent und die Emissionen von Treibhausgasen um 47 Prozent gemindert wurden [9]. Bei einem Jahresverbrauch von 18,4 Millionen Tonnen (t) fossiler Rohstoffe sind jedoch weitere Anstrengungen notwendig, um den Ressourcenverbrauch zu senken (siehe Abbildung). Dabei ist die chemische Industrie auch zukünftig auf innovative Techniken und Synthesen angewiesen. Unter anderem haben Nano- und Mikrosystemtechnik, industrielle Biotechnik, die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe und die Anwendung ionischer Flüssigkeiten ein großes Potenzial für die Energie- und Materialeffizienz. Dies soll an einigen Beispielen erläutert werden.



Von dem Erdöl, das Deutschland jedes Jahr verbraucht, nutzt die chemische Industrie 14 Prozent zur stofflichen Verarbeitung. Etwas mehr als die Hälfte des gesamten Erdöls wird für die Kraftstoffherstellung genutzt, der Rest energetisch (vor allem Heizöl). Insgesamt setzte die deutsche Chemie 2009 18,4 Millionen Tonnen an fossilen Rohstoffen (Erdölprodukte, Erdgas und Kohle) stofflich ein. Sie eröffnen nach entsprechender Aufarbeitung zu chemischen Grundbausteinen eine nahezu unerschöpfliche Vielfalt an Synthesemöglichkeiten.

Quelle: VCI (2011): Factbook 01. Die Energie(revolution), Daten und Fakten III

#### BEISPIEL: MIKROSYSTEMTECHNIK

In der Mikroverfahrenstechnik finden chemische Prozesse in Apparaturen – wie Reaktoren, Mischern und Wärmetauschern – mit Strukturen von einigen Mikrometern bis wenigen Millimetern Größe statt. Mikroreaktoren sind insgesamt häufig nicht größer als eine Videokassette. Diese „Chemiefabriken im Miniformat“ ermöglichen eine präzise Kontrolle der Reaktion und sparen auch den Einsatz umweltgefährdender Stoffe.

Gegenüber den herkömmlichen Verfahren, die in der Regel auf diskontinuierlicher Prozessführung in großvolumigen Rührreaktoren basieren, bietet die Mikroreaktortechnik zahlreiche Vorteile für die Produktion von Fein- und Spezialchemikalien. Dazu gehören eine hohe Selektivität und gesteigerte Produktausbeuten, weil kurze Kontaktzeiten der miteinander reagierenden Stoffe unter sehr kontrollierten Reaktionsbedingungen Nebenreaktionen unterbinden. Dadurch lassen sich Rohstoffverbrauch, Abfallströme und Energieeinsatz verringern. Das optimierte Oberflächen-Volumen-Verhältnis führt zu einer erhöhten Prozesssicherheit und einer kontinuierlichen Prozessführung zu einer hohen und konstanten Produktqualität. Kleinreaktoren lassen sich im Gegensatz zu größeren Anlagen schnell und materialeffizient anpassen. Dieser Aspekt der Ressourcenschonung bedeutet gleichzeitig einen ökonomischen Vorteil, weil man schneller auf Marktveränderungen oder spezifische Nachfrage reagieren kann.



#### BEISPIEL: IONISCHE FLÜSSIGKEITEN

Ionische Flüssigkeiten sind Salze, die bei Temperaturen unter 100 °C flüssig sind und keinen messbaren Dampfdruck sowie ein minimales Brand- oder Explosionsrisiko aufweisen. Dadurch eröffnen sich zahlreiche technische Anwendungen als Lösemittel in chemischen Prozessen, in Verfahren zur Stofftrennung und als Elektrolyt in elektrochemischen Prozessen. Aufgrund der Variationsmöglichkeiten von Anionen und Kationen umfasst die Klasse der ionischen Flüssigkeiten eine Vielzahl von Verbindungen. Einige Hunderte dieser Salze werden kommerziell angeboten.

Nicht bei allen Substanzen sind die (öko-)toxikologischen Risiken bekannt oder geklärt, aber viele ionische Flüssigkeiten besitzen keine gefährlichen Eigenschaften. Sie können jedoch nicht generell herkömmliche Lösemittel ersetzen, sodass immer eine Einzelfallprüfung notwendig ist. Das UBA fordert, dass bei der Herstellung, Verwendung oder Entsorgung der Produkte keine negativen Auswirkungen auf Mensch, Tier und Umwelt auftreten dürfen. Die wenigen bisher dokumentierten Beispiele von Anwendungen im industriellen Maßstab zeigen, dass Prozesse bedeutend umweltverträglicher und auch kostengünstiger ablaufen können und damit das Potenzial ausbaufähig ist.



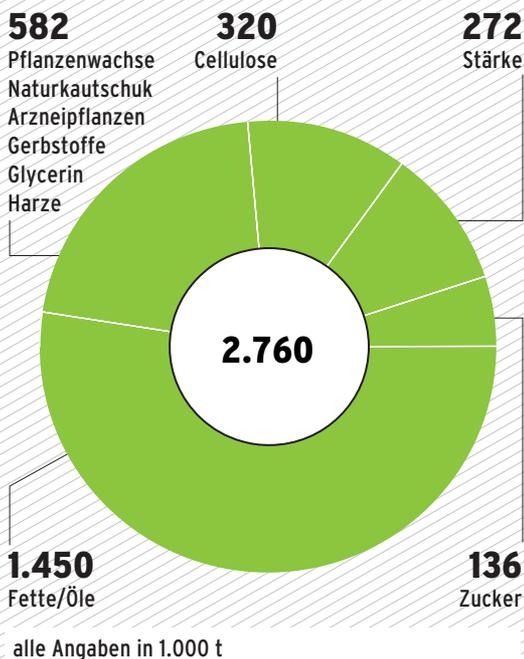
#### BEISPIEL: SYNTHESE VON CHEMIKALIEN AUS NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN

Mit 2,7 Millionen Tonnen nachwachsender Rohstoffe verarbeitet die chemische Industrie in Deutschland den größten Anteil (etwa 80 Prozent) der insgesamt von der Industrie stofflich genutzten Biomasse. Damit werden bereits 13 Prozent der produzierten Chemikalien wie Kunststoffe, Fasern, Waschmittel, Kosmetika, Farben, Kleb- und Baustoffe, Hydrauliköle, Schmiermittel bis hin zu Arzneimitteln aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt (siehe Abbildung). Dieser Anteil wird bis 2025 auf ungefähr bis zu 30 Prozent wachsen [10].

In den letzten Jahrzehnten fiel der Zuwachs für die stoffliche Nutzung von Biomasse in der chemischen Industrie in Deutschland eher gering aus. Die Produktion von Polymeren (Polylactid, PHA), Bio-Polyethylen (aus Ethanol) und Epichlorhydrin (aus Glycerin) im industriellen Maßstab findet vor allem in den USA, Brasilien und Asien statt. Allerdings ist die Nutzung nachwachsender Rohstoffe nicht a priori nachhaltig, denn sie hängt unter anderem von deren Gewinnung und von den zur Verfügung stehenden Alternativen ab. Sie bietet auch

nur dann Vorteile, wenn wie bei der Produktion auf Mineralölgrundlage die Reaktionsprodukte weitgehend in einem Verbundsystem genutzt werden und nicht als Abfall anfallen.

#### Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie (Deutschland, 2008)



Quelle: FNR / VCI (2010) Daten und Fakten, Rohstoffbasis der chemischen Industrie

## STRATEGIEN UND INSTRUMENTE FÜR DIE STOFFLICHE NUTZUNG VON BIOMASSE

Das UBA hat eine Studie in Auftrag gegeben, mit der Strategien und Instrumente im Bereich der stofflichen Biomassenutzung entwickelt werden sollen. Damit sollen die Klima- und Ressourcenschutzziele der Bundesregierung unterstützt werden. In der Studie sollen unter anderem geeignete Wertschöpfungsketten zur Steigerung der Ressourcen- und Flächeneffizienz durch rohstoffliche Nutzung von Biomasse identifiziert, Grundlagen und Entscheidungshilfen für eine Nachhaltigkeitsbewertung der stofflichen Biomassenutzung erarbeitet sowie eine umfassende Methodik zur Nachhaltigkeitsbewertung von biomassebasierten Produkten beziehungsweise von biobasierten Grundstoffen erstellt werden. Der Forschungsbericht wird voraussichtlich Ende 2012 veröffentlicht.

## CHEMIKALIENBEWERTUNG - WISSEN FOLGT VERANTWORTUNG

Beim Einsatz von Chemikalien besteht die Herausforderung der Zukunft darin, dass Menschen und Umwelt auch langfristig nicht gefährdet werden. Hierfür benötigt man Informationen über Stoffeigenschaften, Exposition – also die Dosis oder die Konzentration eines Stoffes, der Menschen und Umwelt ausgesetzt sind – und Wirkungen. Stoffinformationen über die Eigenschaften von chemischen Stoffen, ihre rechtlichen Regelungen und zur Gefahrenabwehr werden durch den gemeinsamen zentralen Stoffdatenpool Bund/Länder (GSBL) im Internet bereit gestellt. In Zukunft müssen verstärkt inhärent sichere Chemikalien eingesetzt werden, da diese keine kurz- oder langfristigen Probleme in der Umwelt und für die menschliche Gesundheit verursachen. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen sind Chemikalien einfach zu handhaben, wenn sie a priori keine gefährlichen Eigenschaften haben und daher keine aufwendigen Risikominderungsmaßnahmen nötig sind. Das gilt aber auch für Produkte und Erzeugnisse, aus denen sie während oder nach dem Gebrauch freigesetzt werden. Neben den Umwelt- und Gesundheitsgefahren sind für die Handhabung auch die physikalischen Gefahren wie „explosionsgefährlich“, „leicht entzündlich“ oder „brandfördernd“ relevant. Sind Gefahren jedoch unvermeidbar, kann man Maßnahmen zur Verhinderung von Störfällen nur mit detaillierten Kenntnissen der gefährlichen Eigenschaften, wie sie beispielsweise der GSBL liefert, ergreifen.

Nachhaltig sind Chemikalien für die Umwelt nur dann, wenn sie schnell und schon bald nach ihrer Freisetzung abgebaut werden [11] und keine langfristig schädlichen Wirkungen entfalten. Derzeit sind Chemikalien beispielsweise in der Arktis nachzuweisen, wo sie nie angewendet oder freigesetzt wurden. Für die Zukunft müssen wir Voraussetzungen schaffen, um Ökosysteme und auch die menschliche Gesundheit vor Gefahren wie irreversiblen Wirkungen weltweit zu schützen.

Als besonders besorgniserregend gelten ganz unterschiedliche Stoffe mit zum Teil sehr verschiedenen Eigenschaften: zum Beispiel sogenannte CMR-Stoffe, die für Mensch oder Tier nachgewie-

sen krebserregend und erbgutverändernd sind oder fortpflanzungsgefährdende Eigenschaften besitzen. Dazu zählen aber auch solche Stoffe, die aus der Umwelt nicht mehr rückholbar sind und langfristige Wirkungen entfalten können. Zu ihnen gehört die Gruppe der langlebigen (persistenten), anreicherungsfähigen (bioakkumulierenden) und toxischen Chemikalien (PBT-/vPvB-Stoffe). Die Abbildung listet die Kriterien für nachhaltige Chemikalien auf, die sie zum Schutz der Menschen und der Umwelt erfüllen müssen.

Stoffgesetze regeln die möglichst sichere Anwendung von Chemikalien. Bei Chemikalien mit bestimmungsgemäß bedenklichen Eigenschaften, vor allem Pflanzenschutzmitteln, und anderen Schädlingsbekämpfungsmitteln (Bioziden), sollte deren Verwendung zumindest vertretbar oder so wenig schädlich wie möglich sein. Pflanzenschutzmittel und Biozid-Produkte unterliegen daher einer Zulassungspflicht. Das bedeutet, dass diese Mittel und Produkte grundsätzlich verboten sind, es sei denn sie werden ausdrücklich aufgrund einer individuellen Zulassungsentscheidung erlaubt. Das Stoffrecht hat zum Beispiel das Ziel, dass Stoffe mit bestimmten bedenklichen Eigenschaften, insbesondere CMR, PBT und vPvB und das Hormonsystem schädigende Wirkungen, erst gar nicht zur Anwendung kommen oder nur dann, wenn eine Exposition von Mensch und Umwelt ausgeschlossen werden kann. Dieses Ziel gilt vor allem für Biozide und Pflanzenschutzmittel. Ein Erfolg ist hier eine neue Verordnung der EU, die die Zulassung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln regelt. Danach sind Pflanzenschutzmittel seit dem Jahr 2009 nicht mehr zulassungsfähig, wenn sie Ausschlusskriterien (Cut-off-Kriterien) erfüllen. Dies sind die oben genannten Eigenschaften, also auch die Eigenschaft das Hormonsystem zu schädigen. Das gleiche wird ab dem Jahr 2013 aufgrund des novellierten einschlägigen EG-Rechts auch für Biozid-Produkte gelten. Das für Pflanzenschutzmittel und für Biozid-Produkte vorgeschriebene Zulassungsverfahren gibt den Behörden jedoch auch die Möglichkeit, eine Zulassung wegen anderer besonders bedenklicher Auswirkungen der jeweils zu bewertenden Mittel zu verweigern. Für Industriechemikalien mit diesen Eigenschaften existiert im EU-Chemikalienrecht (REACH-Verordnung, siehe

### Anforderungen an nachhaltige Chemikalien

#### Nicht Nachhaltig

- CMR-Eigenschaften
- Atemwegssensibilisierend
- Sehr hohe akute (Öko-)Toxizität
- PBTs-/vPvBs-Eigenschaften
- Hohe Persistenz und Mobilität
- Herkunft des Rohstoffes: niedrige Sozial- und Umweltstandards
- Hohe Treibhausgasemissionen
- Hoher Ressourcenverbrauch

#### Nachhaltig

- Keine irreversiblen und chronischen Effekte
- Niedrige akute (Öko-)Toxizität
- Niedrige Persistenz
- Keine Bioakkumulation
- Geringe räumliche Reichweite
- Herkunft des Rohstoffes: hohe Sozial- und Umweltstandards
- Niedrige Treibhausgasemissionen
- Niedriger Ressourcenverbrauch

## MIT REACH WISSENSLÜCKEN SCHLIESSEN

Der Umgang mit Chemikalien wird in der Europäischen Union nach der Chemikalienverordnung REACH geregelt. Das Regelwerk verpflichtet Hersteller und Importeure, die Gefährlichkeit der Stoffe zu untersuchen und von ihnen ausgehende Risiken zu bewerten, um einen ausreichenden Schutz von Gesundheit und Umwelt zu gewährleisten. Dazu müssen sie nach einem verbindlichen Zeitplan Daten zur Toxizität und zur Verwendung einschließlich der Einschätzung, inwieweit Menschen diesen Stoffen ausgesetzt sein können, bei der europäischen Chemikalienagentur ECHA in Helsinki vorlegen. Hochvolumige Stoffe sowie Stoffe mit bestimmten gefährlichen Eigenschaften waren bis Ende 2010 zu registrieren. Bis 1. Juni 2013 folgen Stoffe im Mengenbereich von 100 bis 1.000 Tonnen pro Jahr (t/a) und bis 1. Juni 2018 der Bereich 1 bis 100 t/a.

