

## **Ressourcenschutz ist mehr als Rohstoffeffizienz**

**Materialien als Handreichung  
für Mitglieder und andere Interessenten**

# Inhalt

<b>1 Einleitung: Wachsende Bedeutung des Ressourcenschutzes</b>	<b>5</b>	3.2 Kreislaufwirtschaft	29
		3.2.1 Die Rolle der Abfallwirtschaft beim Ressourcenschutz	29
		3.2.2 Kreislaufwirtschaft und Abfallhierarchie	30
		3.2.3 Abfallmenge: Status Quo	31
		3.2.4 Recycling und Verbrennung	32
		3.2.5 Einzelne Abfallfraktionen	37
		3.2.6 Urban Mining	40
		3.2.7 Abfallvermeidung als vorrangiges Mittel für den Ressourcenschutz	41
		3.2.8 Organisation der Abfallwirtschaft	45
<b>2 Ressourcen und Ressourcenverbrauch</b>	<b>6</b>	3.3 Nachhaltig produzieren	47
2.1 Rohstoffnutzung, Rohstoffverbrauch	6	3.3.1 Anforderungen an nachhaltige Produkte	47
2.2 Geogene Rohstoffe	8	3.3.2 Ökodesign	47
2.2.1 Metallerze	8	3.3.3 Nachhaltige Konzepte	50
2.2.2 Fossile Rohstoffe	11	3.4 Nachhaltig nutzen statt verbrauchen	50
2.2.3 Andere Mineralien	12	3.4.1 Sind wir nur „Verbraucher“?	50
2.3 Folgen der Rohstoffgewinnung (Erzabbau, Aufbereitung, Transport)	14	3.4.2 Anders kaufen – bewusst auswählen	51
2.4 Biologische Ressourcen und Landwirtschaft	16	3.4.3 Nutzen statt besitzen: Neue (und alte) Nutzungskonzepte	52
2.4.1 Lebensmittelherzeugung	16	3.5 Wirtschaftswachstum und Ressourcenverschwendung	53
2.4.2 Lebensmittelabfälle	16		
2.4.3 Landwirtschaftliche Energie- und Rohstoffherzeugung: Fragliche Ökobilanz	17		
2.5 Ressourcenverbrauch in der Bauwirtschaft	20		
2.6 Wasser und virtuelles Wasser	21		
2.7 Ökologische Fußabdrücke und Ressourcenrucksäcke	23		
<b>3 Ressourcenschutz</b>	<b>26</b>	<b>4 Glossar</b>	<b>55</b>
3.1 Ressourceneffizienzprogramme und Indikatoren	26	<b>5 Quellen</b>	<b>56</b>
3.1.1 Die Europäische „Roadmap“	26		
3.1.2 „Rohstoffproduktivität“ und andere Indikatoren	26		
3.1.3 Zum Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung	28		

## Impressum:

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Arbeitskreis Abfall und Rohstoffe · Friends of the Earth Germany  
Am Köllnischen Park 1 · 10179 Berlin · Telefon: (030) 2 75 86-40 · Redaktion: Dr. Norbert Franck (V.i.S.d.P.) · Autoren: Heribert Wefers und Hartmut Hoffmann zusammen mit dem Arbeitskreis Abfall und Rohstoffe und der Mitwirkung der Arbeitskreise Umweltethik, Wald und Wirtschaft und Finanzen sowie Herrn Helmut Horn und Herrn Rolf Buschmann · Juli 2015

## Danksagung

Der BUND dankt seinem Mitglied Michael Albrecht aus Diez a. d. Lahn für die Anregung und die großzügige Spende zur Erstellung dieser Publikation.

# Zusammenfassung

In dieser Ausarbeitung des AK Abfall und Rohstoffe des BUND zum Thema Ressourcenschutz geht es um den zukunftsfähigen Umgang mit den Ressourcen unseres Planeten, einem Thema, das in den letzten Jahren oft zu wenig Beachtung gefunden hat. Dabei wird der Schwerpunkt auf den Abbau und die Nutzung von Rohstoffen sowie auf die Verwendung und Behandlung der erzeugten Produkte und Abfälle gelegt.

Zu einer umfassenden Bewertung der Situation gehören nicht nur die Einbeziehung des Energieaufwandes und die anderen Umweltbelastungen, die beim Abbau von Rohstoffen entstehen, sondern auch die indirekten Materialentnahmen und weitere Folgeschäden.

Dazu gibt es Kenngrößen wie den ökologischen Rucksack. Er bezeichnet die Gesamtheit des Materialinputs eines Produktes abzüglich seiner Eigenmasse, also alle Materialien einschließlich Wasser, die insgesamt für das Produkt lebenszyklusweit bewegt werden müssen und die nicht im Produkt selbst stecken (Einheit: kg). Der ökologische Rucksack kann den Anteil der Materialentnahmen, einschließlich importierter Stoffströme und des damit verbundenen Ressourcenverbrauchs in den Erzeugerländern pro Kopf der Bevölkerung abbilden. Die in Europa im Durchschnitt pro Kopf verbrauchte Rohstoffmenge beträgt etwa 45 kg pro Tag.

Ein ähnlicher Ansatz, den Ressourcenverbrauch zu quantifizieren, ist der ökologische Fußabdruck. Er bezeichnet die Fläche, die genutzt wird, um Ressourcen für eine Person, ein Produkt oder eine Aktivität bereitzustellen, einschließlich der Landwirtschaft, der Rohstoffgewinnung und des Flächenverbrauchs. Auch Flächen zur Abfallentsorgung und Flächen, die für die Bindung freigesetzten Kohlendioxids gebraucht würden, finden Eingang in diese Größe (Einheit: Hektar, ha). Der weltweite Ressourcenverbrauch liegt bei durchschnittlich 2,7 ha pro Person. Zur Verfügung stehen jedoch nur 1,8 ha. Der Verbrauch in Europa ist mit 4,7 ha überdurchschnittlich.

Europäische Kommission und Bundesregierung setzen zur Lösung der Rohstoffproblematik nur auf Ressourceneffizienz

(Indikator BIP/DMC). Das kann aber nur eine erste, noch nicht ausreichende Stufe sein. Der Indikator DMC (inländischer Stoffverbrauch) ist als Leitindikator unzureichend, da er weder die ungenutzten inländischen Rohstoffentnahmen noch die mit dem Rohstoffimport verbundenen Materialflüsse berücksichtigt. Auch der Indikator Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist problematisch, weil das BIP nicht-monetäre Werte nicht einbezieht und Preisveränderungen abbildet, die nichts mit dem Verbrauch an Material zu tun haben. Statt der Indikatoren DMC und Ressourceneffizienz sollte in der 2. Stufe der RMC (inländischer Rohstoffverbrauch) verwendet werden, der die inländische Rohstoffentnahme wiedergibt, korrigiert um die Importe und Exporte. Da die ungenutzte Entnahme (Abraum etc.) ebenfalls als relevant anzusehen ist, sollte der RMC jedoch später durch den Indikator TMC (globaler Stoffverbrauch) ersetzt werden, sobald die hierzu erforderliche statistische Datenbasis vorhanden ist.