Bei der Registrierung müssen bestimmte Grunddaten und für Stoffe ab 10 t/a ein Stoffsicherheitsbericht vorgelegt werden. Dieser dokumentiert die Ableitung eventueller gefährlicher Eigenschaften und beschreibt die Voraussetzungen für die sichere Verwendung. REACH regelt daneben die Kommunikation innerhalb der Lieferkette - vom Produzenten über den Verarbeiter bis hin zum industriellen Anwender. Die Zulassungspflicht der besonders besorgniserregenden Stoffe und die Auskunftspflicht der Bevölkerung gegenüber dem Handel fördern die Substitution zugunsten weniger gefährlicher Ersatzstoffe und Alternativmethoden. REACH erlaubt auch, die Verwendung und Produktion von Stoffen zu beschränken.

Kasten) die Liste der besonders zur Besorgnis Anlass gebenden Stoffe. Solche Stoffe dürfen nur mit besonderer Zulassung verwendet werden. Damit diese Regelungen greifen und Gesetzgeber und Behörden sie durchsetzen können, müssen Hersteller und Importeure Daten zur Bewertung zur Verfügung stellen.

Arzneimittel sind eine besonders sensible Produktgruppe. Sie werden in Mensch und Tier meist unvollständig abgebaut (metabolisiert) und sind häufig in der Umwelt stabil. Für Humanarzneimittel sind PBT-Eigenschaften bisher nicht zulassungsrelevant. Sie können auch bei vorhandenen Umwelttrisiken zugelassen werden, weil der Nutzen für die Patienten wesentlich höher eingestuft wird als potenzielle Risiken für die Gewässer und die übrige Umwelt. Tierarzneimittel hingegen werden nach einer Nutzen-Risiko-Analyse zugelassen, dabei werden auch für die Umwelt relevante Eigenschaften einschließlich der PBT-Eigenschaften berücksichtigt. Dies kann auch dazu führen, dass ein bestimmtes Tierarzneimittel nicht zugelassen wird oder dass die Zulassung mit bestimmten Anwendungsaufgaben verbunden wird.

### ARZNEIMITTEL

*Viele Pharmaka werden im Körper nicht vollständig abgebaut und sind in der Umwelt stabil*

Die Regelung von CMR-, PBT- und vPvB-Chemikalien ist nur ein Teilschritt zu Nachhaltigkeit, weil sich für die bekannten Wirkungsmerkmale der Human- und Ökotoxizität in den letzten Jahren neue Herausforderungen für die Stoffbewertung ergaben. So stellte das UBA fest, dass sich die Wirkung von Chemikalien in der Umwelt und beim Menschen gegenseitig beeinflusst und häufig addiert. Umwelt und Mensch sind im Alltag vielfältigen Chemikalienmischungen ausgesetzt, erste Ansätze zur Bewertung solcher Effekte werden derzeit entwickelt. Dazu müssen auch hormonelle Wirkungen von Chemikalien in der gesetzlichen Stoffbewertung zukünftig stärker berücksichtigt werden. Besondere Aufmerksamkeit als empfindlichste Bevölkerungsgruppe verdienen die bereits geborenen und die noch im Mutterleib befindlichen Kinder.





### PFLANZENSCHUTZMITTEL

*Sie unterliegen zum Schutz der Verbraucher und der Umwelt einem strengen Zulassungsverfahren*

### CHEMIKALIEN UMWELTVERTRÄGLICHER EINSETZEN

Das Kriterium der inhärenten Stoffsicherheit stößt an seine Grenzen, wenn bestimmte gefährliche Eigenschaften wichtig sind. So müssen Brennstoffe entzündlich und Stabilisatoren stabil (persistent) sein. Außerdem wird kein Pflanzenschutzmittel zugelassen, welches nicht wirksam ist. Das bedeutet, dass es dort, wo es ausgebracht wird, Pilze, Schnecken, Insekten, Mäuse oder konkurrierende Pflanzen abtötet. Außer dieser direkten, abtötenden Wirkung hat der Pflanzenschutzmittel-Einsatz aber auch indirekte Folgen: Wo es keine Insekten gibt, gibt es auch keine von Insekten lebenden Vögel; wo die Mäuse abgetötet werden, verhungern die Eulen. Daher dürfen Strategien zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nicht allein auf der Zulassung von Wirkstoffen und Produkten beruhen. Pflanzenschutzmittel sind ein Beispiel hochwirksamer Gifte, die offen in der Umwelt ausgebracht werden. Zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher sowie der Umwelt unterliegen sie in Europa einem strengen Zulassungsverfahren. Damit wird aber nur die Vertretbarkeit einzelner Mittel sichergestellt und nicht etwa die Vertretbarkeit der Verwendung der Pflanzenschutzmittel insgesamt hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Gewässer, Böden und Ökosysteme. Die tatsächliche Praxis des chemischen Pflanzenschutzes ist daher nicht nachhaltig, sondern verursacht einen fortschreitenden Verlust an biologischer Vielfalt in Europas Agrarlandschaften. Für eine nachhaltige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln muss der Eintrag deshalb insgesamt reduziert werden. Zusätzlich muss ihre Anwendung durch ökologische Ausgleichsflächen wie Brachen oder Blühstreifen und mehr ökologischen Landbau kompensiert werden. Das UBA unterstützt daher die Umsetzung der europäischen Rahmenrichtlinie zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und entwickelt auch Regeln für den nachhaltigen Gebrauch von Bioziden.

Nachhaltiges Wirtschaften mit Chemikalien muss aber noch weitere Aspekte berücksichtigen. Das Treibhausgaspotenzial kann bei einigen Chemikalien deutlich höher sein als bei Kohlendioxid, während andere Stoffe die stratosphärische Ozonschicht zerstören. Anhand von physikalisch-chemischen Eigenschaften wie der Flüchtigkeit lässt sich beurteilen, wie Chemikalien Mensch und Um-



welt erreichen. Zur Prüfung der Nachhaltigkeit von Chemikalien gehören auch die Beachtung des spezifischen Ressourcenbedarfs (Energie, Roh- und Hilfsstoffe), die Ausbeute bei der Herstellung, die Emissionen in Luft, Wasser und Boden sowie anfallender Abfall. Weil die meisten Chemikalien auf verschiedenen Synthesewegen produziert werden können, kann ihr Energie- und Ressourcenbedarf unterschiedlich sein. Das UBA hat einen Leitfaden zur Bewertung des nachhaltigen Einsatzes von Chemikalien entwickelt [12] und fördert übergreifende Managementansätze wie das Chemikalienleasing, um neue Wege für die Chemikalienverwendung aufzuzeigen.

### STÄRKERE DIENSTLEISTUNGEN, VERRINGERTER CHEMIKALIENVERBRAUCH

Chemikalienleasing ist ein dienstleistungsorientiertes Geschäftsmodell. Hersteller oder Händler verkaufen nicht die Chemikalie – etwa ein Lösemittel zur Entfettung einer Oberfläche –, sondern bieten dem Käufer die Funktion oder Dienstleistung zusammen mit fach- und umweltgerechter Nutzung, Aufbereitung und Entsorgung an. Das Geschäft begründet sich am Know-how und nicht wie bisher an den verkauften Mengen der Chemikalien. Bereits seit mehreren Jahren erproben einzelne Unternehmen das Konzept – etwa in der Metallverarbeitung oder in der Nahrungsmittelindustrie.

Chemikalienleasing kann zu Ressourcenschonung und Reduktion von Umweltbelastungen beitragen [13]. Allerdings bleiben noch Fragen zu klären, zum Beispiel: Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, um Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse zu wahren? Und wie müssen Leasingpartner ihre Verträge gestalten, damit die Vorteile für Umwelt, Gesundheit und Ökonomie gleichermaßen fair verteilt sind? Das Managementkonzept ist nicht nur für Industriestaaten interessant, sondern auch für Schwellen- und Entwicklungsländer. Seit 2004 unterstützt die Organisation der Vereinten Nationen für Industrielle Entwicklung (UNIDO) diese Initiative mit Projekten in zwölf Pilotländern. Erfahrungen aus den Projekten sind über das Internet verfügbar.

## PRODUKTE - DIE CHEMIE MUSS STIMMEN

Ob im Computergehäuse, in Kleidung und Möbeln, in Bodenbelägen und Klebern oder im Kinderspielzeug: Chemikalien stecken in vielen Produkten des Alltags. Sie verleihen ihnen Form, Farbe, Haltbarkeit, Konsistenz und weitere nützliche Eigenschaften. Chemikalien werden als Hilfsstoffe (zum Beispiel Farbstoffe, Weichmacher, Flammschutzmittel), aber auch zur Herstellung von Werkstoffen (etwa Kunststoffe) eingesetzt. Die Auswahl der Werk- und Hilfsstoffe beeinflusst den Ressourcen- und Energieverbrauch sowie die Recyclierbarkeit der Produkte. Chemikalien können nicht nur während der Herstellung oder Entsorgung der Produkte in die Umwelt gelangen, sondern auch während ihres Gebrauchs. Zur nachhaltigen Gestaltung von Produkten müssen daher Stoffe mit möglichst geringer Gefährlichkeit eingesetzt werden. Es gilt, Emissionen und Einträge in die Umwelt zu minimieren sowie die ressourcenschonende Herstellung langlebiger Produkte zu fördern. Das UBA setzt sich für die Substitution von gesundheitsgefährdenden und klimaschädlichen Chemikalien ein.

## AUSSCHLUSS KRITISCHER CHEMIKALIEN AUS PRODUKTEN

Der Ersatz besonders besorgniserregender Stoffe in Produkten wird mittelfristig durch die Chemikalienverordnung REACH angestrebt. Freiwillige Umweltzeichen können dagegen helfen, schneller und weitreichender auf unkritische Stoffe umzustellen. So fordert die EU-Umweltzeichen-Verordnung, die seit Februar 2010 gilt, den generellen Ausschluss von Stoffen mit bestimmten kritischen Eigenschaften. Produkte mit der „Euroblume“ dürfen weder Chemikalien mit CMR-, PBT- oder vPvB-Eigenschaften noch als giftig beziehungsweise umweltgefährlich eingestufte Chemikalien enthalten. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt der „Blaue Engel“. Das UBA tritt dafür ein, dass Hersteller darüber hinaus auch atemwegs- und hautsensibilisierende Stoffe vermeiden sowie Stoffe, die bei der Abfallbehandlung giftige Transformationsprodukte bilden können [14]. Diese Kriterien führen dann beispielsweise zum Ausschluss reproduktionstoxischer Weichmacher in Bodenbelägen oder halogenhaltiger Flammschutzmittel in Gehäusekunststoffen. Für bestimmte gefährliche Chemikalien gibt es jedoch noch keinen technisch geeigneten Ersatz, so dass man als Zwischenlösung ihre sichere Anwendung im Einzelfall prüfen muss.

## EMISSIONSPRÜFUNGEN VON PRODUKTEN

Schädliche Emissionen während der Nutzungsphase lassen sich mithilfe von Emissionsprüfungen bewerten. Viele Produkte, auch einige Bauprodukte, müssen sich in Deutschland einer Emissionsprüfung unterziehen, um zur Verwendung im Innenraum zugelassen zu werden oder ein Gütezeichen zu erwerben. Dazu hat der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) das AgBB-Schema erarbeitet: Bauprodukte wie Bodenbeläge, Farben oder Klebstoffe werden 28 Tage lang in einer Prüfkammer getestet und die dabei emittierten flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) nach einem festgelegten Verfahren bewertet. Auch der „Blaue Engel“ nutzt bei diversen Produktgruppen dieses Prüfschema. Seit Kurzem existieren auch Vorschläge, eine Geruchsprüfung von Produkten in das AgBB-Schema aufzunehmen [15].

**Beispiel Teppichböden:** Noch in den 1980er-Jahren hatten Teppichböden meist einen intensiven und unangenehmen Geruch, wofür der Stoff 4-Phenylcyclohexen (4-PCH) verantwortlich war. Dieser Stoff entstand bei der Herstellung des Schaumrückens und des Klebstoffes aus Styrol-Butadien-Latex als Nebenprodukt. Als immer weniger Verbraucherinnen und Verbraucher bereit waren, teilweise monatelange Geruchsbelästigungen hinzunehmen, ersetzte die Industrie den Schaumrücken durch einen textilen Zweitrücken. Dieser wird zwar häufig immer noch mit Styrol-Butadien-Latex verklebt, durch die geringere Menge hat die Geruchsbelästigung jedoch deutlich abgenommen. Seit die Gebäude aus Energiespargründen dichter werden, reicht diese Verringerung nicht mehr aus. Heute kann die Teppichindustrie mit Schmelz- oder Dispersionsklebstoffen nahezu geruchsfreie Teppichböden herstellen. Ein nächster Innovationsschritt sind robuste Teppichböden, die im Normalfall nicht mehr verklebt werden müssen. Diese Technik geht einen weiteren Schritt in Richtung Nachhaltigkeit, da neben einer längeren Lebensdauer auch Klebstoffreste nicht mehr entfernt werden müssen.

## CHEMIE IM ALLTAG

*Chemikalien stecken in vielen Produkten des täglichen Lebens*



## MEHR TRANSPARENZ DURCH GEREGLTE DEKLARATION

Um Wirkungen von Chemikalien sichtbar zu machen, gibt es ein weltweit harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen (*Globally Harmonised System, GHS*), das in Europa durch die sogenannte CLP-Verordnung (*Classification, Labelling, Packaging*) umgesetzt ist. Voraussetzung dafür sind Informationen und Daten zu den gefährlichen Stoffeigenschaften (zum Beispiel der Umweltgefährlichkeit, Explosivität oder erbgutverändernden Eigenschaften eines Stoffes), die auch durch die REACH-Verordnung gewonnen werden. In Zukunft wird es bei der europäischen Chemikalienagentur ein Verzeichnis geben, in dem Einstufungen von Chemikalien gespeichert und damit ihre Wirkungen für alle Wirtschaftsakteure, Behörden sowie Bürgerinnen und Bürger transparenter werden.

Als wichtiges Instrument erweisen sich Deklarationspflichten von Chemikalien in Produkten. Sie schließen keine Stoffe aus, sondern schaffen bei Herstellern und ihren Kundinnen und Kunden ein erhöhtes Bewusstsein für die eingesetzten Stoffe und lösen so häufig langfristige Veränderungen aus. Dadurch können Konsumenten bestimmte Stoffe bewusst vermeiden. Zu unterscheiden ist die Volldeklaration, die wie bei Kosmetika sämtliche Inhaltsstoffe angibt, von der Deklaration einzelner Stoffe mit bestimmten Funktionen, wie bei Bioziden. Aus Sicht des UBA ist eine Volldeklaration auch für Bauprodukte oder Textilien sinnvoll. Als erster Schritt sollten die „besonders besorgniserregenden Stoffe“ (*Substances of Very High Concern, SVHC*) gemäß REACH-Verordnung direkt auf den Produkten deklariert werden. Bis heute besteht nur ein Auskunftsrecht, das die aktive Nachfrage der Verbraucherinnen und Verbraucher voraussetzt.

## UNTERNEHMERISCHE VERANTWORTUNG STÄRKEN

Für mehr Produktsicherheit und Verbraucherschutz bedarf es staatlicher Rahmenbedingungen – und unternehmerischer Verantwortung. Die Chemiebranche hat in den vergangenen zwei Jahrzehnten erhebliche Anstrengungen unternommen, um das durch Funde gefährlicher Stoffe in verbrauchernahen Produkten entstandene negative Image zu verbessern. Diese Initiativen sind zum Teil ein Erfolg aktiver und vorausschauender Selbstverantwortung der chemischen Industrie. Häufig folgten sie aber auch reaktiv erheblichen Problemen, die in der Umwelt, am Arbeitsplatz und bei den Verbraucherinnen und Verbrauchern als Folge des Umgangs mit Chemikalien auftraten. Doch die stoffliche Substitution gefährlicher Chemikalien ist nicht per se risikoärmer. Zuweilen entpuppen sich Alternativen zu schädlichen Chemikalien ebenfalls als nicht nachhaltig.