Als verbrauchsbezogener Indikator enthält der TMC die gesamte inländische Materialentnahme (einschließlich ungenutzter Entnahme) sowie die Importe und deren ökologischen Rucksack, korrigiert um die entsprechenden Exportmengen, da diese für den inländischen Konsum nicht zu berücksichtigen sind. Wesentliche Position des BUND ist, dass der Ressourcenverbrauch in Deutschland und anderen Industrieländern in absoluten Zahlen sinken muss. Relative Größen wie die Ressourceneffizienz lösen die Probleme nicht grundlegend und können nur ein erster Schritt sein.

Bei der Einschätzung der Knappheit der Ressourcen gibt es Unterschiede. Begrenzt sind auf jeden Fall die zur Verfügung stehende nutzbare Landfläche und die Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre für Treibhausgase. Bei anderen Ressourcen ergibt sich ein unterschiedliches Bild. Die zur Verfügung stehenden Reserven an fossilen Energieträgern sind in den nächsten Jahren insgesamt nicht so knapp, dass die Versorgung der Weltbevölkerung nicht zu gewährleisten wäre. Der begrenzende Faktor ist bei diesen Energieträgern vielmehr die Aufnahmefähigkeit der Atmosphäre für Treibhausgase. Daher gilt es, den Verbrauch fossiler Energieträger weltweit kontinuierlich und zügig zu verringern.

Bei den Reserven, also den zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbaren Mengen an anderen mineralischen Rohstoffen wie z.B. Erzen, ist die Situation nicht einheitlich. Es gibt technisch wichtige kritische Rohstoffe mit geringer Verfügbarkeit. Andere Rohstoffe sind nicht knapp. Drei Aussagen lassen sich jedoch grundsätzlich treffen:

Der Abbau der Rohstoffe ist immer mit Energieaufwand und anderen mitunter erheblichen Umweltbelastungen verbunden. Ebenso werden der Aufwand, auch der finanzielle, und die Risiken zur Gewinnung dieser Rohstoffe im Verlauf der Zeit größer, nachdem die leichter zu gewinnenden Rohstoffe bereits abgebaut worden sind. Und die Verarbeitung von Primärrohstoffen zu Produkten erfordert stets einen nennenswerten Aufwand an zusätzlichen Ressourcen.

Weitere Aspekte sind unbedingt zu berücksichtigen:

- Nachwachsende Rohstoffe sind nicht unbegrenzt verfügbar.
- Phosphor ist kurzfristig kein knapper Rohstoff, aber er ist durch kein anderes Element ersetzbar.
- Biologische Abfälle müssen unbedingt behandelt werden, um die Entwicklung des Treibhausgases Methan auf Deponien zu verhindern.
- Die Verschmutzung der Gewässer mit Abfällen und Chemikalien belastet nicht nur wichtige Ökosysteme, sondern kann auch die Nahrungsmittelversorgung der Menschheit gefährden.
- Zu wenig beachtet wird, dass die Bauwirtschaft eine der energie- und rohstoffintensivsten Branchen ist.

Zur Erreichung des Zieles, die absolute Menge der verbrauchten Ressourcen zu senken, sind die Politik, die Wirtschaft, die Wissenschaft, aber letztlich auch jeder einzelne Mensch gefordert, die notwendigen Beiträge zur Erreichung dieses Ziels zu leisten. Notwendig ist beispielsweise auch ein neuer Fortschrittsbegriff, der die Lebensqualität stärker als die Lebensquantität betont.

Eine wichtige Rolle bei der Verringerung des Ressourcenverbrauchs spielt die Kreislauf- und Abfallwirtschaft. Die Vermeidung von Abfällen (Langlebigkeit, Wiederverwen-

dung, z. B. durch Mehrwegsysteme, Reparaturfreundlichkeit etc.) steht an erster Stelle, gefolgt von der stofflichen Verwertung (Recycling). Voraussetzung für das Recycling ist eine effektive getrennte Erfassung. Recycling funktioniert bei Papier/Pappe und Glas in Deutschland und einigen anderen Ländern recht gut, ist aber bei anderen Abfallfraktionen und in vielen Ländern noch zu verbessern. Großer Nachholbedarf besteht gerade bei kritischen Rohstoffen hinsichtlich Abfallvermeidung und Recycling. Hohe Recyclingquoten können freilich die steigende Rohstoffnachfrage bei anhaltendem Wirtschaftswachstum nicht abdecken.

Die großen Potentiale der stofflichen Verwertung und Rohstoffrückgewinnung bleiben bei einer Verbrennung von Abfällen weitgehend ungenutzt. Diese ist mit einer im Vergleich zum Recycling erheblichen Energieverschwendung und einem Verlust wertvoller Rohstoffe verbunden, die aus den Verbrennungsprodukten praktisch kaum wiedergewonnen werden können.

Ökodesign und andere Ansätze zu einer ökologischen und ressourceneffizienten Produktgestaltung sind als Elemente des Ressourcenschutzes notwendig. In der Wirtschaft bedarf es darüber hinaus neuer Geschäftsmodelle wie über Materialbörsen organisierter Kaskadennutzung und Kreislaufführungen von Hilfsstoffen. Maßnahmen gegen die Verschwendung von Lebensmitteln, gegen geplante Obsoleszenz sowie für langlebigere Produkte und die Unterstützung von Reparaturbetrieben sind politisch einzufordern.

Die vorherrschende Wirtschaftspolitik ist gegenüber den meisten in diesem Hintergrundpapier angesprochenen Problemen blind. Der volkswirtschaftliche Nutzen des Ressourcenschutzes wird ebenso wenig gesehen wie der ökologische. Die meisten Entscheidungsträger in der Politik, der Wirtschaft und der Wirtschaftswissenschaft verharren in dem Glauben, nur mit einem ausreichenden Wirtschaftswachstum ließen sich alle ökonomischen Probleme lösen, ohne die Kehrseite dieser Politik zu erkennen. Ressourcenschutz ist aber ein elementares Element einer zukunftsfähigen Wirtschaft. Und er ist auch ein elementares Element einer internationalen Friedenspolitik.

# 1 Einleitung:

## Wachsende Bedeutung des Ressourcenschutzes

Die materiellen Ressourcen unseres Planeten Erde sind begrenzt. Ein wesentliches Problem besteht darin, dass natürlich jeder Mensch einen Anspruch auf einen Teil dieses „Kuchens“ erhebt und die Zahl derer steigt, die diesen Anspruch übertreiben. Es geht in diesem Papier nicht in erster Linie um die Beschreibung der Grenzen des Wachstums. Hierzu gibt es bereits hinreichend ausführliche Veröffentlichungen. Auch geht es nicht einfach um moralische Appelle, im Einklang mit der Natur zu leben und darauf zu achten, dass alle anderen Menschen sowohl heute als auch in Zukunft Chancen zum Leben haben. Dazu gibt es ebenfalls zahlreiche Texte, auch aus unserem Verband.