**Beispiel Kältemittel** für Autoklimaanlagen: Über 96 Prozent aller Neufahrzeuge in Deutschland sind heute mit einer Klimaanlage ausgerüstet. Pkw-Klimaanlagen enthalten bislang einen teilfluorierten Kohlenwasserstoff als Kältemittel (R134a), der wesentlich zur Erhöhung des Treibhauseffektes beiträgt. Derzeit stammen etwa 30 Prozent der weltweiten Emissionen teilfluorierter Kohlenwasserstoffe aus Pkw-Klimaanlagen. Deshalb ist dieses Kältemittel in Europa ab dem Jahr 2011 bei neuen Fahrzeugtypen durch einen weniger klimaschädlichen Stoff zu ersetzen. Lange Zeit setzte die Automobilindustrie auf Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) als Kältemittel für eine umweltfreundliche und klimaschonende Lösung mit hohem Innovationspotenzial. Nachdem alle technischen Entwicklungen abgeschlossen waren und die neuen Klimaanlagentypen in Großserie gebaut werden sollten, stellte ein Chemieproduzent den neuen Stoff Tetrafluor-



propen (R1234yf) als Kältemittel vor. Mit diesem Stoff sind aber auch einige schwer lösbare Probleme verbunden (Brennbarkeit, Fluorwasserstoffbildung im Brandfall, Langzeitstabilität, schlechtere Energieeffizienz) [16]. Würden weltweit alle Autos mit Tetrafluorpropen-haltigen Klimaanlage ausgerüstet, können künftig jährlich mehrere 100.000 Tonnen der stabilen und algengiftigen Trifluoressigsäure als photochemisches Abbauprodukt in Gewässer gelangen und sich dort anreichern – eine nicht nachhaltige und unnötige Belastung. Für den globalen Klimaschutz ergäben sich aber auch problematische Folgen, wenn das bisherige extrem klimaschädliche, aber kostengünstigere R134a als Kältemittel in die neuen Anlagen nachgefüllt würde. Dies wäre bei Autoklimaanlagen mit dem Kältemittel CO<sub>2</sub> technisch nicht möglich.

#### **UMWELTSTANDARDS IN GLOBALISIERTEN MÄRKTEN ETABLIEREN**

Um chemische Produktions- und Verarbeitungsprozesse insgesamt nachhaltiger zu gestalten, müssen die Unternehmen ihre Produktionsprozesse weiterentwickeln und innovative Technikansätze einsetzen. Investitionen in betriebliche Umweltmaßnahmen zahlen sich mittel- und langfristig für die Unternehmen aus. Wer mit weniger Ressourcen wie Energie und Wasser auskommt, senkt auch seine Betriebskosten und stärkt gleichzeitig seine Wettbewerbsposition. Ebenso fallen geringere Ausgaben für die Abwasser- und Abgasreinigung an, denn wer die Schadstoffe darin im Vorhinein verringern kann, braucht weniger für deren Reinigung zu bezahlen.

Die Richtlinie der Europäischen Union über Industrieemissionen regelt die Genehmigung besonders umweltrelevanter Industrieanlagen auf der Grundlage eines medienübergreifenden Konzeptes. Im Hinblick auf eine europäische Harmonisierung der besten verfügbaren Techniken (BVT) sieht Artikel 13 der Richtlinie einen Informationsaustausch vor. Diese fachliche Arbeit erfolgt in technischen Arbeitsgruppen, in denen Experten aus den Behörden der Mitgliedstaaten, aus der Industrie und den Umweltverbänden mitarbeiten. Die Ergebnisse des Informationsaustausches werden in BVT-Merkblättern niedergeschrieben, die die Grundlage bei der Festlegung von Genehmigungsaufgaben bilden. Neben acht BVT-Merkblättern der Chemiebranche sind eine Reihe weiterer Merkblätter wie die für die Textilindustrie erarbeitet worden.

Die europäischen BVT-Merkblätter können grundsätzlich weltweit genutzt werden. So hat beispielsweise die International Finance Corporation (IFC) – eine Weltbanktochter und weltweit größter Kreditgeber privater Industrieprojekte – branchenbezogene Leitfäden auf der Basis der BVT erstellt. Die IFC verpflichtet ihre Kreditnehmer, auf Grundlage dieser Leitfäden Umweltfragen bei ihren Vorhaben zu berücksichtigen. Dennoch konnten sich die in den BVT-Merkblättern genannten Verbesserungen in Schwellen- und Entwicklungsländern noch nicht durchsetzen. Deshalb arbeitet das UBA nicht nur auf nationaler und europäischer, sondern auch auf internationaler Ebene an Umweltstandards für Industrieanlagen mit, um eine Entwicklung in Richtung nachhaltiger Produktion zu bewirken.

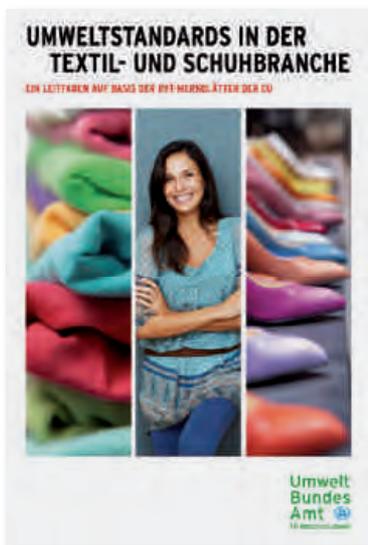
## **12 KRITERIEN FÜR DIE ERMITTLUNG DER BESTEN VERFÜGBAREN TECHNIKEN**

- Einsatz abfallarmer Technologie
- Einsatz weniger gefährlicher Stoffe
- Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und Abfälle
- Vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im industriellen Maßstab erprobt wurden
- Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen
- Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen
- Zeitpunkte der Inbetriebnahme der Anlagen
- Erforderliche Zeit für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik
- Verbrauch und Art der verwendeten Rohstoffe und Energieeffizienz
- Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern
- Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für die Umwelt zu verringern
- Von internationalen Organisationen veröffentlichte Informationen

## UMWELTSTANDARDS IN TEXTIL- UND LEDERPRODUKTION

Wichtige Beispiele für die Globalisierung von Produktion und Konsum sind neben der chemischen Industrie Bekleidung und Schuhe. Ihre Massenproduktion in Schwellen- und Entwicklungsländern verursacht erhebliche Probleme für Umwelt und soziale Strukturen. So sind zum Beispiel regionale Wasservorkommen durch Chemikalien aus der Textilveredlung und aus der Gerbung hoch belastet. Große Handelsunternehmen und Markenfirmen sind wesentliche Akteure bei der Förderung der Anwendung von BVT in Schwellen- und Entwicklungsländern. Sie dienen als entscheidendes Glied zwischen umweltbezogenen Anforderungen der Verbraucher und den Produzenten.

Das UBA hat 2011 gemeinsam mit Handels- und Markenfirmen sowie zivilgesellschaftlichen Verbänden den Leitfaden „Umweltstandards in der Textil- und Schuhbranche“ herausgegeben. Sein Inhalt stützt sich auf die europäischen BVT-Merkblätter. Ziele des Leitfadens sind die Vertiefung der Kenntnisse und Kooperationen aller Unternehmen der Lieferkette sowie die Harmonisierung von Umweltstandards weltweit auf hohem Niveau. Die Broschüre behandelt Themen wie Energie, Wasser und Chemikalien und weist Einsparpotenziale für diese Ressourcen auf. Das Fazit für Unternehmen lautet: Umweltschutz lohnt sich!



## ARZNEIMITTELWIRKSTOFFE - RISIKEN NICHT INS AUSLAND VERLAGERN

Immer mehr Arzneimittelwirkstoffe gefährden Ökosysteme und die Qualität des Trinkwassers: Mehr als 100 Wirkstoffe sind in Flüssen und Seen, in Grundwasser, Boden und Meeren nachgewiesen [17], [18]. Kläranlagen entfernen nur geringe Mengen dieser Stoffe. Im Gegensatz zu Pflanzenschutzmitteln wer-



## ARZNEIMITTELWIRKSTOFFE

*Mehr als 100 Wirkstoffe sind in Gewässern und Böden nachgewiesen*

den Arzneimittel das ganze Jahr über angewendet und in die Umwelt eingetragen. Sie wirken auch in der Umwelt schon in geringen Konzentrationen: Bereits weniger als zwei Nanogramm pro Liter (ng/l) des Hormons Ethinylestradiol der Antibabypille löst Effekte bei Fischen aus [19].

In der Forschung und Entwicklung von Arzneimittelwirkstoffen bleiben Umweltauswirkungen bisher meist unberücksichtigt. Die Mehrzahl der Arzneimittelwirkstoffe ist schwer biologisch abbaubar, sodass sie lange im Wasser, Sediment oder Boden verweilen und wirken. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen arbeiten mit Unterstützung des UBA an Konzepten zu nachhaltigeren Arzneimitteln, die leicht abbaubar sind (Green Pharmacy). Erfolg hatte man bereits bei einem Mittel gegen Krebs, ohne dass seine Wirkung beeinträchtigt ist [20].

Arzneimittelwirkstoffe werden heute überwiegend in Entwicklungs- und Schwellenländern produziert, wo Probleme wegen hoher Wirkstoffkonzentrationen in der Umwelt entstehen [21]. An einem Standort in Indien liegen sie im Flusswasser im Milligramm-pro-Liter-Bereich und im Brunnenwasser mehr als 100-fach über dem europäischen Grenzwert für Tierarzneimittelwirkstoffe im Grundwasser. Dadurch können Antibiotikaresistenzgene bei Menschen und Tieren gefördert werden, die sich weltweit verbreiten können [22]. In Schweden informieren Fachleute die Patientinnen und Patienten über die sozialen und ökologischen Folgen der Arzneimittelproduktion in Entwicklungsländern [23], [24]. Sie suchen nach Wegen, diese beim Kauf von Arzneimitteln zu berücksichtigen. Das UBA unterstützt die schwedische Forderung, auf europäischer Ebene durch Gesetze und Leitlinien die Umweltauswirkungen der Arzneimittelproduktion zu regeln. Deshalb ist die Kenntnis des Verhaltens dieser Mittel in der Umwelt wichtig. In der Zulassung neuer Tier- und Humanarzneimittel bewertet das UBA die Umweltauswirkungen der Mittel. Auch das Thema BVT in globalisierten Märkten muss weiter gefördert werden, wozu man den Behörden in Zulieferländern Hilfestellungen für die Umsetzung von Umweltstandards und fachlichen Austausch anbieten kann.



#### CHEMIEUNFALL IN BHOPAL

*Demonstrantinnen erinnern anlässlich des 25. Jahrestages des Giftunglücks an dessen Folgen*

#### VERANTWORTLICHES HANDELN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

Am 3. Dezember 1984 ereignete sich in der indischen Stadt Bhopal in einem Betrieb der Union Carbide India Ltd. ein folgenschwerer Chemieunfall. Wegen zahlreicher Mängel, Fehler und nicht funktionierender Sicherheitseinrichtungen gelangte eine Gaswolke aus 20 bis 30 Tonnen des sehr giftigen Zwischenproduktes Methylisocyanat in die Atmosphäre. In der ersten Woche starben mindestens 2.500 Menschen und 500.000 wurden zum Teil schwer verletzt. Noch Jahre später waren bis zu 50.000 Menschen infolge des Unfalls behindert und die Sterblichkeitsrate in der Bevölkerung erhöht. In Bhopal lebten zum Zeitpunkt des Unglücks etwa 700.000 Menschen, davon 130.000 in unmittelbarer Nähe zum Betrieb. Das Unglück ist die bis heute schlimmste Chemiekatastrophe.

Das Bhopal-Unglück löste weltweit Aktivitäten aus, chemische Betriebe sicherer zu machen. Bereits aufgrund früherer Störfälle, wie dem in der italienischen Stadt Seveso 1976, schuf Deutschland 1980 mit der Störfall-Verordnung und 1982 die EU in der sogenannten Seveso-Richtlinie ein übergreifendes Anlagensicherheitsrecht. Die Störfall-Verordnung fordert ein stringentes Sicherheitskonzept, um Störfälle zu verhindern oder deren Auswirkungen zu begrenzen. Systematische sicherheitsanalytische Untersuchungen industrieller Produktionsverfahren und Anlagen sind heute Standard.

Auch die Branche selbst reagierte auf die zunehmende Verunsicherung und die Ängste der Menschen vor der Chemieindustrie und ihren Produkten, um Schaden abzuwenden. Infolge des Bhopal-Unglücks entstand in Kanada die Initiative „Responsible Care“, die Leitlinien und Prinzipien für verantwortliches Handeln der Chemieunter-

nehmen festlegt. Diese berücksichtigen Gesundheits-, Umwelt- und Sicherheitsaspekte sowohl bei der Entwicklung neuer Produkte und Verfahren als auch im Dialog mit Abnehmern, Weiterverarbeitern und Anwendern. Vor über 20 Jahren hat sich der Verband der Chemischen Industrie (VCI) den Grundsätzen des „Responsible Care“ verpflichtet. Auf internationaler Ebene veröffentlichte 2006 der Weltchemieverband ICCA die „Responsible Care Global Charter“. Deren Umsetzung ist jedoch den Unternehmen freigestellt. Das UBA begrüßt diese Initiativen der chemischen Industrie; es sieht aber auch den Bedarf verbindlicher Regelungen, weil freiwillige Vereinbarungen gesetzliche Vorgaben ergänzen, aber nicht ersetzen können.

#### UMGANG MIT RISIKEN - ANLAGENSICHERHEIT UND STÖRFALLVORSORGE

Unternehmen, bei denen gefährliche Stoffe vorhanden sind oder entstehen können, haben die Verantwortung, Störfälle wie Explosionen, Brände und Freisetzungen dieser Stoffe zu vermeiden. Sollten sich diese dennoch ereignen, müssen sie die Auswirkungen begrenzen. In Deutschland wird das über die Störfall-Verordnung (12. BImSchV) geregelt, während auf europäischer Ebene die Seveso-Richtlinie gilt. Diese Regelungen wurden mehrfach dem Stand der Sicherheitstechnik angepasst. Zurzeit wird die Seveso-Richtlinie zur Anpassung an das neue Einstufungsrecht für Chemikalien novelliert. In Deutschland werden meldepflichtige Ereignisse an die Zentrale Melde- und Auswertestelle für Ereignisse in verfahrenstechnischen Anlagen (ZEMA) beim UBA gemeldet. Das UBA bereitet die Daten auf und macht sie für Betreiber, Behörden und die Öffentlichkeit über das Internet verfügbar. Mehr Sicherheit erreicht man, wenn Unternehmen auch kleinere Ereignisse und Beinahe-Ereignisse auswerten und kommunizieren.

Angesichts der globalen Aufstellung der Chemieindustrie ist eine internationale Harmonisierung von Sicherheitsanforderungen dringend geboten. Die OECD gibt daher Leitprinzipien für die Verhinderung, Bereitschaft für den Fall und Bekämpfung von Chemieunfällen heraus. Darin werden Empfehlungen für Anforderungen an die Sicherheitskultur in Unternehmen, Sicherheitsmanagement, Notfallplanung und Begrenzung von Unfallfolgen, systematisches Lernen aus Unfällen, Beteiligung der Öffentlichkeit und internationale Zusammenarbeit gegeben, die über die OECD-Mitgliedstaaten hinaus für eine nachhaltige Chemieproduktion Bedeutung erlangt haben.

Unternehmen in Industriestaaten müssen auch Verantwortung für die Sicherheit ihrer Chemieanlagen in weniger entwickelten Ländern übernehmen. Sicherheitsstandards dürfen nicht geringer als in Europa oder Nordamerika sein. Dafür wurden von der OECD und der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) Leitfäden erarbeitet. Diese fordern bei dortigen Investitionen das gleiche Sicherheitsniveau wie in Industriestaaten. Dies gilt auch für deutsche Unternehmen.

In den letzten Jahren hat das Thema „umgebungsbedingte Gefahren“ wie Erdbeben, Hochwasser und Stürme auch in Zusammenhang mit dem Klimawandel an Bedeutung für die Störfallvorsorge zugenommen. Das UBA leitet daher die Arbeitsgruppe „Natech“ (durch natürliche Gefahren ausgelöste Chemieunfälle) der *OECD-Working Group on Chemical Accidents* und wird 2012 einen OECD-Workshop „Natech Risk Management“ organisie-

ren. Die Kommission für Anlagensicherheit hat bereits eine Technische Regel „Niederschläge und Hochwasser“ verabschiedet, in der unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels Anforderungen gegen diese Gefahrenquellen festgelegt sind.

Vor allem bei der Entwicklung und Auswahl von Verfahren sollten Unternehmen zunächst prüfen, ob Gefahrenpotenziale vermindert werden können. Dazu kann man gefährliche Stoffe durch weniger gefährliche oder unbedenkliche ersetzen, ihre Mengen verringern, gefährliche Prozessbedingungen wie hohe Drücke und hohe Temperaturen vermeiden sowie Anlagen und Abläufe vereinfachen. Einige Beispiele deuten darauf hin, dass diese Prinzipien der „inhärenten Sicherheit“ weitgehend angewandt werden können. Das UBA wird diese Frage weiter untersuchen.

Bei Unfällen mit Gewässerkontaminationen müssen auch internationale Auswirkungen berücksichtigt werden. Das UBA ist fachlich federführend in einigen internationalen Flussgebietskommissionen tätig. Auf Basis ihrer sicherheitstechnischen Empfehlungen zur Störfallvorsorge und Anlagensicherheit ist ein Leitfaden für das Training von Inspektoren entstanden, der sowohl in Osteuropa als auch in der Ausbildung chinesischer Inspektoren erfolgreich eingesetzt wird. Anlässlich des 25. Jahrestages des Unfalls beim Chemieunternehmen Sandoz organisierte das UBA 2011 eine internationale Veranstaltung unter der Schirmherrschaft der UNECE, um das in diesem Gebiet bisher Erreichte darzustellen und noch vorhandene Defizite zu ermitteln.



## ANLAGENSICHERHEIT

*Verhindern, was nicht passieren darf: In Deutschland wird das über die Störfallverordnung geregelt*

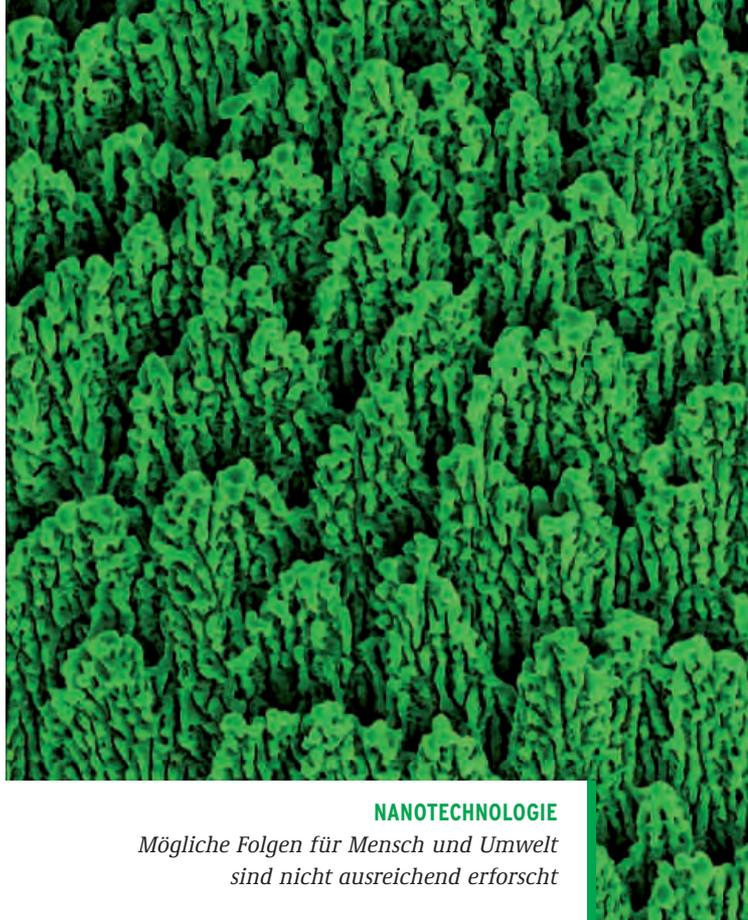
## NACHHALTIGKEITS-CHECK FÜR PRODUKTE MIT NANOMATERIALIEN

Nanotechnik ist die Herstellung von Materialien oder deren Anwendung in Prozessen, die eine Strukturgröße bis zu 100 Nanometer erreichen. Ein Nanometer entspricht dem Millionstel eines Millimeters. In diesem Größenbereich ändern sich die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Materialien, aus denen neuartige Produkte und Anwendungen entstehen. Bei einer verantwortungsvollen Entwicklung der Nanotechnik im Sinne des Vorsorgeprinzips müssen Risiken vermieden und der Prozess nachhaltiger Innovationen unterstützt werden. Hierzu muss man wichtige Grundlagen zu einem integrierten Ansatz entwickeln, mit dem man Nutzen und Risiken trotz möglicher Wissensdefizite hinreichend einschätzen kann. Ein solcher Ansatz kann für Unternehmen hilfreich sein, um Entscheidungen für neue technische Anwendungen zu treffen. Er hilft auch Behörden bei der Genehmigung solcher Produkte oder bei der Bewilligung der Förderung von Forschungsprojekten.

Die NanoKommission der Bundesregierung hat in ihrer zweiten Arbeitsphase (2009–2011) Grundlagen für einen Leitfaden zur Gegenüberstellung von Nutzen- und Risikoaspekten von Nanoprodukten entwickelt [25]. Dieser soll Nutzen und Risiken von Produkten, die Nanomaterialien enthalten, trotz möglicher Datenlücken sinnvoll einschätzen. Dabei sind in den Kategorien Umwelt, Verbraucher, Arbeitnehmer, Gesellschaft und Unternehmen mehrere Kriterien zu bearbeiten, die auch die verschiedenen Phasen des Lebenszyklus (Produktion, Gebrauch, Entsorgung) berücksichtigen.

Das Öko-Institut Darmstadt hat im Auftrag des UBA einen sogenannten Nano-Nachhaltigkeits-Check entwickelt. Damit wird ein einheitliches Raster geschaffen, um Umweltbe- und -entlastungen, aber auch Risiken und Herausforderungen für die Markteinführung von Produkten mit Nanomaterialien zu identifizieren. Im Zentrum dieses Nano-Nachhaltigkeits-Checks steht ein Bewertungsraster, mit dem Nanoprodukte im Vergleich zu einem Referenzprodukt (ein Produkt ohne Nanomaterialien, aber mit gleicher Anwendung) analysiert werden. Mithilfe von 14 Schlüsselindikatoren können mögliche Umwelt- und Nachhaltigkeitsrisiken identifiziert werden. Schlüsselindikatoren sind beispielsweise der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zur Erfassung des Treibhausgaspotenzials, Energieeffizienz, Recyclingfähigkeit, Arbeits- und Gesundheitsschutz, Gebrauchsnutzen und Lebenszykluskosten.

Der Nano-Nachhaltigkeits-Check dient in erster Linie zur internen Bewertung für Unternehmen. Seine Ergebnisse bilden eine Diskussionsgrundlage sowie einen Kompass für die strategische Optimierung von Nano-Produkten. Beide Instrumente erleichtern die erste Einschätzung von Nutzen- und Risikoaspekten von Nanoprodukten und fördern eine transparente und sachliche Diskussion. Eine



### NANOTECHNOLOGIE

*Mögliche Folgen für Mensch und Umwelt sind nicht ausreichend erforscht*

umfassende Bewertung von Nutzen und Risiken bleibt weitergehenden Instrumenten vorbehalten (Ökobilanz, regulatorische Risikobewertung). Aus Sicht des UBA müssen diese Instrumente zukünftig an nanospezifische Fragestellungen angepasst werden.

### INITIATIVE ZUR WEITERENTWICKLUNG DES HUMAN-BIO-MONITORINGS

Human-Biomonitoring (HBM) ist die beste Methode, um die tatsächliche körperliche Belastung der Bevölkerung mit Chemikalien zu untersuchen. Es stellt für den gesundheitsbezogenen Umweltschutz ein zentrales Informations- und Kontrollinstrument dar. Dazu liefert HBM der Umweltpolitik wissenschaftlich fundierte Daten zu folgenden Fragestellungen:

- Ob und in welchen Konzentrationen werden Stoffe vom menschlichen Organismus aufgenommen? Und belasten sie ihn langfristig?
- Sind bestimmte Bevölkerungsgruppen (zum Beispiel Kinder) besonders belastet?
- Haben Verbote oder Verwendungsbeschränkungen von Stoffen tatsächlich zu einem Rückgang der Belastung der Bevölkerung geführt?

Die deutsche Initiative zur Weiterentwicklung des HBM beruht auf einer Kooperationsvereinbarung, die im Februar 2010 zwischen dem Bundesumweltministerium und dem VCI geschlossen wurde. In den nächsten zehn Jahren wird der VCI für bis zu 50 neue Stoffe geeignete Nachweisverfahren entwickeln, die das UBA zur Untersuchung der Belastung der Bevölkerung anwenden kann. Im Zentrum der Kooperation stehen Stoffe, denen die Menschen in Deutschland möglicherweise in



### NANOMATERIALIEN IN PRODUKTEN

*Die winzigen Teilchen dienen zum Beispiel als UV-Filter in Sonnencremes*

besonderem Maße ausgesetzt sind oder die eine hohe Gesundheitsrelevanz haben, aber bislang im menschlichen Körper mangels geeigneter Nachweisverfahren nicht messbar sind. Zu den ersten Kandidaten gehören in Kunststoffen eingesetzte Weichmacher und in verbrauchernahen Produkten eingesetzte Stoffe.

Die Entwicklung der Nachweisverfahren ist ein aufwendiger und kostenintensiver Prozess. Umso beachtlicher ist es, dass Umweltministerium und VCI in einem weltweit einzigartigen Kooperationsprojekt zwischen Behörden und Industrie gemeinsam das Wissen über die reale Belastung der Bevölkerung mit wichtigen und für die Allgemeinbevölkerung relevanten Industriechemikalien verbessern wollen. Die Kooperation wird zunächst in einer dreijährigen Pilotphase erprobt.

### NACHHALTIGE CHEMIE - DIE ROLLE DER WIRTSCHAFT

Nachhaltigkeit in der Chemie ist ohne Standards zum Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit nicht möglich. Das Konzept wird jedoch nur erfolgreich sein, wenn Informationen zu Wirkungen und zu sicheren Anwendungen von Chemikalien bekannt und auf ihrem Lebensweg weitergegeben werden. Die betroffenen Unternehmen, Verbände, ihre Kunden, Umwelt- und Verbraucherschutzverbände, Wissenschaft und Behörden müssen dieses Ziel gemeinsam verfolgen. Kommunikation für ein nachhaltiges Management von Chemikalien ist in der global vernetzten Wirtschaft eine Herausforderung, wenn es um die Entwicklung zu einer globalen Green Economy geht.

Viele Chemieunternehmen stellen sich dieser Verantwortung. Gleichzeitig investieren sie auch in Forschung, Entwicklung und Innovation. Großunternehmen investieren in starke Marken, auf deren Qualität und Sicherheit die Industriekunden vertrauen. Die deutsche Chemieindustrie bezeich-

net sich selbst als wichtigsten wirtschaftlichen Innovationsmotor der deutschen Industrie. Sie trägt 17 Prozent der gesamten Aufwendungen für Forschung und Entwicklung [26]. Innovationen betreffen die Gebiete Produkte, Kunden- und Marktbeziehungen sowie Prozesse und Organisation [27]. Zugleich verkürzte sich die Dauer der Innovationszyklen in den vergangenen Jahren durch hohen wirtschaftlichen Druck wie auch durch höhere Standards für Umwelt und Gesundheit. Dadurch kann auch die Nachhaltigkeit in allen Bereichen wachsen, die mit Chemikalien wirtschaften. Ein Motor hierfür sind die steigenden Ansprüche der Kunden und der Öffentlichkeit an sichere und risikoreichere Produkte.

Innovation bedeutet jedoch nicht zwangsläufig mehr Nachhaltigkeit. Wichtig ist die Verständigung aller Akteure in der Wertschöpfungskette darüber, dass Nachhaltigkeitsziele die Entwicklungsrichtung der Innovationen bestimmen müssen. Für ein nachhaltiges Chemikalienmanagement zählen jedoch nicht nur technische Maßnahmen und innovative Produkte. Es ist nötig, dass die Unternehmen ihr unternehmerisches Handeln und dessen Auswirkungen insgesamt bewerten. Sie tragen auch die Verantwortung für langfristige Wirkungen auf die Umwelt und für den Arbeits- und Verbraucherschutz. Dazu müssen sie ihr betriebliches Management nachhaltig ausrichten und Informationen über die Wertschöpfungskette einbeziehen. Nachhaltigkeit gilt für alle Standorte und damit auch für soziale Wirkungen in weniger entwickelten Ländern. Hier müssen zum Beispiel Kinderarbeit sowie Schäden für Gesundheit und Umwelt vermieden werden. Branchenstandards helfen, unternehmerisches Handeln zu bewerten und durchzusetzen. In der Summe wirkt sich nachhaltiges Wirtschaften positiv auf die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit der deutschen Chemiebranche und auf die Beschäftigung aus.

### NACHHALTIGE CHEMIE - DIE ROLLE DER UMWELTPOLITIK

Nachhaltige Chemie setzt sich trotz ökonomischer Vorteile nicht automatisch durch. Hemmnisse bestehen zum Beispiel, wenn verfügbare Alternativen und ihr Nutzen nicht bekannt sind. Lange Entwicklungszeiten und geringe Erfolgchancen sowie hohe Investitionskosten und langfristiger Rücklauf sind ebensolche Hindernisse. Negativ wirken sich auch Pilotanlagen oder Prototypen aus, die nicht ausreichend erprobt sind. Unternehmen stellen ihre Produktion durchaus um, wenn gesetzliche oder breit abgestimmte Standards sie dazu zwingen. Hier muss die Politik das Management von Chemikalien in den Wertschöpfungsketten vorgeben, um den Trend zu nachhaltiger Entwicklung zu fördern.