Ziel dieses Hintergrundpapiers des AK Abfall und Rohstoffe des BUND zum Thema Ressourcenschutz ist vielmehr, eine Reihe von wichtigen Fakten darzustellen, Zusammenhänge zu erklären und Schritte zur Entschärfung des Problems zu erläutern, um Entscheidungshilfen und Anregungen für einen zukunftsfähigen Umgang mit begrenzten Ressourcen zu geben.

Die absolute Menge der noch nicht verbrauchten Ressourcen ist allerdings nicht mit Sicherheit bestimmbar. Zwei Aussagen lassen sich jedoch treffen: Der Abbau von Rohstoffen ist immer mit einem Energieaufwand und anderen, mitunter erheblichen Umweltbelastungen verbunden. Und der Aufwand und die Risiken zur Gewinnung dieser Rohstoffe werden im Verlauf der Zeit größer, nachdem die leichter zu gewinnenden Rohstoffe bereits abgebaut worden sind.

Die bisherigen Wege der Industrie- und Wirtschaftspolitik können nicht blind weiter beschritten werden und vor den bestehenden und absehbar noch zunehmenden Problemen kann man die Augen nicht verschließen. Wenn der damalige Bundesumweltminister Röttgen im Oktober 2011 bei der Vorstellung des Entwurfs für das inzwischen in Kraft getretene Kreislaufwirtschaftsgesetz stolz ausführte, in Deutschland würden schon 13 Prozent der Rohstoffe durch recycelte Abfälle ersetzt, zeigt das überdeutlich, welchen weiten Weg wir noch vor uns haben.

Wir Menschen dürfen unsere Ökosysteme nicht aufs Spiel setzen und ebenso wenig den Frieden in den Ländern, in denen die Rohstoffe abgebaut werden. Wir müssen vielmehr verantwortlich miteinander und mit der Zukunft umgehen. Ressourcenschutz ist wesentlich mehr als Rohstoffsicherung. Er ist eine Voraussetzung für Zukunftsfähigkeit.

## 2 Ressourcen und Ressourcenverbrauch

**U**nter natürlichen Ressourcen werden im Allgemeinen diejenigen materiellen Mittel verstanden, die zur Güterproduktion oder zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Lebensqualität erforderlich sind. Dazu gehören im Wesentlichen Wasser, Luft, Rohstoffe, Boden/Landfläche und die biologische Vielfalt (BMU 2012a).

Im Folgenden geht es insbesondere um den Bereich der Rohstoffe, in denen sich Problemfelder abzeichnen, seien es knapper werdende begrenzte Vorräte oder ökologische und soziale Folgen des Ressourceneinsatzes und -verbrauchs.

In diesem Hintergrundpapier werden Themen wie z. B. Klima, Landwirtschaft und Flächenkonkurrenz nur gestreift, aber unter Aspekten wie Recycling und Knappheit von Ressourcen angesprochen, andere Themen hingegen nicht. Dies heißt aber nicht, dass es sich dabei um echte Lücken handelt. Diese Themen werden von anderen Arbeitskreisen im BUND ausführlich bearbeitet.

### *Umwelt und Lebensraum*

Ressourcenschutz bedeutet nicht nur den effizienteren oder sparsameren Umgang mit Rohstoffen und Energie mit dem Ziel, endliche Ressourcen zu schonen und deren Verfügbarkeit über einen längeren Zeitraum sicherzustellen. Ressourcenschutz bedeutet darüber hinaus auch, sekundäre Folgeschäden zu berücksichtigen, die mit der Förderung und der Nutzung von Ressourcen verbunden sind. Ressourcenschutz bedeutet aber schließlich auch, Obergrenzen bei dem Verbrauch von Ressourcen und bei negativen Umweltauswirkungen wie der Konzentration an Treibhausgasen zu definieren und einzuhalten.

Zerstörung der Umwelt, Schadstoffbelastung der Umweltmedien Wasser, Boden und Luft, aber auch der Verlust von Artenvielfalt sind Verluste wertvoller Ressourcen. Auch wenn Verluste von Umweltqualität und Biodiversität nicht unmittelbar in Geld auszudrücken sind und daher nicht in betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Berechnungen einbezogen werden, müssen sie Gegenstand des Ressourcenschutzes sein.

Die ökologischen Nachteile sind bei der Nutzung regenerativer Ressourcen nach derzeitigem Kenntnisstand in der Regel geringer als bei der Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen. Dennoch muss im Einzelfall kritisch hinterfragt werden, ob auch diese ökologischen Nachteile vertretbar sind oder nicht.

Es sind jedoch nicht nur die Nachteile, die bei der Nutzung von regenerativen Ressourcen zu berücksichtigen sind. Auch prinzipiell nachwachsende Ressourcen (z. B. Fischbestand und landwirtschaftliche Produkte) sind limitiert. Eine Überschreitung des Potentials zur Regeneration, etwa durch Überfischung oder durch Intensivlandwirtschaft, führt zu einem mittel- oder langfristigen Verlust dieser Ressourcen.

### **2.1 Rohstoffnutzung, Rohstoffverbrauch**

Für die meisten Rohstoffe gilt, dass die in ihnen enthaltenen chemischen Elemente bei der Gewinnung, Aufarbeitung und Umwandlung zu den unterschiedlichen Produkten als Elemente erhalten bleiben. Sie werden insofern also nicht verbraucht, von solchen Ausnahmen wie Uran im Zusammenhang mit der Atomkraft einmal abgesehen. Dennoch ist es nicht nur umgangssprachlich vertretbar, von Rohstoffverbrauch zu sprechen, wenn z. B. Metallerze aus dem Boden geholt, bei der Verhüttung in Metalle umgewandelt und dann weiter verarbeitet werden, denn die Stoffe liegen nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form („roh“) vor. Im Unterschied dazu wird Kühlwasser, wenn es bei der Kühlung nicht verschmutzt wird, nicht verbraucht, da es (zwar erwärmt, aber nicht stofflich umgewandelt) als Wasser anderweitig verwendet werden kann.

Insgesamt betrug die weltweite Rohstoffentnahme im Jahr 2011 etwa 78 Milliarden t, das sind ca. 30 kg pro Person und Tag. Die Steigerung in den Jahren 1980–2011 betrug rund 118% (materialflows.net), von rund 36 Milliarden t auf etwa 78 Milliarden t. Zur Rohstoffentnahme zählen sowohl biologische (Nahrungs- und Futtermittel sowie Holz) als auch abiotische Rohstoffe (Fossile Energieträger, Metallerze sowie Industrie- und Baumineralien), die im

Inland gefördert bzw. erzeugt werden zuzüglich der Importe. Nicht berücksichtigt sind in diesen Zahlen ökologische Folgekosten, ausgedrückt etwa durch den „ökologischen Fußabdruck“ oder den „Ressourcenrucksack“ (s. Kap. 2.7). Die Rohstoffentnahmen stiegen im Zeitraum 1980–2011 bei der Biomasse (Nahrungs- und Futtermittel sowie Holz) um 56 % an, bei den fossilen Energieträgern um 73 %, den Metallerzen um 147 % und bei den Industrie- und Baumaterialien sogar um 228 % (materialflows.net).

Während in Nordamerika etwa 90 kg Rohstoffe pro Tag und Kopf verbraucht werden, liegt der Pro-Kopf-Verbrauch in Europa bei etwa 45 kg pro Tag, in Afrika bei nur etwa zehn kg pro Tag (Global 2000, 2009). Betrachtet man die Situation summarisch über den Ressourcenverbrauch, sind es vor allem Wohnen und Infrastruktur, Ernährung und Getränke, sowie Mobilität, die als ressourcenrelevant auf-

fallen (siehe Tabelle 1). Der mit 39% ebenfalls große Teil „andere Konsumbereiche“ enthält z.B. Kleidung, Sport, Inneneinrichtung/Möbel, Medien sowie elektrische und elektronische Geräte. Einen Überblick über die Branchen, die Produkte und Leistungen zur Verfügung stellen, zeigt Abbildung 1 zum Einsatz von Mineralien, Metallen, fossiler Energie und Biomasse.

Der Baubereich ist offensichtlich mit einem sehr hohen Anteil mineralischer Rohstoffe der rohstoffintensivste Bereich, gefolgt von Energie- und Wasserversorgung, Herstellung von Erdöl- und Kohleprodukten, sowie Bergbau und Förderung fossiler Energieträger.

Die Bedeutung der Materialströme und deren Relevanz in der Ressourcenschutzdiskussion lässt sich jedoch nicht allein aus der Prozentzahl für die Materialmenge ableiten.

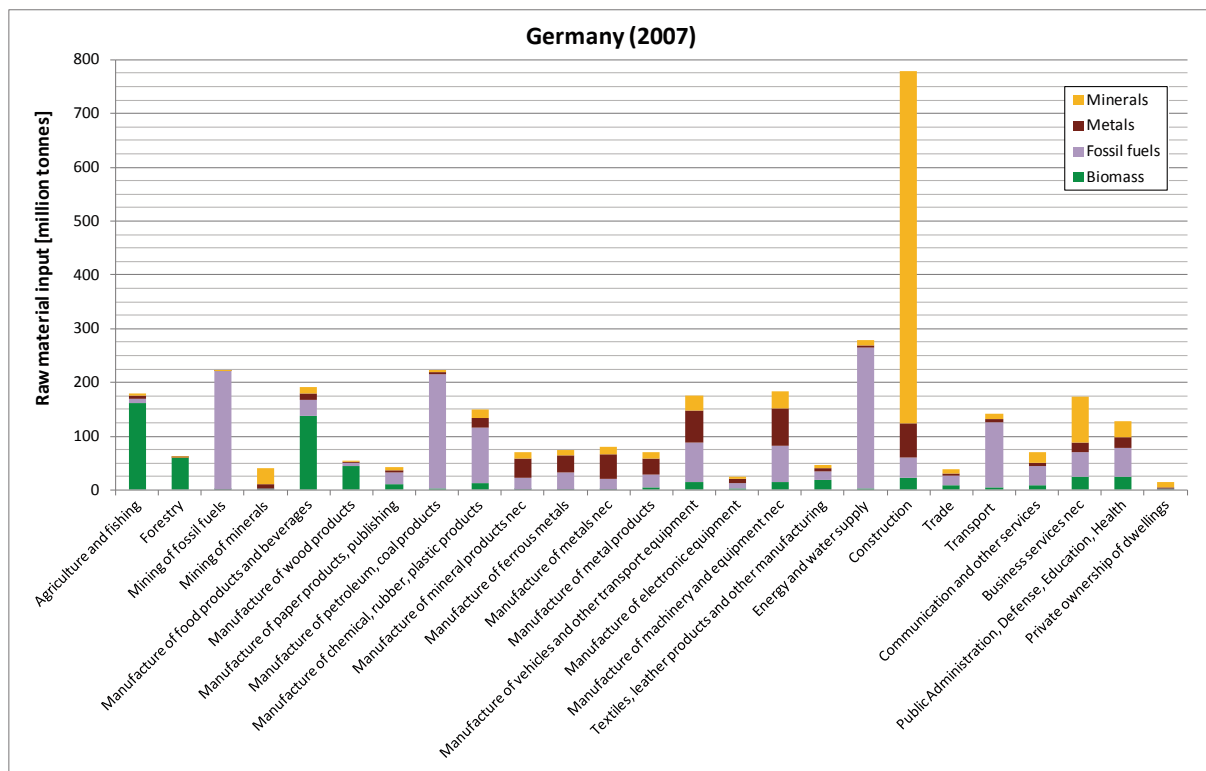


Abbildung 1: branchenbezogener Materialverbrauch in Deutschland. Aus: Biointelligence Service (2013).

Bereich	%
Wohnen und Infrastruktur	31
Ernährung und Getränke	23
Mobilität	7
Andere Konsumbereiche	39

Tabelle 1: Ressourcenverbrauch, zusammengefasst in Konsumbereiche, Daten für Europa (nach Global 2000, 2009):

Bei den Stoffströmen sind es vor allem die

- kritischen, das heißt die technisch wichtigen und gleichzeitig knapp werdenden Mineralien und Erze,
- die fossilen Energieträger und deren Begrenzung, mehr jedoch
- deren CO<sub>2</sub>-Freisetzungspotential und damit verbundene Klimawirkungen, sowie

- Bodenverbrauch und
- Wasserverbrauch.

In den folgenden Abschnitten werden diese Schwerpunkte dargestellt, insbesondere auch sekundäre Auswirkungen des Verbrauchs: Ressourcenverbrauch, der nicht unmittelbar mit der Menge der Rohstoffe („extrahierter Materialien“) zusammenhängt.

## 2.2 Geogene Rohstoffe

### 2.2.1 Metallerze

Die meisten technisch genutzten Metalle liegen als Erze, das heißt als anorganische Verbindungen (z. B. Oxide, Sulfide) in der Erdkruste vor. Eisen und Aluminium sind mit hohen prozentualen Anteilen praktisch in unerschöpflichem Umfang vorhanden. Deren Relevanz hinsichtlich Ressourcenschutz liegt somit weniger in der begrenzten Menge als in dem für die Produktion erforderlichen Aufwand an Energie und anderen Ressourcen.