Dabei lassen sich zahlreiche Umweltprobleme nicht mehr auf nationaler oder EU-Ebene lösen, sie erfordern globale Handlungsansätze. Das gilt nicht nur für den Schutz des Klimas oder der Schonung

natürlicher Ressourcen, sondern auch für ein nachhaltiges Chemikalienmanagement. Ein globaler Ansatz ist auch deshalb notwendig, weil zahllose Produkte außerhalb der EU hergestellt und auf den europäischen Markt gebracht werden – ohne dass ausreichende Standards für den Schutz natürlicher Ressourcen, der Umwelt und der Gesundheit bestehen. Dazu zählen beispielsweise die Textil- und Lederbranchen, deren Produktion inzwischen zum überwiegenden Teil in Asien stattfindet – häufig unter schlechten Bedingungen hinsichtlich des Arbeits- und Umweltschutzes. Textil- und Lederindustrie gehören eigentlich nicht zur Chemiebranche, die Gefahren für Umwelt und Gesundheit werden jedoch durch Chemikalien verursacht. Damit sind sie ein Beispiel für Produktionen, für die nachhaltiges Chemikalienmanagement von Bedeutung ist.

Abhilfe schaffen auf Dauer nur anspruchsvolle und harmonisierte weltweite Standards, internationale, völkerrechtlich verbindliche Übereinkommen setzen den Rahmen dazu. Sie sollen Rechtsprinzipien zum Schutz der Umwelt und der Gesundheit international verankern. Um dies zu erreichen, sind auch die Regeln für den Welthandel anzupassen. Sie dürfen sich nicht mehr einseitig auf den Schutz des freien Handels beschränken. Das GATT-Abkommen der Welthandelsorganisation (WTO) [28] erkennt nationale Standards zum Schutz der Umwelt und der Gesundheit an, soweit sie die heimische Wirtschaft nicht einseitig bevorteilen [29]. Dazu muss die Zusammenarbeit zwischen Handels- und Umweltabkommen weiterentwickelt werden. Der Anfang hierzu erfolgte 2001 bei der vierten Ministerkonferenz in Doha, doch auch nach zehn Jahren bleibt die Aufgabe, an deren Kohärenz zu arbeiten.

Basis für die Entwicklungen zum globalen Chemikalienmanagement sind bisher die Entscheidungen der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro: Kapitel 19 der Agenda 21 beschreibt das umweltgerechte Management von giftigen Chemikalien, einschließlich des illegalen, internationalen Transports von giftigen und gefährlichen Gütern. Diese globale Konferenz brachte eine Reihe internationaler Initiativen und Übereinkommen zur Chemikaliensicherheit hervor:

- *Globally Harmonised System (GHS)* zur weltweit einheitlichen Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien,
- Stockholmer Übereinkommen zur Regulierung persistenter organischer Schadstoffe (POPs),
- Rotterdamer Übereinkommen über das Verfahren zur vorherigen Zustimmung des Empfängerlandes beim Export von Chemikalien (*Prior Informed Consent, PIC*) zur Regulierung des internationalen Handels mit gefährlichen Stoffen,
- Basler Übereinkommen über die Kontrolle des grenzüberschreitenden Transports von gefährlichen Abfällen – und damit auch von verbrauchten Chemikalien – und ihre Entsorgung.

Bereits seit 1987 gibt es das Montrealer Protokoll zum Schutz der Ozonschicht, das ozonschichtschädigende Stoffe regelt. Ein weiteres internationales Rechtsinstrument soll ab 2013 dafür sorgen, dass der Eintrag von Quecksilber in die Umwelt vermieden wird. Eine wichtige Rolle spielt auch die OECD mit ihrem Programm für Umwelt, Gesundheit und Sicherheit. Die beteiligten Staaten entwickeln und validieren seit 1971 dabei unter anderem international gültige Test- und Bewertungsverfahren für Chemikalien und Leitlinien für den gegenseitigen Austausch und die Anerkennung von Daten (*Mutual Acceptance of Data, MAD*). Damit werden Voraussetzungen für abgestimmtes Handeln geschaffen, um nachhaltiges Chemikalienmanagement zum Nutzen für Industrie und Behörden zu erreichen.

Mit dem Strategischen Ansatz für ein Internationales Chemikalienmanagement (*Strategic Approach to International Chemical Management, SAICM*) versucht die internationale Gemeinschaft das auf dem Weltgipfel in Johannesburg festgelegte Ziel zu erreichen – nämlich, bis zum Jahr 2020 die schädlichen Wirkungen von Chemikalien auf Umwelt und menschliche Gesundheit zu reduzieren. Damit wird ein übergreifendes, globales System einer verbesserten Chemikaliensicherheit errichtet. Die zahlreichen Einzelinitiativen sollen zusammengeführt werden. Zwar ist das Instrument nicht rechtlich bindend, doch die Staatengemeinschaft findet erkennbar Wege zur weltweiten Umsetzung.

In der Zukunft müssen sich die verschiedenen Initiativen zum nachhaltigen Chemikalienmanagement auf globaler Ebene vernetzen. Ziel der Politik muss bleiben, anspruchsvolle Standards für Prüfanforderungen, Bewertungsmaßstäbe, beste verfügbare Techniken und Umweltschutzpraktiken auf globaler Ebene für ein insgesamt nachhaltiges Chemikalienmanagement zu etablieren.

#### FAZIT UND AUSBLICK

Globales Wirtschaften erfordert, Chemie auch international nachhaltig zu entwickeln und mit Chemikalien nachhaltiger zu wirtschaften. Alle Stationen des Lebenszyklus von Chemikalien mit Produktion, Verwendungen und Entsorgung müssen genau überprüft werden.

Wir müssen wirtschaftliche Aktivitäten, aber auch unsere Konsummuster in Frage stellen. Dazu können wir Alternativen schaffen oder unsere Gewohnheiten sogar vollständig umstellen, wenn sie für eine nachhaltige Zukunft nicht tragbar sind. Dafür sind Indikatoren und Maßstäbe zur Beurteilung der Nachhaltigkeit, anspruchsvolle Standards für Datenanforderungen, Bewertungsmaßstäbe und beste verfügbare Techniken sowie Umweltschutz auf globaler Ebene nötig.

In Zukunft darf sich die Wirtschaft nicht mehr darauf ausrichten, möglichst große Mengen an Che-

mikalien herzustellen und zu vermarkten – Funktion und Dienstleistung als Gesamtpaket müssen im Vordergrund stehen. Dies setzt einen Paradigmenwechsel voraus, der sich leicht formulieren lässt, für die Praxis jedoch viele Fragen aufwirft. Um gute Lösungen zu finden, bedarf es der Kommunikation aller Interessengruppen weltweit, da es in einer global vernetzten Green Economy keine Insellösungen geben kann. Die betroffenen Wirtschaftszweige – allen voran die chemische Industrie – müssen eine tragende Rolle darin übernehmen, die Chemie als Element einer stärker an Nachhaltigkeit ausgerichteten Wirtschaft zu gestalten. Das UBA wird sein Wissen und seine Erkenntnisse in diesen Prozess einbringen.

#### VERANTWORTLICH FÜR DEN TEXT:

Steffi Richter, Christopher Blum  
(IV 1.1 „Internationales Chemikalienmanagement“)

#### BETEILIGTE FACHGEBIETE:

II 1.2 „Toxikologie, Gesundheitsbezogene Umweltbetrachtung“  
III 1.4 „Stoffbezogene Produktfragen“  
III 2.1 „Übergreifende Angelegenheiten, Chemische Industrie, Feuerungsanlagen“  
III 2.3 „Anlagensicherheit“  
IV 2.2 „Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel“  
IV 2.3 „Chemikalien“

#### QUELLEN

- [1] Verband der Chemischen Industrie: Chemiemärkte weltweit, Frankfurt/Main 2011
- [2] Verband der Chemischen Industrie: Auf einen Blick – Chemische Industrie 2010, Frankfurt/Main 2010
- [3] OECD: Environmental Outlook for the Chemicals Industry, Paris 2001
- [4] OECD: OECD Environmental Outlook to 2030, Paris 2008
- [5] Umweltbundesamt: Handlungsfelder und Kriterien für eine vorsorgende nachhaltige Stoffpolitik am Beispiel PVC – Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung, Erich-Schmidt Verlag, Berlin 1999
- [6] Umweltbundesamt: Nachhaltiges Deutschland – Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung, Erich-Schmidt Verlag, Berlin 1997
- [7] Sachverständigen Rat für Umweltfragen: Umweltgutachten 1994 – Für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung, Metzler-Poeschel, Stuttgart 1994
- [8] EU-Kommission: Mitteilung der Kommission über die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips, Brüssel 2000T
- [9] Verband der Chemischen Industrie: Zukunftsfähige Energieversorgung. Daten und Fakten, Frankfurt/Main 2011
- [10] Nova-Institut: Studie zur Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, Hürth 2010
- [11] Schering, Martin: Persistenz und Reichweite, Wiley VCH, Weinheim 1999
- [12] Umweltbundesamt: Guide on Sustainable Chemicals – A decision tool for substance manufacturers, formulators and end users of chemicals, Dessau-Roßlau 2010
- [13] Umweltbundesamt: Chemikalienleasing als Modell zur nachhaltigen Entwicklung mit Prüfprozeduren und Qualitätskriterien anhand von Pilotprojekten in Deutschland, Dessau-Roßlau 2010
- [14] Umweltbundesamt: Karzinogene, mutagene, reproduktionstoxische (CMR) und andere problematische Stoffe in Produkten – Identifikation relevanter Stoffe und Erzeugnisse, Überprüfung durch Messungen, Regelungsbedarf im Chemikalienrecht, UBA-Texte 18/2011, Dessau-Roßlau 2011
- [15] Umweltbundesamt: Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten – Integration in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zur Gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten, UBA-Texte 35/2011, Dessau-Roßlau 2011
- [16] Hoffmann, Gabriele; Plehn, Wolfgang: Natürliche Kältemittel für Pkw-Klimaanlagen, Pressehintergrundpapier, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2010
- [17] BLAC: Arzneimittel in der Umwelt. Auswertung der Untersuchungsergebnisse, Bericht an die 61. Umweltministerkonferenz (UMK), Hamburg 2003
- [18] Bergmann, Axel et al.: Zusammenstellung von Monitoringdaten zu Umweltkonzentrationen von Arzneimitteln, Gutachten für das Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2011
- [19] Länge, Reinhard et al.: Effects of the synthetic estrogen 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol on the life-cycle of the fathead minnow (*Pimephales promelas*), Environmental Toxicology and Chemistry, 20 (6), 2001, S. 1.216–1.227
- [20] Kümmerer, Klaus et al: Biodegradability of antineoplastic compounds in screening tests: influence of glucosidation and of stereochemistry, Chemosphere, 40 (7), 2000, S. 767–773
- [21] Fick, Jerker et al.: Contamination of Surface, Ground, and Drinking Water from Pharmaceutical Production, Environmental Toxicology and Chemistry, 28 (12), 2009, S. 2.522–2.527
- [22] Kristiansson, Erik et al.: Pyrosequencing of antibiotic-contaminated River Sediments Reveals High Levels of Resistance an Gene Transfer Elements, PLoS one, 6 (2), 2011
- [23] Medical Products Agency, Redovisning av regeringsuppdrag gällande möjligheten att skärpa miljökrav vid tillverkning av läkemedel och aktiv substans, 2009
- [24] Larsson, D.G. Joakim; Fick, Jerker: Transparency throughout the production chain – a way to reduce pollution from the manufacturing of pharmaceuticals?, Regulatory Pharmacology and Toxicology, 53, 2009, S. 161–163
- [25] Bundesumweltministerium (Hrsg.): Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien – Bericht und Empfehlungen der Nanokommission der deutschen Bundesregierung, Berlin 2011
- [26] Verband der Chemischen Industrie: Industrieland Deutschland stärken, Grundlinien einer nachhaltigen Industriepolitik, Frankfurt/Main 2009
- [27] Lehner, U.: Marken schaffen Vertrauen, Chemanager 1/2007
- [28] The General Agreement on Tariffs and Trade (GATT 1947), Artikel XX: General Exemptions
- [29] Existing forms of cooperation and Information Exchange between UNEP/MEAs and the WTO; TN/TE/S/2/Rev.2, (Article XVIII-XXXVIII), 2007





**DAS  
UMWELT  
BUNDES  
AMT**

## BÜRGERANFRAGEN, BESUCHER, BÜCHER

Die Öffentlichkeit in nahezu allen Fragen zum Umweltschutz zu informieren, ist eine wesentliche Aufgabe des Umweltbundesamtes (UBA). Das Interesse der Bürgerinnen und Bürger nach Informationen zu ganz unterschiedlichen Umweltthemen ist seit Jahren recht groß. Mehr als 100.000 Anfragen erreichen jährlich den Bürgerservice des UBA. Die meisten davon lassen sich mit dem im UBA vorhandenen Informationsmaterial beantworten: Pro Jahr werden rund eine Million Broschüren und Informationsmaterialien versandt. Die restlichen Anfragen beantwortet das sechsköpfige Team des Bürgerservice in Zusammenarbeit mit den Fachleuten des Amtes.

### Bürgeranfragen 2005 bis 2011

Jahr	Anfragen an Bürgerservice
2005	103.743
2006	109.931
2007	114.180
2008	100.829
2009	132.766
2010	102.019
2011	107.131

Seit Juni 2011 ist das UBA mit ausgewählten Themen auch an der einheitlichen Behördenrufnummer 115 beteiligt. Über die Bürgerhotline stellt das Amt zum Beispiel fundierte Antworten zu Fragen der Luftqualität in Deutschland, zur Entsorgung von Energiesparlampen sowie zum Zugang zu Umweltinformationen nach dem Umweltinformationsgesetz bereit. Die Behördenrufnummer 115 wurde von der Bundesregierung ins Leben gerufen und bietet übergreifend Auskunft zu den Leistungen der Kommunen sowie der Bundes- und Landesverwaltungen. Ziel ist es, Bürgeranfragen standardisiert und unabhängig von regionalen Zuständigkeiten möglichst bereits beim ersten Anruf abschließend zu beantworten.



IHRE BEHÖRDENNUMMER

Quelle: D 115

### BESUCHER AUS DEM IN- UND AUSLAND

Dass das UBA als wissenschaftliche Behörde das Interesse der Bürgerinnen und Bürger weckt, beweisen auch die Besucherzahlen. 2011 informierten sich über 4.500 Gäste, davon 90 Delegationen aus dem Ausland, über die ökologischen, ästhetischen, energieeffizienten Aspekte des Dienstgebäudes in Dessau-Roßlau. Der kurvenreiche Bau mit seiner markanten vielfarbigen Fassade ist ein Musterbeispiel für umweltgerechtes und barrierefreies Bauen und längst zu einem der Wahrzeichen der Bauhausstadt geworden.