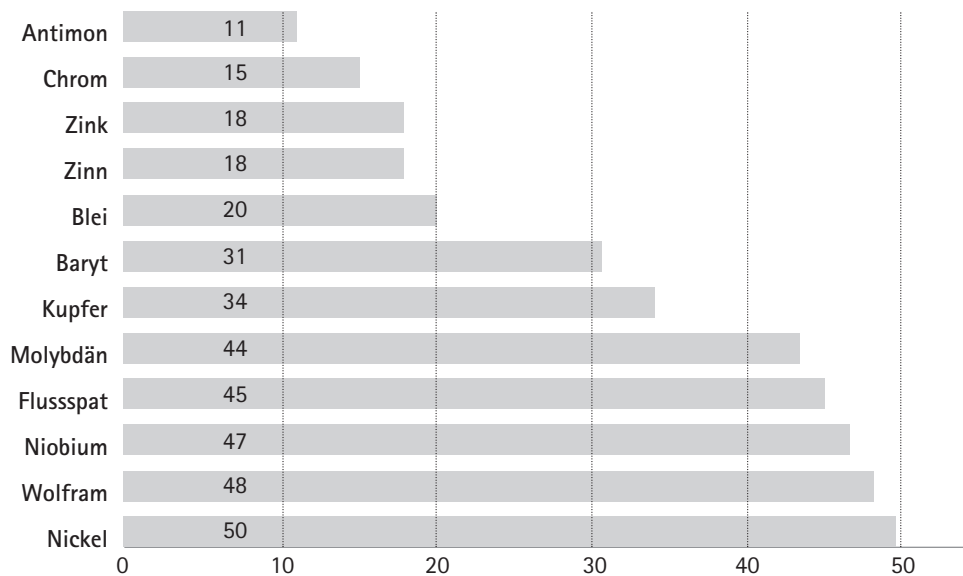


Abbildung 2: Statische Reichweite ausgewählter Metalle und Mineralien in Jahren.



Land	Reserven		Fördermengen 2013
	1000 t	%	t
China	55.000	40,4	100.000
Brasilien	22.000	16,2	140
USA	13.000	9,5	4.000
Indien	3.100	2,2	2.900
Australien	2.100	1,5	2.000
Malaysia	30	0,2	100
Russland	*		2.400
Vietnam	*		220
andere Staaten	41.000	30,1	k.A.
<b>Summe</b>	<b>136.000</b>	<b>100</b>	

\*: in „andere Staaten“ enthalten

Tabelle 2: Seltene Erden; bekannte Reserven und Fördermengen nach Ländern.

Quelle: U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, February 2014. pp 128-129.

Andere Metalle sind dagegen unter vertretbarem Aufwand nur in begrenztem Umfang förderbar. Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über einige der technisch wichtigsten Metalle und geschätzte Zeiträume, in denen sie bei den derzeitigen Abbaumengen zur Neige gehen würden.

Die statische Reichweite gibt die Zeitspanne an, in der ein Rohstoff aus allen bekannten und wirtschaftlich abbaubaren Vorkommen bei gegenwärtigen Kosten und Technologien sowie bei aktuellem Verbrauch noch zur Verfügung steht. Aus: Faulstich et al. (2010)

Die statische Reichweite dieser Metalle berücksichtigt jedoch nicht die Technologieentwicklung. Insbesondere moderne Technologien wie Fahrzeugbau, Luft und Raumfahrt, Mikroelektronik, Energie- und Antriebstechnik, Umwelttechnik und Medizintechnik können zu den Wachstumsmärkten gerechnet werden und sind häufig auf diese knappen Rohstoffe angewiesen. Umgekehrt kann die statische Reichweite nicht einbeziehen, dass auch neue Vorkommen entdeckt werden können.

### Seltene Erden

Zu den seltenen Erden gehören zum Beispiel Elemente wie Lanthan, Neodym und Yttrium. Die seltenen Erden gehören zu den „kritischen Metallen“, die laut Rohstoffinitiative der Europäischen Kommission in ihrer Nutzung als besonders wichtig und in ihrer Verfügbarkeit beschränkt sind. Die weltweiten Rohstoffreserven an Seltenen Erden, die wirtschaftlich genutzt werden könnten, werden auf 136 Millionen t geschätzt (U.S. Geological Survey 2014). Die globale Förderung in Minen wird für das Jahr 2009 auf 124.000 t geschätzt (Ökoinstitut 2011).

Aus der Tabelle 2 wird ersichtlich, dass die Menge der förderbaren Seltenen Erden global im Vergleich zur jährlichen Förderung beträchtlich ist. Der Begriff Seltene Erden ist im Grunde genommen nur historischen Ursprungs. Er kommt daher, dass sie in den Metallerzen nur in geringer Konzentration enthalten sind.

Allerdings findet die Förderung überwiegend in China statt. Dazu kommt, dass eine Bewertung der Gesamtmenge för-

derbarer Seltener Erden in die Irre führt; es kommt eher auf die Betrachtung jeder einzelnen Seltenen Erde an. Die einzelnen Elemente sind nur sehr spezifisch einsetzbar. Eine Substitution erfordert also in den meisten Fällen eine völlige Neuentwicklung des Verfahrens oder des Produktes. Der BUND unterstützt die Forderung nach mehr Forschung zur Substitution dieser Elemente. Allerdings ist nicht auszuschließen, dass die Lösungen, die dabei gefunden werden, eine geringere Effizienz bieten und dadurch einen höheren Ressourceneinsatz erfordern könnten.

Die EU importiert 90% der Seltenen Erden aus China (Ökoinstitut 2011a). Aus der Sicht der vorrangig wirtschaftlich orientierten Politik der westeuropäischen und nordamerikanischen Regierungen ist die mangelnde „Zuverlässigkeit“ der politischen Systeme der Länder, in denen Erzvorkommen liegen, ein Grund zur Sorge. Zuverlässigkeit bedeutet z.B., den unbegrenzten Zugriff zu den entsprechenden Rohstoffen oder immerhin einen ununterbrochenen Zugang auf diese sowie den unbegrenzten Abfluss von Gewinnen aus den Exportländern zu haben. Nach Auffassung des BUND muss aber vorrangig sichergestellt werden, dass durch die in den Verträgen festgeschriebenen Liefermengen und Konditionen in den Erzeugerländern Produktionsbedingungen etabliert werden, die sozialverträglich sind und keine ökologischen und gesundheitlichen Schäden verursachen.

Auch für die Seltenen Erden gilt, dass sie als Elemente bei der Produktion zwar „verbraucht“ werden, jedoch im Grunde erhalten bleiben. Da sie aber häufig nur in sehr geringen Mengen in Produkten eingesetzt werden, sind ihre Erfassung und Separierung in einem Recyclingprozess noch wesentlich schwieriger als bei anderen Rohstoffen. Ihre Wiedergewinnung ist zwar möglich, momentan jedoch meist nicht wirtschaftlich. Bisher liegen noch keine Recyclinglösungen für seltene Erden im industriellen Maß vor.

Eine ausführliche Darstellung der Probleme und Möglichkeiten zur Verbesserung der Situation wurde vom Ökoinstitut verfasst (Ökoinstitut 2011a). Danach sind die Prozesse sehr komplex und energieaufwändig und erfordern

in der Regel intensive Zerlegung der Altgeräte vor dem Recycling. Wiederverwendbarkeit, sei es durch Reparaturen, sei es durch Ausbau von Ersatzteilen, ist also derzeit die beste Lösung zum Ressourcenschutz für die Seltenen Erden. Leider wird dieser Weg, wie es im Frühjahr 2015 aussieht, im Rahmen des geplanten Elektroaltgerätegesetzes durch die deutsche Politik wohl blockiert.

#### *Einsatzbereiche kritischer Rohstoffe*

Kritische Rohstoffe, das heißt Rohstoffe mit geringer Verfügbarkeit, die gleichzeitig technisch wichtig sind, fließen vor allem in technologisch anspruchsvolle Bereiche, insbesondere in „Zukunftstechnologien“. Und das betrifft nicht nur Selten Erden. Gerade bei den sogenannten Zukunftstechnologien wird von einem überdurchschnittlichen Wirtschaftswachstum ausgegangen. So sind viele dieser Rohstoffe in moderner Kommunikations- und Unterhaltungselektronik sowie im Bereich Elektrizitätserzeugung und -speicherung zu finden.

Besonders starke Permanentmagnete ermöglichen den Bau besonders energieeffizienter Motoren und Generatoren. Sie benötigen jedoch das Seltene-Erden-Metall Neodym. Auch energiesparende Beleuchtung durch LEDs und Photovoltaik erfordern mit Gallium einen Rohstoff, der Knappheit befürchten lässt. Kobalt als wesentlicher Baustein von Lithium-Ionen-Akkus ist ebenfalls kritisch, damit spielt es gleichzeitig beim Ausbau der Elektromobilität eine wesentliche Rolle.

Es wird das Dilemma deutlich, dass einige dieser Metalle eine wesentliche Voraussetzung für energiesparende und ökologisch zu betreibende Anlagen und Geräte darstellen. Somit wäre deren Einsatz wünschenswert. Andererseits erfolgt deren Produktion unter sehr fragwürdigen ökologischen und sozialen Bedingungen.

### Rohstoff Verwendung in Zukunftstechnologie

Antimon	Elektronik: Mikrokondensatoren (Antimon-Zinn-Oxid, ATO)
Kobalt	Lithium-Ionen-Akku, synthetische Kraftstoffe
Gallium	Dünnschichtphotovoltaik, IC, WLED (Weiße LED)
Germanium	Lichtwellenleiter, IF-optische Technologien
Indium	Displays, Dünnschichtphotovoltaik
Platin	Brennstoffzellen, Katalysator
Palladium	Katalysator, Meerwasserentsalzung
Niob	Mikrokondensatoren, Ferrolegerungen
Neodym	Permanentmagnete, Lasertechnologie
Tantal	Mikrokondensatoren, Medizintechnik

Tabelle 3: Verwendung knapper Rohstoffe in Zukunftstechnologien (Beispiele). Aus Faulstich 2010.

Es muss somit sichergestellt werden, dass der Einsatz dieser Metalle unter möglichst ressourcenschonenden Bedingungen erfolgt (Kreislaufführung), gleichzeitig müssen die Produktionsbedingungen in jedem Land so beschaffen sein, dass sie umwelt- und sozialverträglich sind. Die technologischen und ökologischen Vorteile in industrialisierten Ländern dürfen nicht mit gravierenden ökologischen Kosten in anderen Ländern erkaufte werden, dies wäre nichts anderes als die Externalisierung der Schäden.

#### 2.2.2 Fossile Rohstoffe

Die fossilen Energieträger Steinkohle, Braunkohle, Erdöl und Erdgas werden überwiegend als Brennstoffe, z. B. zur Erzeugung von elektrischem Strom und von Wärme verwendet; Erdöl und in geringerem Umfang auch Erdgas werden außerdem zu Treibstoffen verarbeitet. Generell ist der Einsatz der fossilen Energieträger eng verknüpft mit zahlreichen anderen Umweltproblemen einschließlich dem Verbrauch anderer Ressourcen. Sie tragen durch das bei der Verbrennung entstehende CO<sub>2</sub> in hohem Maß zur Erderwärmung bei, und Schadstoffe wie Staub, HCl, HF, SO<sub>2</sub> und die Stickoxide, die ja alle erst bei der Verbrennung entstehen, verschmutzen die Luft erheblich. Werden die Rauchgase gereinigt, um die Luftverschmut-

zung zu reduzieren, werden in den Rauchgasreinigungsanlagen auch wieder Rohstoffe verbraucht, vor allem Kalk für die sauren Schadgase HCl, HF und SO<sub>2</sub>. Zudem entsteht beim Betrieb der Rauchgasreinigungsanlagen ein nicht unerheblicher Energiebedarf.

Für Erdgas gelten diese Ausführungen nicht in dem gleichen Maße. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kilojoule erzeugter Sekundärenergie liegt unter dem Wert von Öl oder Kohle, und der Schadstoffausstoß von HCl, HF und SO<sub>2</sub> ist praktisch gleich Null. Dadurch entsteht im Vergleich zu Kohle auch kein Kalkbedarf. Kraftwerke, die mit Erdgas betrieben werden, sind flexibel zu betreiben und in der Leistung leicht steuerbar. Dennoch trägt natürlich auch die Verbrennung von Erdgas durch das entstehende CO<sub>2</sub> zur Erderwärmung bei.

Es liegen unterschiedliche Angaben zur noch vorhandenen Menge förderbaren Erdöls vor, die an dieser Stelle nicht diskutiert werden müssen. Denn allein aus Gründen des Klimaschutzes müssen Abbau bzw. Förderung fossiler Energieträger so stark reduziert werden, dass in den nächsten Jahrzehnten gar nicht alle bekannten Lagerstätten ausgebeutet werden sollten. Was dann noch an förderbaren

Rohstoffreserven übrig bleibt, wird vielleicht in den nächsten Jahrhunderten als Rohstoff noch von Nutzen sein. Sogenannte „unkonventionelle“ Fördertechniken wie der Abbau von Ölschiefer (Beispiel Kanada) und das Fracking (USA), die der BUND aus zahlreichen Gründen (vor allem Klimaschutz und Wassergefährdung) ablehnt, sind jedenfalls Schritte in die falsche Richtung.