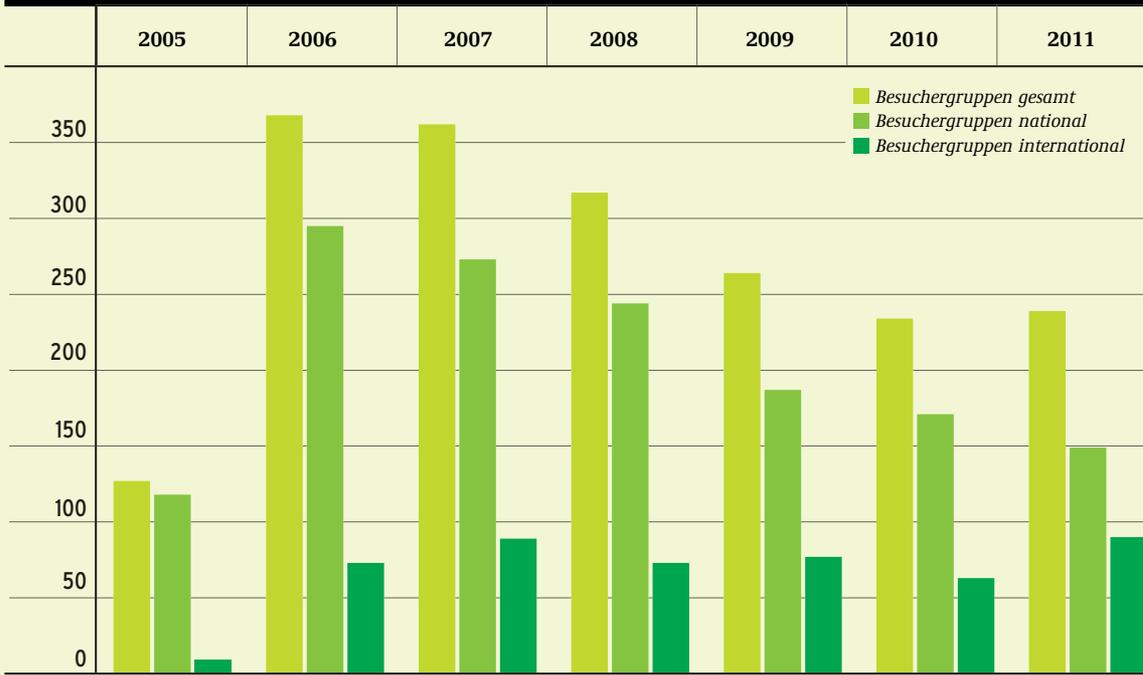
Auch als Veranstaltungsort erfreut sich das Dienstgebäude des UBA großer Beliebtheit. Vor allem der Hörsaal, der bis zu 380 Besuchern Platz bietet, und das Forum werden für Fachtagungen und kulturelle Veranstaltungen wie Ausstellungen, Lesungen und Konzerte genutzt. Höhepunkte aus dem vergangenen Jahr waren der 1. Natur-, Tier- und Umweltschutztag am 7. Mai oder die Fachtagung „Wie weiter mit dem Wald?“ im Oktober anlässlich des Internationalen Jahrs der Wälder. Zur Jahreshauptversammlung der Gesellschaft der Freunde des Dessau-Wörlitzer Gartenreichs am 21. Mai 2011 besuchten rund 300 Gäste das UBA.

### DIE BIBLIOTHEK: KOMPAKTES UMWELTWISSEN

Mit über 400.000 Medien verfügt das UBA über die größte Umweltbibliothek im deutschsprachigen Raum. Sie versorgt die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Amtes wie auch die interessierte Öffentlichkeit mit aktuellen Informationen und einem umfangreichen Literaturangebot. Das Spektrum reicht von umweltrelevanter Allgemein- bis hin zur Fachliteratur – vorwiegend in gedruckter Form. Doch die Anzahl elektronischer Medien (wie etwa E-Books, E-Journals) steigt ständig. So vollzieht sich ein Wandel zu einer Hybridbibliothek mit dem Ziel, sich hierdurch als wissenschaftliche Spezialbibliothek erfolgreich zu positionieren und den Erwartungen der Nutzerinnen und Nutzer entgegenzukommen. Alle Titel sind über das Internet im Bibliothekskatalog Opac einsehbar.

Die Zweigstellen in Dessau, Berlin und Bad Elster bieten viel Platz für ruhige Studien wie auch für intensive Gruppenarbeit. Mit speziellen Veranstaltungsangeboten versucht die Fachbibliothek Umwelt auch Kindern und Jugendlichen Umweltthemen nahezubringen. Die Fachbibliothek Umwelt bildet seit vielen Jahren Fachangestellte für Medien- und Informationsdienste aus. Es werden regelmäßig etwa 14 Auszubildende an den drei Bibliotheksstandorten des UBA angeleitet.

Zahl der Besuchergruppen im UBA von Mai 2005 bis 2011



Quelle: UBA



## KUNST UND UMWELT

Seit mehr als 25 Jahren lädt das Umweltbundesamt (UBA) regelmäßig Künstlerinnen und Künstler ein, an den Standorten in Berlin-Grünwald und seit 2005 auch in Dessau-Roßlau umweltbezogene Arbeiten zu präsentieren und zum Dialog zwischen Umweltwissenschaft, Umweltpolitik und Kunst beizutragen. Diese Zusammenarbeit bedeutet für uns, neue Wahrnehmungs- und Wissensformen für unsere Themen zu erschließen. Viele Künstler setzen sich heute in ihrem Schaffen mit den weltweiten Gefahren des Klimawandels auseinander, mit Ressourcenverschwendung, extensivem Konsum, mit der Zerstörung des Regenwaldes oder dem Schwinden der Artenvielfalt, um nur einige Problemfelder zu nennen. Im gesellschaftlichen Verständigungsprozess über Zukunftschancen und nachhaltige Entwicklung in unserer Gesellschaft hat die Arbeit von Künstlerinnen und Künstlern einen besonderen Stellenwert: Sie können Ideen, Visionen und existenzielle Erfahrungen in universell verständlicher Sprache, in Symbolen, Ritualen, Zeichen und Bildern sinnlich ausdrücken und kommunizieren.

### BLICK ZURÜCK ...

Die Ausstellung „Zur Nachahmung empfohlen – Expeditionen in Ästhetik und Nachhaltigkeit“, die im Frühjahr 2011 im Dienstgebäude des UBA in Dessau und im Bauhaus zu sehen war, sensibilisierte dafür, dass Nachhaltigkeit sich nicht ohne die Künste und Wissenschaften entwickelt: Sie lehren das Denken in Übergängen, Provisorien, Modellen und Projekten. Über 40 Kreative aus dem In- und Ausland zeigten künstlerische Praktiken, die zur Erhaltung des Planeten beitragen, Einfluss auf bewusstes Konsumverhalten nehmen wollen und ökonomisch rentabel sind. Die Grenzen zwischen Kunst, Wissenschaft, Umweltaktion und technischer Erfindung waren dabei fließend. Michael Saup zum Beispiel machte mit seiner Installation

„Avatar Inkarnation cRdxXPV9GNQ“ den durch hemmungslosen Internetgebrauch erzeugten Ausstoß des klimaschädlichen Kohlendioxids sichtbar. Die aus Brasilien stammende Néle Azevedo mit ihren schmelzenden Eisfiguren und das „World Climate Refugee Camp“ von Herman Josef Hack, das auf wachsende Klimaflüchtlingsströme hinwies, schafften unmittelbare Eindrücke der Folgen des Klimawandels. Dem Re- und Upcycling von Produkten widmen sich verschiedene Beiträge, zum Beispiel „Cars to bicycles“ von Folke Köbberling und Martin Kaltwasser. Die Schweizer Künstlerin Cornelia Hesse-Honegger zeigte präzise Zeichnungen von mutierten Insekten (vor allem Wanzen), die sie in der Umgebung von Atomkraftwerken gesammelt hatte. Als ungewöhnliches soziales Projekt sei beispielhaft „Adopted“ von Gudrun F. Widlok genannt, das alleinstehenden Europäern eine symbolische Adoption durch ghanaische Großfamilien vermittelte.

Pünktlich zur Sommerferienzeit 2011 präsentierte das UBA in Dessau die Ausstellung „draussen zuhause II“ mit Arbeiten von Andrea Böning. In ihren Werken reflektiert sie kritisch den Stellenwert von Natur und Landschaft im Tourismus und in der modernen Freizeitkultur. Andrea Böning ordnet Bildklischees und stereotype Zeichensysteme neu, ironisiert sie und macht sie auf diese Weise sichtbar. Camping und Indoor-Climbing waren die Erlebniswelten, aus denen die Künstlerin Material, Formen und Oberflächen für die Präsentation im UBA entnahm, um sie in Fotografie und Installation auf irritierende Weise neu zu arrangieren. Verschneite Bergmassive wurden in Collagen überblendet von den verkümmerten Palmen künstlicher Ferienparadiese, Berghängen nachempfundene Kletterwände mit bunten Griffen formten sich zu Kugeln im Raum, zusammengenähte Zelte ohne Ein- und Ausgänge verwandelten sich in Installationen zu Skulpturen und Miniaturlandschaften.



### AM STRAND

*Andrea Böning reflektiert den Stellenwert von Natur und Landschaft im Tourismus*



#### WATERLINES

*Eine blaue Linie simuliert in Martin Jehnichens Fotografien den zu erwartenden Anstieg des Meeresspiegels*

#### ... UND NACH VORN

Von Februar bis März 2012 zeigt der Mainzer Umweltkünstler Dieter Magnus in der Ausstellung „StadtGRÜN & StadtKULTUR“ gebaute Beiträge und Denkanstöße für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Zugleich spiegelt er die Rolle des Künstlers im urbanen Raum als Planer von Stadträumen, als Initiator und Mediator von Stadtplanspielen mit Bürgerinnen, Bürgern und Studierenden wider. Die Schau verdeutlicht anhand von 45 Tafeln den Zusammenhang von Kunst und Natur mit Beispielen aus Vergangenheit und Gegenwart und Visionen für die Zukunft. Die Ausstellung startet in Dessau und wird mehrere Jahre durch Europa wandern. Im Sommer 2012 zeigt das UBA die Ergebnisse des dies-

jährigen internationalen Recycling-Design-Awards Herford. Der Preis wird seit 2007 vom Arbeitskreis Recycling ausgelobt und ist der bundesweit einzige Wettbewerb, der sich mit Ressourcenschonung und Kohlendioxidreduktion im Design auseinandersetzt. Das Spektrum gefragter Entwicklungen reicht dabei von Deko-Artikeln über Möbel und Kleidung/Textilien bis hin zu Accessoires. Es gilt, den „verborgenen Sinn weggeworfener Dinge“ zu entdecken und nutzbar zu machen.

Für den Herbst ist eine Ausstellung mit Arbeiten von Martin Jehnichens geplant. Der Leipziger Fotograf visualisiert in seinem Projekt „Waterlines“ den zu erwartenden weltweiten Anstieg des Meeresspiegels: Ein Laser projiziert auf Jehnichens Fotos eine blaue Linie in Höhe des prognostizierten Wasserstandes im Jahr 2100. Diese Linie geht mitten durch unser Leben – durch das des Büroangestellten in Amsterdam genauso wie des Fischers auf den Malediven und der Familie Xing an der Ostküste Chinas. Was bedeutet der Anstieg des Meeresspiegels um einen Meter für die Städte Hamburg, New York, Buenos Aires, Maputo, Jakarta, Hongkong, Tokyo? Wie werden unsere Küsten aussehen, die Flusstäler sich verändern? Neben der künstlerischen Auseinandersetzung mit dieser Bedrohung geht es Jehnichens auch um das Dokumentieren. Städte, Dörfer und Landschaften werden in einem sehr nahen Zeitraum zerstört werden oder verschwinden. Eine gezielte Dokumentation des heutigen Zustandes dieser Orte ist Teil des Fotoprojektes. Als „work in progress“ sollen in den kommenden zwei Jahren an 30 Orten weltweit Bilder entstehen. Die blaue Linie wird Landschaften zerschneiden, Familien und Häuser. Sie wird weder vor Kulturdenkmälern noch vor Infrastrukturprojekten, Dämmen oder Feldern haltmachen. Ausstellungsort ist ein mobiler Seecontainer, der vor dem Eingang des Dessauer Dienstgebäudes aufgestellt wird.



#### ZUR NACHAHMUNG EMPFOHLEN

*Auf Expedition in die Welt der Nachhaltigkeit*

## NACHHALTIGES BAUEN

Gebäude tragen erheblich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen bei und nehmen in hohem Maß Ressourcen in Anspruch. Daher will das Umweltbundesamt (UBA) mit dem Bau und Betrieb seiner Gebäude und Liegenschaften Vorbild für andere Bauherren der öffentlichen Hand in Sachen Umweltschutz und Nachhaltigkeit sein. Alle Neu- und Umbaumaßnahmen erfüllen mindestens die Anforderungen, die das UBA in den verschiedenen Handlungsfeldern an Dritte richtet. So verfolgt das UBA etwa den Standard von Nullenergie- oder Plusenergiegebäuden, die in der Bilanz eines Jahres im Betrieb genauso viel oder mehr Energie erzeugen als verbrauchen. Ebenso wichtig ist es, Gebäude optimal zu nutzen, um Ressourcen zu schonen. Damit nachhaltiges Bauen gelingt, müssen diese Anforderungen im gesamten Prozess – vom Entwurf bis zum Betrieb – berücksichtigt werden. Ein umfassendes Monitoring sichert dabei den Erfolg und die Qualität der Projekte.

### UMBAU UND SANIERUNG DES DIENSTGEBÄUDES IN BERLIN

Für den Umbau und die Sanierung des Berliner Dienstgebäudes im Grunewald hat das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Auftrag der Bundesanstalt für Immobilienaufgaben und des UBA im August 2010 einen städtebaulichen Realisierungswettbewerb ausgeschrieben. Im Februar 2011 wurden die Gewinner ausgezeichnet und beauftragt, das Projekt zu realisieren. Neben den räumlich-funktionalen Aspekten soll das Gebäude den Neubaustandard der novellierten Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) erfüllen. Um den Mitarbeitern des UBA dauerhaft gute und gesunde Arbeitsbedingungen zu sichern, werden die Mate-

rialien im Bestandsgebäude kritisch geprüft und Baustoffe umweltorientiert ausgewählt. Gleichzeitig soll die Bausubstanz geschont werden, um die hohen Auflagen des Denkmalschutzes einzuhalten.

Eine besondere Herausforderung ist der Einbau von Laboren. Deren normalerweise hohen Energieverbrauch werden energieeffiziente Anlagen und eine bedarfsgerechte Steuerung des Laborbetriebs in der Gebäudeautomation so weit wie möglich reduzieren. Ziel dieses Projektes ist das höchste erreichbare Gütesiegel des „Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen“ (BNB) des Bundes in Gold, das sich bislang auf Neubaumaßnahmen beschränkt. Daher ist eine weitere Aufgabe, im laufenden Planungsprozess ein Goldstandard-Niveau für Sanierungen in den verschiedenen Handlungsfeldern zu definieren.

### ERWEITERUNGSBAU IN DESSAU-ROSSLAU

In Dessau-Roßlau soll für etwa hundert neue Büroarbeitsplätze ein Erweiterungsbau entstehen. Dafür wurde 2010 ein Grundstück direkt neben der jetzigen Liegenschaft erworben. Wie das bestehende Gebäude soll auch der Erweiterungsbau ein Modellvorhaben für nachhaltiges Bauen werden. Ziel ist es, mindestens ein Nullenergie- oder sogar ein Plusenergiehaus zu errichten. Im Dezember 2011 hat der Landesbetrieb Bau einen interdisziplinären Realisierungswettbewerb ausgelobt. Aus einem vorgeschalteten Teilnahmewettbewerb werden dazu bis zu 25 Gemeinschaften aus Architektur-, Ingenieur- und Landschaftsarchitekturbüros eingeladen, einen Entwurf für diese Aufgabe vorzulegen. Die Gewinner dieses Wettbewerbs sollen im August 2012 feststehen. Das neue Gebäude wird voraussichtlich in 2015 fertiggestellt.