Aktuelle Preissprünge beim Öl zeigen deutlich, dass der Ölpreis von zahlreichen Faktoren abhängt, die nicht unbedingt nur mit Angebot und Nachfrage zu tun haben. Mittel- und langfristig könnte der Ölpreis infolge einer gewissen Verknappung des Erdöls tendenziell steigen. Die Verbrennung von Erdöl sollte aber nicht primär aus Kostengründen, sondern vor allem aus Gründen des Schutzes der natürlichen Lebensgrundlagen zurückgefahren werden.

Die fossilen Energieträger spielen daneben auch eine Rolle als Industrierohstoffe (derzeit weniger als 10% der gesamten Gewinnung von Erdöl und von Kohle). Da sie in diesem Zusammenhang nicht verbrannt, sondern anderweitig verwendet werden, ist ihre Klimarelevanz anders einzustufen.

Erdgas ist eine wichtige Rohstoffquelle der chemischen Industrie. Einige Massenkunststoffe, wie Polyethylen und Polypropylen werden daraus hergestellt. Viele andere Kunststoffe werden auf der Basis von Erdöl hergestellt. Da der BUND die Verbrennung von Abfällen aus zahlreichen Gründen ablehnt (s. Kap. 3), führen Nutzungen als Industrierohstoffe nicht oder nur in geringem Umfang zu einem steigenden CO<sub>2</sub>-Ausstoß.

Steinkohle ist ein Rohstoff zur Verhüttung von Metallen. Dabei wird Kohle nicht unmittelbar eingesetzt, sondern in Form von Koks, einem Produkt mit einem höheren Kohlenstoffgehalt als die Kohle selbst, das in thermischen Verfahren aus Steinkohle gewonnen wird. Bei der Roheisenerzeugung aus Eisenerz dient Koks als Reduktionsmittel durch die chemische Reaktion mit den Oxiden oder Sulfiden des Erzes. Dabei entsteht unter anderem auch CO<sub>2</sub>. Daher ist es wichtig, möglichst viel an Metallen dem Recyc-

ling zuzuführen, um die Klimabelastung durch die Metallgewinnung so gering wie möglich zu halten. Nicht nur Eisen, auch andere Metalle werden mit Hilfe von Kohlenstoff erzeugt. Daneben gibt es auch metallurgische Produktionsprozesse, die auf elektrische Energie angewiesen sind, wie z.B. die Aluminiumgewinnung.

Bei der Erzeugung von Koks aus Kohle fallen auch Nebenprodukte (ca. 20%) an, wie z.B. Wasserstoff, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und Kohlenmonoxid im Kokereigas sowie Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Naphthalin und Teer. Derartige Nebenprodukte können als Rohstoffe in der chemischen Industrie genutzt werden, wie es bis in die 1960er Jahre war, bevor die Chemie-Industrie auf den billigeren Rohstoff Erdöl umschwenkte. Nicht jede Steinkohle eignet sich zur Koksproduktion, z.B. Anthrazit und Gasflammkohle. Auch Braunkohle ist zur Koksproduktion völlig ungeeignet.

### 2.2.3 Andere Mineralien

Die Aussage, Deutschland sei, einmal abgesehen von den Braunkohlevorkommen, ein rohstoffarmes Industrieland, ist nicht ganz präzise. Auch wenn viele Rohstoffe importiert werden: Zahlreiche mineralische Rohstoffe wie z.B. Sand und Kies, Kalkstein, Kochsalz und Kali werden nach wie vor in Deutschland in großen Mengen abgebaut. Da diese Rohstoffe hierzulande nicht knapp sind, soll im Rahmen dieses Hintergrundpapiers nicht näher auf sie eingegangen werden. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass der Abbau dieser Rohstoffe teilweise zu erheblichen Eingriffen in die Landschaft führt. Der Abbau von Kalisalzen zieht außerdem Probleme mit Reststoffen aus der Aufarbeitung vor Ort nach sich, die je nach gewähltem Entsorgungsweg Schäden für das Grundwasser hervorrufen können.

Während Kali, das eine große Rolle als Mineraldünger in der Landwirtschaft spielt, als mineralischer Rohstoff abgebaut wird, gehören die mineralischen Stickstoffdünger nicht zu diesen Rohstoffen, sondern werden mit einem erheblichen Energieaufwand aus Luft-Stickstoff hergestellt. Dieser Energieaufwand gehört zu den Problemen der kon-

ventionellen Landwirtschaft, die durch die Abkehr von der immer extremer werdenden Intensivierung reduziert werden müssten.

Der Mineraldünger Phosphat wird mittelfristig als knapper Rohstoff betrachtet. Rohstoffreserven und weitere Vorkommen sind begrenzt. Biogene Phosphatquellen werden nicht annähernd in dem Maße regeneriert, wie sie ausgebeutet werden. Unter Ressourcenschutzgesichtspunkten ist der Umgang mit Phosphat ein Beispiel für die Verschwendung mittel- und langfristig knapper und lebenswichtiger Rohstoffe.

Phosphat ist ein Beispiel für die Verschwendung eines wichtigen Rohstoffes in der Landwirtschaft. Phosphat kann aus Mineralien (z.B. Apatit) gewonnen werden; es wird hauptsächlich in den Ländern Nordafrikas, USA, Russland, Südafrika und China gefördert. Biogene Lagerstätten von Phosphat („Guano“) waren und sind ebenfalls von Bedeutung, allerdings sind wichtige Lager bereits ausgebeutet und neu erschlossene Lagerstätten sehr begrenzt.

Bis vor wenigen Jahren erwarteten Mineralogen Engpässe bei der Phosphatförderung, noch zeitlich vor Engpässen bei der Erdölexploration. Die heute etwas entspanntere Sicht liegt darin begründet, dass die Rohstoffvorkommen Marokkos und anderer Staaten Nordafrikas nun als wesentlich größer eingeschätzt werden als noch 2005. Nun geht man von einer statischen Reichweite von rund 350 Jahren aus. Allerdings wird in der folgenden Tabelle auch deutlich, dass die Situation relativ labil ist. Ein Wegfall der Förderung aus einem einzigen Land, Marokko, würde die gesamte Situation wesentlich verschärfen. Die Beschränkung auf wenige Förderländer ist immer mit der Gefahr von Abhängigkeiten verbunden.

Phosphat ist allgegenwärtig: Es befindet sich in jeder pflanzlichen und tierischen Zelle, es ist als ATP (Adenosintriphosphat) wichtiger biologischer Energiespeicher, außerdem ist Phosphat ein Element der DNA aller Organismen. Ohne Phosphat kann kein Mensch, kein Lebewesen existieren. Und für Phosphor gibt es keinen Ersatz.