### NEUES GEWAND

*Das Dienstgebäude in Berlin-Grünwald wird von Grund auf saniert und modernisiert*

Quelle: gmp Generalplanungsgesellschaft mbH



Quelle: Braun-Kerbl-Löffler Architekten + Ingenieure

#### HAUS 2019

*Die gesamte Energie für den Betrieb des neuen Bürogebäudes wird aus regenerativen Quellen stammen*

#### NULL-ENERGIEHAUS IN BERLIN-MARIENFELDE

Mit der Grundsteinlegung am 7. November 2011 startete der Bau des Ersatzbürogebäudes am Standort Marienfelde in Berlin. In dieser Zweigstelle sind Labore der Wasserforschung und dazugehörige Büros untergebracht. Das „Haus 2019“ soll als Mindest-Nullenergiehaus in Holztafelbauweise entstehen und damit die Anforderungen der ab 2019 geltenden EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden erfüllen. Im Mai 2010 erhielt das geplante Gebäude den Preis „KlimaSchutzPartner des Jahres 2010“ der Industrie- und Handelskammer Berlin. Die Energie für den Betrieb liefern Photovoltaik und Wärmepumpen, die den Energiegehalt von Wasser nutzen, das für Teiche gefördert wird. Neben den hohen energetischen Anforderungen wird großer Wert auf die ökologischen Aspekte gelegt: Schadstofffreie Baustoffe kommen zum Einsatz, der gesamte Rohbau samt Fassade ist aus Holz, einem nachwachsenden Rohstoff, gefertigt. Um schnell einen optimalen Betrieb zu erreichen und die Ziele zu erfüllen, führt das UBA ein umfassendes energetisches Monitoring durch. Ende 2012 soll das Gebäude fertiggestellt sein und Platz für attraktive Büros von 30 Beschäftigten bieten.

#### ENERGETISCHE SANIERUNG DER MESSSTATIONEN

Neben diesen Projekten werden die Messstationen des UBA bis zum Jahr 2015 energetisch auf den neuesten Stand gebracht: Der bauliche Wärmeschutz und die Effizienz der Anlagen sollen verbessert und die Energie vor Ort soll hauptsächlich durch Photovoltaik erzeugt werden. In Neuglobsow und Waldhof arbeiten bereits die ersten Photovoltaikanlagen, Ende 2011 folgte eine weitere Anlage in Westerland. Neben den energetischen Verbesserungen lassen sich durch die Maßnahmen auch Flächen effizienter nutzen und so die Nutzflächen reduzieren. Die Messstationen Schauinsland und Zingst sollen nach Möglichkeit neue Stationsgebäude im Standard von Nullenergiehäusern erhalten. Obwohl die Zahl der Arbeitsplätze in den Messstationen steigt und die Anforderungen an den Arbeitskomfort zunehmen, werden durch diese Verbesserungen der Energieverbrauch gesenkt und die Abgabe von Emissionen verringert. Die Fortführung von EMAS am Berliner Standort wird zudem weitere Handlungsfelder (Ressourcen-, Materialeffizienz, Wasser, Abfall, Emissionen, Biodiversität) abdecken und die kontinuierliche Beobachtung und Verbesserung der Umweltsituation vorantreiben.

## DATEN UND FAKTEN

Das Umweltbundesamt ist die zentrale Umweltbehörde des Bundes. 1974 in Berlin errichtet, hat das Umweltbundesamt seit Mai 2005 seinen Sitz in der Bauhausstadt Dessau-Roßlau. Es verfügt – neben seiner Verwaltungsabteilung – über fünf Fachbereiche mit 13 Abteilungen und beschäftigt an 13 Standorten – davon sieben Messstellen des eigenen Luftmessnetzes – knapp 1.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf 1.124 Stellen. Diese sind mit 432 Beamtinnen und Beamten und 692 Arbeit-

nehmerinnen und Arbeitnehmern besetzt. Knapp 800 Beschäftigte sind in Dessau-Roßlau tätig. Neben der „rein“ wissenschaftlichen Arbeit sind der Vollzug der Umweltgesetze – beispielsweise das Chemikalien- oder das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz – und die Information der Bürgerinnen und Bürger in Fragen des Umweltschutzes weitere Schwerpunkte der täglichen Arbeit. Das Umweltbundesamt ist Partner und Kontaktstelle Deutschlands für zahlreiche internationale Einrichtungen, wie etwa die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die Europäische Umweltagentur.

### Budget des Umweltbundesamtes

	Soll 2010 in 1.000 Euro	Soll 2011 in 1.000 Euro
<b>I. Haushalt Umweltbundesamt</b>		
<b>I.1 Gesamtausgaben</b>	<b>101.689</b>	<b>102.938</b>
darunter		
Personalausgaben	68.246	66.643
Investitionsausgaben	3.925	3.539
Sächliche Verwaltungsausgaben	29.240	32.395
u. a. für		
wissenschaftliche Veröffentlichungen und Dokumentation	429	434
Informations- und Dokumentationssystem Umwelt (UMPLIS)	5.468	4.862
Informationstechnik	6.246	6.927
<b>I.2 Aufträge für Bundesbehörden und Dritte</b>		
Bundesbehörden (Ist-Ausgabe)	-	-
EU, Sonstige (Ist-Ausgabe)	-	-
<b>II. Zur Bewirtschaftung übertragene Mittel aus anderen Kapiteln</b>		
u. a. für		
Investitionen zur Verminderung der Umweltbelastungen	167	-
Vergabe von Forschungsvorhaben (UFOPLAN)	21.700	25.000
Umweltprobenbank	4.331	4.331
Zuschüsse an Vereine, Verbände, sonstige Vereinigungen		
Institutionelle Förderung	1.279	1.279
Projektförderung	6.077	5.834
Aufklärungsmaßnahmen	1.020	950
Beratungshilfe für den Umweltschutz in den Staaten Mittel- und Osteuropas sowie in den Neuen Unabhängigen Staaten (NUS)	2.250	2.100
Internationale Zusammenarbeit	603	480
<b>Summe der insgesamt zur Bewirtschaftung übertragene Mittel aus anderen Kapiteln</b>	<b>37.427</b>	<b>39.974</b>

# VERÖFFENTLICHUNGEN DER MITARBEITERINNEN UND MITARBEITER

## A

**Apelt, Susann; Fastner, Jutta; Klitzke, Sonda:** Einflussfaktoren auf die Dauer der Lag-phase bei der Elimination von Cylindrospermopsin (CYN) im Sediment, in: Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2010, Hardeggen 2011

**Arie, Jens; Wagner, Falko:** Die Bedeutung der Gewässerstruktur für das Erreichen des guten ökologischen Zustands in den Fließgewässern des Freistaates Thüringen, in: Fließgewässer-Renaturierung heute und morgen. EG-Wasserrahmenrichtlinie. Maßnahmen und Effizienzkontrolle, Stuttgart 2011, S. 207–233

## B

**Babisch, Wolfgang et al.:** Can exposure to noise affect the 24 h blood pressure profile? in: Journal of Epidemiology Community Health, 65 (2011), S. 535–541

**Babisch, Wolfgang:** Cardiovascular effects of noise, in: Noise & health. An inter-disciplinary international journal, 13 (2011), H. 52, S. 201–204

**Babisch, Wolfgang:** Quantifizierung des Einflusses von Lärm auf Lebensqualität und Gesundheit, in: UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Umwelt & Gesundheit, Umweltmedizin, Verbraucherschutz, (2011), H. 1, S. 28–36

**Babisch, Wolfgang; Kempen, E. van:** The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension. A meta-analysis, in: 10th International Congress on noise as a Public Health Problem. Imperial College, London 2011, S. 331–335

**Babisch, Wolfgang et al.:** Road traffic noise. Self-reported noise annoyance versus GIS modelled road traffic noise exposure, in: Journal of Environmental Monitoring, 2011

**Babisch, Wolfgang:** Steps to reduce noise pollution. For a healthier environment, in: Science for Environment Policy, Thematic Issue, (2011), H. 29, S. 1–3

**Babisch, Wolfgang; Kim, Rokho:** Environmental noise and cardiovascular disease, in: Burden of disease from environmental noise, quantification of healthy life years lost in Europe, Copenhagen 2011, S. 15–43

**Babisch, Wolfgang; Kim, Rokho:** Traffic noise exposure and ischaemic heart disease, in: Environmental burden of disease associated with inadequate housing. A method guide to the quantification of health effects of selected housing risks in the WHO European Region, Copenhagen 2011, S. 97–111

**Becker, Heidi; Kolossa-Gehring, Marika et al.:** The carcinogenic potential of nanomaterials. Their release from products and options for regulating them, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 214 (2011), H. 3, S. 231–238

**Becker, Heidi; Kolossa-Gehring, Marika; Herzberg, Frank:** Response to Letter to the Editor, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 214 (2011), H. 5, S. 412

**Behnke, Anja:** Die neue 1. BImSchV. Regelungen und Hintergründe, in: Immissionschutz, Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Reststoffverwertung und Wärmenutzung, (2011), H. 1, S. 31–37

**Biegel-Engler, Annegret; Schulte, Christoph:** Aufbrauchfrist für PFOS-haltige Feuerlöschschäume endet im Juni 2011, in: vfdB-Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz, 60 (2011), H. 2, S. 111–112

**Bilharz, Michael; Schmitt, Katharina:** Going big with big matters. The key point approach to sustainable consumption, in: Gaia. Ökologische Perspektiven für Wissenschaft und Gesellschaft, 20 (2011), H. 4, S. 232–235

**Bilharz, Michael; Fricke, Vera; Schrader, Ulf:** Wider die Bagatellisierung der Konsumentenverantwortung, in: Gaia. Ökologische Perspektiven für Wissenschaft und Gesellschaft, 20 (2011), H. 1, S. 9–13

**Brendle, Uwe:** Fragwürdiges „Städteärmranking“ 2011, in: Lärmbekämpfung. Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik, 6 (2011), H. 6, S. 225

## C

**Conrad, André; Kolossa-Gehring, Marika; Feigenspan, Stefan et al.:** The potential of spatial information in human biomonitoring by example of two German environmental epidemiology studies, in: Environmental Geochemistry and Health, 33 (2011), H. 4, S. 399–408

## D

**Daschkeit, Achim et al.:** Anpassung an den Klimawandel. Potenzielle sozialwissenschaftlicher Forschung in Deutschland, in: Gaia. Ökologische Perspektiven für Wissenschaft und Gesellschaft, 20 (2011), H. 2, S. 84–90

**Dubert, Wolfgang; Becker, Heidi:** Emissionen von Nanopartikeln aus Produkten, in: UMID. Umwelt und Mensch. Informationsdienst, Umwelt & Gesundheit, Umweltmedizin, Verbraucherschutz, (2011), H. 3, S. 25–29

## E

**Ebert, Ina; Bachmann, Jean; Kussatz, Carola; Maletzki, Dirk; Schlüter, Christoph:** Toxicity of the fluoroquinolone antibiotics enrofloxacin and ciprofloxacin to photoautotrophic aquatic organisms, in: Environmental Toxicology and Chemistry. An International Journal, 30 (2011), H. 12, S. 2786–2792

**Ehrlich, Gunnar; Joehnkne, Ulrich; Drost, Wiebke; Schulte, Christoph:** Problems faced when evaluating the bioaccumulation potential of substances under REACH, in: Integrated environmental assessment and management. An international journal, a quarterly publication of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 7 (2011), H. 4, S. 550–558

**Eick, Martina:** Lust auf Zukunft, in: Die emotionale Seite der Nachhaltigkeit, Kröning 2011, S. 13–23

## F

**Feuerpfeil, Irmgard; Lopez-Pila, Juan M.:** Hygienische Anforderungen an Badewasser (Freie Badegewässer und Bäderecken), in: Warnsignal Klima. Genug Wasser für alle, 2011, S. 1–7

## G

**Gast, Marcus; Quint, Angela; Stamminger, Rainer:** Reinigung von Küche und Bad. Eine Analyse des Verbraucherverhaltens 2009, in: Internationales Journal für angewandte Wissenschaft; Kosmetik, Haushalt, Spezialprodukte, 137 (2011), H. 9, S. 70–80

**Gast, Marcus:**

Revision der EU-Umweltzeichen für Wasch- und Reinigungsmittel, Stichwort: EU-Umweltzeichen, in: Jahrbuch für den Praktiker 2011. Produkte, Rohstoffe und Formulierungen für Haushalt, Gewerbe und Industrie, Augsburg 2011, S. 506–512

**Gerwig, Holger; Pecher, Werner; Wirtz, Klaus:**

Lokale Ultrafeinstaubquellen in Langen bei Frankfurt, in: Tagungsband. 46. Messtechnisches Kolloquium. 30.5. – 01.6.2011 in Schwerin, Güstrow 2011

**Ginzky, Harald:**

Anmerkung zum Urteil des BVerwG - BVERWG Aktenzeichen 7 C 7.10, in: Zeitschrift für Umweltrecht. Das Forum für Umwelt und Recht, 22 (2011), H. 11, S. 538–541

**Ginzky, Harald:**

Climate Engineering, einfach, praktisch, quadratisch, gut, in: Zeitschrift für Umweltrecht. Das Forum für Umwelt und Recht, (2011), H. 10, S. 449–451

**Ginzky, Harald ; Herrmann, Frederike;**

**Kartschall, Karin; Leujak, Wera; Lipsius, Kai; Mäder, Claudia; Schwermer, Sylvia; Straube, Georg:**

Geoengineering: effective climate protection or megalomania? Methods – statutory framework – environment policy demands, Dessau-Roßlau 2011

**Ginzky, Harald; Markus, Till:**

Die Regulierung von Climate Engineering-Maßnahmen. Modellüberlegungen am Beispiel der Meeresdüngung, in: Zeitschrift für Umweltrecht. Das Forum für Umwelt und Recht, (2011), H. 10, S. 472–480

**Grummt, Tamara et al.:**

Impact of ozonation on the genotoxic activity of tertiary treated municipal wastewater, in: Water Research. The Journal of the International Association on Water Pollution Research & Control, 45 (2011), H. 12, S. 3681–3691

**Grummt, Tamara et al.:**

Toxicity studies of nonylphenol and octylphenol. Hormonal, hematological and biochemical effects in *Clarias gariepinus*, in: Journal of Applied Toxicology, 31 (2011), H. 8, S. 752–761

## H

**Haße, Clemens; Kind, Christian:**

Anpassungsstrategien mit webbasierten Instrumenten entwickeln, in: Klimaanpassungsstrategien von Unternehmen, Marburg 2011, S. 223–240

**Hintzsche, Matthias; Heinrichs, Eckhart:**

Kommunale Daueraufgabe. Die Planung von Maßnahmen zur Lärmreduzierung erfordert in den Kommunen ressortübergreifendes Denken., in: Der Gemeinderat. Das unabhängige Magazin für die kommunale Praxis, 34 (2011), H. 7–8, S. 42–43

**Hintzsche, Matthias; Heinrichs, Eckhart:**

Lärmbilanz, Lärmaktionsplanung in Deutschland, in: Lärmbekämpfung. Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik, 6 (2011), H. 6, S. 230–236

**Holzwarth, Fritz; Leujak, Wera; Arle, Jens; Claussen, Ulrich et al.:**

Implementing the Marine Strategy Framework Directive (MSFD) in Germany. Moving towards an assessment framework for „good environmental status“, in: Progress in Marine Conservation in Europe 2009. Proceedings of the Symposium in Stralsund, 2nd - 6th November 2009, Bonn 2011, S. 199–210

## I

**Irmer, Ulrich; Duffek, Anja; Hoffmann, Andreas; Larws, Dagmar; Mohaupt, Volker; Schudoma, Dieter; Walter, Anne-Barbara; Wellnitz, Jörg:**

Die neue Oberflächengewässerverordnung (OGewV). Strategien und normative Anforderungen, in: Korrespondenz Abwasser, Abfall. Organ der DWA, 58 (2011), H. 4, S. 687–696

## K

**Knetsch, Gerlinde:**

Behördliche Umweltinformationssysteme, in: Handbuch der Umweltwissenschaften. Grundlagen und Anwendungen der Ökosystemforschung, Landsberg am Lech, 20. Erg.Lfg 3/11, 2011, S. 1–20

**Kolossa-Gehring, Marike; Becker, Kerstin; Conrad, André; Schröter-Kermani, Christa; Schulz, Christine; Seiwert, Margarete:**

Environmental surveys, specimen bank and health related environmental monitoring in Germany, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, (2011)

**Kolossa-Gehring, Marike; Becker, Kerstin; Conrad, André; Schulz, Christine; Seiwert, Margarete:**

Fremdstoffe und Auswirkungen auf Kinder, in: Alllasten Persistente Chemikalien – eine Gefahr für Kinder? Workshop „Alllasten“ GREEN Tox und SAPP, Zürich 2011

**Kolossa-Gehring, Marike et al.:**

Harmonised human biomonitoring in Europe. Activities towards an EU HBM framework, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, (2011)

**Kolossa-Gehring, Marike; Becker, Kerstin; Conrad, André; Schröter-Kermani, Christa; Schulz, Christine; Seiwert, Margarete:**

Health-related Environmental Monitoring in Germany: German Environmental Survey (GerES) and Environmental Specimen Bank (ESB). Chapter 2A, in: Biomarkers and Human Biomonitoring Volume 1. Ongoing Programs and Exposures, Cambridge 2011, S. 16–45

**Kolossa-Gehring, Marike:**

Human Biomonitoring. Political benefits-Scientific challenges, September 26-28, 2010. Meeting report, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, (2011)

**Kolossa-Gehring, Marike; Becker, Kerstin; Conrad, André; Fiddicke, Ulrike; Schulz, Christine; Schröter-Kermani, Christa; Schwedler, Gerda; Seiwert, Margarete:**

Humanbiomonitoring. Die neuen Projekte des Bundes, in: Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 16 (2011), H. 5, S. 275

**Kristof, Kora:**

Besser federleicht unterwegs, in: VCÖ-Magazin. „Infrastrukturreform mit Schwung anpacken“, (2011), H. 5, S. 10

**Kristof, Kora et al.:**

Was ist Ressourcenpolitik und warum ist sie nötig? in: Aus weniger mehr machen. Strategien für eine nachhaltige Ressourcenpolitik in Deutschland, hrsg. von Hennicke, Peter; Kristof, Kora; Götz, Thomas, München 2011, S. 14–38

**Kristof, Kora et al.:**

Handlungsoptionen zur Steigerung der Ressourceneffizienz im Konsumalltag, in: Aus weniger mehr machen. Strategien für eine nachhaltige Ressourcenpolitik in Deutschland, hrsg. von Hennicke, Peter; Kristof, Kora; Götz, Thomas, München 2011, S. 181–191

**Kristof, Kora et al.:**

Kernstrategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Deutschland, in: Aus weniger mehr machen. Strategien für eine nachhaltige Ressourcenpolitik in Deutschland, hrsg. von Hennicke, Peter; Kristof, Kora; Götz, Thomas, München 2011, S. 258–280

**Kristof, Kora:**

Ressourceneffizienz als eine zentrale Antwort auf die Ressourcenfrage. Tagungsbeitrag für das Symposium „Rohstoffeffizienz und Rohstoffinnovationen“, in: Rohstoffeffizienz und Rohstoffinnovationen, Stuttgart 2011

**Kristof, Kora:**

Strategien für eine erfolgreiche Ressourcenpolitik, in: Praktischer Umweltschutz. Knappe Ressourcen. Chancen und Risiken für die Wirtschaft, 2011, S. 20–21

**Kristof, Kora:**

Strategien für die Praxis. Ein Policy Mix soll die Ressourceneffizienz markt- und wettbewerbsfähig machen, in: DNR-Themenheft „Ressourceneffizienz. Alles ist nur einmal da“, 2011, S. 8–9

**Küster, Anette; Bachmann, Jean; Ebert, Ina; Rechenberg, Bettina et al.:**

Reporting and evaluation criteria as means towards a transparent use of ecotoxicity data for environmental risk assessment of pharmaceuticals, in: *Environmental Pollution*, 159 (2011), H. 10, S. 2487–2492

**Küster, Anette; Rechenberg, Bettina et al.:**

Using the fish plasma model for comparative hazard identification for pharmaceuticals in the environment by extrapolation from human therapeutic data, in: *Regulatory Toxicology and Pharmacology. Official Journal of the International Society of Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 61 (2011), H. 3, S. 261–275

**L**

**Lepom, Peter, Irmer, Ulrich, Wellmitz, Jörg:** Mercury levels and trends (1993–2009) in bream (*Abramis brama* L.) and zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) from German surface waters, in: *Chemosphere. Environmental Chemistry*, 86 (2011), H. 2, S. 202–211

**Leujak, Wera, Ginzky, Harald, Claussen, Ulrich:** Eisendüngung. Mehr CO<sub>2</sub> Fixierung durch das Meer? in: *Warnsignal Klima. Die Meere – Änderungen & Risiken*, 2011, S. 348–352

**Liebscher, Barbara, Krämer, Thomas:**

Das Zentralportal für einen Stoffdatenpool, in: *Umwelt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*, (2011), H. 7–8, S. 76–77

**Litz, Norbert, Krause, Björn; Heise, Stefan et al.:**

Comparative studies on the retardation and reduction of glyphosate during subsurface passage, in: *Water Research. The Journal of the International Association on Water Pollution Research & Control*, 45 (2011), H. 10, S. 3047–3054

**M****Marty, Michael:**

Der Handel mit Flächenausweisungsrechten. Rechtliche Fragen an ein ökonomisches Instrument, in: *Zeitschrift für Umweltrecht. Das Forum für Umwelt und Recht*, 22 (2011), H. 9, S. 395–405

**Menger, Matthias; Ackermann, Patrick et al.:**

Building a sustainable information system in the domain of chemical and biological safety, in: *Innovations in Sharing Environmental Observation and Information. Proceedings of the 25th EnviroInfo Conference “Environmental Informatics”*, October 5-7, 2011, Ispra. Part 1. *Environmental Informatics*, 2011, S. 179–188

**Menger, Matthias, Stolle, Christopher, Sparber, Kurt:**

Integrating workflow and document management with domain applications by using MS SharePoint 2010 with REST interfaces, in: *Innovations in Sharing Environmental Observation and Information. Proceedings of the 25th EnviroInfo Conference “Environmental Informatics”*, October 5-7, 2011, Ispra, Part 1. *Environmental Informatics*, 2011, S. 210–219

**Mücke, Hans-Guido:**

Beurteilung von troposphärischen Ozonkonzentrationen in Europa auf der Grundlage der Luftgüteleitlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO), in: *Immissionschutz. Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Reststoffverwertung und Wärmenutzung*, (2011), H. 3, S. 108–112

**Mücke, Hans-Guido:**

WHO-Kollaborationszentrum zur Überwachung der Luftqualität und Bekämpfung der Luftverschmutzung am Umweltbundesamt, in: *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 16 (2011), H. 4, S. 218–222

**N****Nagorka, Regine; Conrad, André; Scheller, Christiane; Süßenbach, Bettina; Moriske, Heinz-Jörn:**

Weichmacher und Flammschutzmittel im Hausstaub. Teil 2. Phthalatersatzstoffe und Flammschutzmittel, in: *Gefahrstoffe. Reinhaltung der Luft*, 71 (2011), H. 6, S. 286–292

**P****Penn-Bressel, Gertrude:**

Flächenneuanspruchnahme. Wirkungen auf Umwelt, Städtebau und Ökonomie, in: *Wirtschaftsdienst. Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*, 91 (2011), H. 11, S. 800–802

**Penn-Bressel, Gertrude:**

Flächennutzungsentwicklung in Deutschland. Trendanalysen auf Basis der aktuellen amtlichen Flächenstatistik, in: *Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung, Analyse, Bewertung*, Berlin 2011, S. 3–10

**R****Rapp, Thomas, Mendel, Birgit:**

Materialsicherheit in Europa. Europäische Harmonisierung der hygienischen Anforderungen an Materialien und Produkte im Kontakt mit Trinkwasser, in: *Energie Wasser Praxis. Fachzeitschrift für die Energie und Wasserpraxis*, (2011), H. 3, S. 8–11

**Rüther, Maria; Fock, Joachim; Schultz-Krutisch, Thomas et al.:**

Classification and Reference Vocabulary in Linked Environment, in: *Classification and ontology. Formal approaches and access to knowledge. Proceedings of the International UDC Seminar, 19-20 September, Würzburg 2011*, S. 91–108

**Rüther, Maria, Koschorreck, Jan, Bandholtz, Thomas:**

Networking Activities of Environmental Specimen Banks, in: *Innovations in Sharing Environmental Observation and Information. Proceedings of the 25th EnviroInfo Conference “Environmental Informatics”*, October 5-7, 2011, Ispra. Part 1. *Environmental Informatics*, 2011, S. 170–178

**S****Sawal, Georg, Windmüller, Lydia; Würtz, Alexander; Duffek, Anja; Schröter-Kermani, Christa, Lepom, Peter:**

Brominated flame retardants in bream (*Abramis brama* L.) from six rivers and a lake in Germany, in: *Organohalogen compounds. DIOXIN 2011*, S. 515–518

**Schaefer, Benedikt; Chorus, Ingrid et al.:**

Legionellen im Trinkwasserbereich, Ergebnisse eines Fachgesprächs zur Prävention trinkwasserbedingter Legionelosen, in: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, 54 (2011), H. 6, S. 671–679

**Schröter-Kermani, Christa et al.:**

Analytical experiences within the German Environmental Specimen Bank. Time trends of PCDD/F and dl-PCB in bream (*Abramis brama*) caught in German rivers, in: *Organohalogen compounds. DIOXIN 2011*, S. 1340–1343

**Schröter-Kermani, Christa; Rappolder, Marianne et al.:**

PCDD, PCDF, and dl-PCB in terrestrial ecosystems: Are there correlations of levels or patterns in soil and roe deer liver? in: *Organohalogen compounds. DIOXIN 2011*, S. 1325–1328

**Schulz, Christine, Kolossa-Gehring, Marika et al.:**

Human-Biomonitoring Kommission, Fortschreibung der Referenz- und HBM-Werte, in: *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 16 (2011), H. 5, S. 348

**Schulz, Christine; Becker, Kerstin; Kolossa-Gehring, Marike et al.:**

International conference on human biomonitoring, Berlin 2010, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, (2011)

**Schulz, Christine; Kolossa-Gehring, Marike et al.:**

Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission, in: International Journal of Hygiene and Environmental Health, 215 (2011), H. 1, S. 26–35

**Sperk, Carolin; Scutaru, Ana Maria; Däumling, Christine et al.:**

Darstellung und Analyse der Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten in Finnland, in: Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie. Mit Beiträgen zur Umweltmedizin, 61 (2011), H. 10, S. 354–357

**Sperl, Carolin; Scutaru, Ana Maria; Däumling, Christine et al.:**

Darstellung und Analyse der Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten in Großbritannien, in: Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie. Mit Beiträgen zur Umweltmedizin, 61 (2011), H. 1, S. 22–28

**Sperk, Carolin; Scutaru, Ana Maria; Däumling, Christine et al.:**

Darstellung und Analyse der Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten in Schweden, in: Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie. Mit Beiträgen zur Umweltmedizin, 61 (2011), H. 6, S. 194–199

## W

**Wehrspaun, Michael, Jumpertz, Elke:**

Umweltgerechtigkeit. Von der Defizitanalyse zur Potenzialförderung, in: UMID.Umwelt und Mensch – Informationsdienst. Umwelt & Gesundheit, Umweltmedizin, Verbraucherschutz, (2011), H. 2, S. 130–136

**Wehrspaun, Michael, Schack, Korinna:**

Wie Jugendliche bei der Umwelt ticken, in: Umwelt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2011), H. 5, S. 14–17

**Wehrspaun, Michael, Schack, Korinna:**

Wie umweltbewusst sind die Deutschen, in: Umwelt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, (2011), H. 1, S. 36–39

**Wiechmann, Benjamin, Gleis, Markus:**

Emissionen von Krematorien. Stand der Technik bei der Feuerbestattung in Deutschland und die Möglichkeiten einer Fortschreibung der 27. BImSchV, in: Technische Sicherheit, 1 (2011), H. 10, S. 59–64

**Wunderlich, Heinz-Guenter, Heinze, Rita; Grummt, Tamara et al.:**

Application of an optimized system for the well-defined exposure of human lung cells to trichloramine and indoor pool air, in: Journal of Water and Health, 9 (2011), H. 3, S. 586–596



## IMPRESSUM

### Herausgeber:

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Telefon: 0340 21 03-0  
E-Mail: [info@umweltbundesamt.de](mailto:info@umweltbundesamt.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### Redaktion:

Fotini Mavromati  
Martin Ittershagen (Mitarbeit)

### Lektorat:

textschliff, Berlin

### Gestaltung:

Studio GOOD, Berlin  
[www.studio-good.de](http://www.studio-good.de)

### Auflage:

5.000 Exemplare  
Gedruckt auf Recyclingpapier  
aus 100% Altpapier.

## BILDNACHWEIS

- Titel** dpa / picture-alliance / Fang  
**S 2** Marcus Gloger  
**S 6** Pavan Sukhdev  
**S 6** designritter / photocase.com  
**S 22** Geothermie: dpa / picture-alliance /  
epa Keystone Georgios Kefalas  
**S 26** dpa / picture-alliance /  
CHROMORANGE / Christian Ohde  
**S 27** dpa / picture-alliance / Uwe Zucchi  
**S 28** Autos: dpa / picture-alliance /  
Stephan Puchner  
**S 42** dpa / picture-alliance / Uwe Zucchi  
**S 43** dpa / picture-alliance /  
CHROMORANGE / CHROMORANGE/  
PHOTOGRAPHY  
**S 60** Sauberes Trinkwasser: dpa /  
picture-alliance / Frank May  
**S 67** Blühstreifen: Sebastian Wallroth  
**S 72** dpa / picture-alliance / Sanjeev Gupta  
**S 78** Studio GOOD  
**S 81** Studio GOOD  
**S 82** Andrea Böning, „Am Strand #1, 2011“  
**S 83** Waterlines: Martin Jenichen  
**S 83** Allora & Calzadilla | [anschlaege.de](http://anschlaege.de)  
Aus „Under Discussion“ 2004/05  
Courtesy the Artist

**Umwelt  
Bundes  
Amt**   
Für Mensch und Umwelt



Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Umweltbundesamtes. Sie ist kostenlos zu beziehen bei:  
GVP | Postfach 30 03 61 | 53183 Bonn  
Service-Telefon: 0340 21 03-66 88  
Service-Fax: 0340 21 03-66 88  
E-Mail: [uba@broschuerenversand.de](mailto:uba@broschuerenversand.de)

Der Bericht steht auch im Internet als PDF-Dokument zum Download bereit:  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)



Ausgabe  
2012:

**Green  
ECONOMY**