Land	Produktion 2009 Millionen t	Reserven Millionen t
China	68,0	3.700
USA	25,8	1.400
Marokko	25,8	50.000
Algerien	1,8	2.200
Welt	184,4	65.067

Tabelle 4: Phosphatproduktion und Reserven an Rohphosphat Ende 2010. Aus: Röhling 2012, nach BGR-Datenbank, US Geological Survey 2011

In Deutschland erfolgt die Phosphordüngung in der Landwirtschaft zu einem Teil über Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Festmist). Hinzu kommen geringere Mengen an Phosphor über Kompost, kommunalen Klärschlamm und tierische Abfälle wie z.B. Tiermehl. An Mineraldünger werden rund 120.000 t pro Jahr ausgebracht.

Auch wenn die Verwendung von Wirtschaftsdünger den Anschein erweckt, hier würden in vorbildlicher Weise natürliche Kreisläufe geschlossen, so trifft das nur zum Teil zu. Denn der Phosphorimport, der im Wirtschaftsdünger steckt, also der Import von Phosphaten und der von Phosphor in Futtermitteln, müsste bei den Berechnungen berücksichtigt werden. Außerdem gelangt ein nicht geringer Teil des Phosphors, vornehmlich des wasserlöslichen Phosphat-Mineraldüngers in das Grundwasser und von dort in das Oberflächenwasser der Flüsse, Seen und der Meere. Phosphat ist, wenn es einmal in das Grundwasser gelangt ist, verloren. Genauso, wie es mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist, ein Stück gelösten Zuckers aus einem See zurückzugewinnen, lässt sich Phosphat wegen der enormen Verdünnung nicht mehr aus Gewässern herausholen.

Stattdessen entfaltet es dort eine Wirkung, die mit großen ökologischen Problemen verbunden ist: Phosphateinträge bedeuten eine „Eutrophierung“ (Nährstoffanreicherung) der Gewässer. Dies fördert das Algenwachstum, es werden gewaltige Mengen von Biomasse produziert. Deren Absterben führt zum Verbrauch von Sauerstoff, das Gewässer „kippt um“. In sauerstofffreiem Wasser können nur noch einige anaerobe Bakterien und andere niedere Organismen leben, es ist biologisch praktisch tot. Sogar große Gewässer wie die Ostsee sind davon betroffen: Die Algenblüte findet in früher nie gekanntem Ausmaß statt, es fehlt in bestimmten Jahreszeiten der Sauerstoff. Die Überdüngung mit Phosphat ist also nicht nur eine Verschwendung, sie führt auch zu negativen Folgen in anderen Bereichen als der Landwirtschaft.

Ein anderes Beispiel für die Verschwendung von Phosphor ist die Verbrennung von Klärschlamm in Müllverbrennungsanlagen und Zementwerken. Aus den dabei erzeugten Rückständen ist kein Gramm Phosphor mehr zurück zu gewinnen.

Es gibt inzwischen technische Ansätze zur Wiedergewinnung von Phosphat: Da es in Fäkalien enthalten ist, kann es in Kläranlagen aus dem Abwasser zurückgewonnen werden. Ein Produkt ist bereits als Dünger zugelassen und im Einsatz. Nach Aussagen der Hersteller und Betreiber ist dieses Verfahren durch die Einsparung an Instandhaltungskosten bei der Beseitigung von Verkrustungen in den Rohranlagen ihrer Kläranlage wirtschaftlich.

So nützlich technische Lösungen manchmal sein können, es sind oft „end of the pipe“-Strategien, die mit beträchtlichem Aufwand bestimmte Probleme verringern, sie jedoch nur zum Teil lösen. Die Überdüngung mit Phosphat und die Wirkungen auf Gewässer werden hier nicht behoben. Umfassender Ressourcenschutz hieße, auf den Import von Phosphat zu verzichten. Und dies nicht nur wegen der Übernutzung des Rohstoffs Phosphat. Handelsüblicher Phosphordünger (Superphosphat) kann durchaus mit 90–100 mg Uran pro kg Düngemittel belastet sein.

Darüber hinaus enthält das Rohphosphat auch Spuren von Cadmium. Die Gehalte sind sehr unterschiedlich und hängen von den Phosphatlagerstätten ab. Mit der Anreicherung von Cadmium in den Böden steigen auch die Cadmiumgehalte in Lebensmitteln wie Getreide, Kartoffeln und Gemüse. Aufgrund der hohen Toxizität von Cadmium empfiehlt die EU-Kommission die weitere Senkung des Cadmiumgehalts in Lebensmitteln [Empfehlung der Kommission vom 4. April 2014 zur Senkung des Cadmiumgehalts in Lebensmitteln (2014/193/EU)]. Eine Reduzierung muss daher bereits bei den Düngemitteln beginnen.

### **2.3 Folgen der Rohstoffgewinnung (Erzabbau, Aufbereitung, Transport)**

Auch die Rohstoffgewinnung selbst ist mit beträchtlichem Energieaufwand, Abfallentstehung (Abraum, nicht nutzbare Anteile, Reste von Produktionsmitteln), Landverbrauch und anderen ökologischen Schäden verknüpft. Der Bergbau ist für ungefähr 7 % des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich (MACLEAN et al. 2010, zitiert nach Sachverständigenrat Umwelt, SRU 2012). Die ökologischen Auswirkungen der Rohstoffgewinnung lassen sich laut SRU aufgrund fehlender Daten und Bewertungsgrundlagen nicht systematisch quantifizieren. Die qualitativen Aussagen zeigen jedoch, dass die Wirkungen beträchtlich sind. Sie werden aufgrund der steigenden globalen Nachfrage sowie der Erschöpfung leicht zugänglicher Rohstoffvorkommen in Zukunft weiter steigen. Besondere Gefahr bestehe wegen des wachsenden Explorationsdrucks für ökologisch sensible Gebiete.

Im Umweltbericht des SRU (SRU 2012) werden die Auswirkungen auf die Grund- und Oberflächenwasser wie folgt beschrieben: „Bei der Gewinnung von Rohstoffen unter Tage ist die Absenkung des Grundwassers häufig zwingend notwendig, wodurch [...] der Haushalt sowohl des Oberflächen- als auch des Grundwassers beeinflusst werden. Veränderungen des Grundwassers können sich auch in weiter Entfernung von den Minen auswirken. [...] Bei der weiteren Aufbereitung und Verarbeitung der Rohstoffe wird Wasser für Trenn- und Waschverfahren sowie zur

Kühlung (direkte Nutzung) und indirekt bei der Stromerzeugung in Anspruch genommen [...]. Der Wasserverbrauch steigt analog zum Energieverbrauch [...] mit abnehmendem Erzgehalt. In Chile werden beispielsweise jährlich 57 Mio. m<sup>3</sup> Wasser für die Kupferaufbereitung verwendet [...], was insbesondere in einer extrem trockenen Zone wie der Atacama-Wüste, in der Chiles größte Kupfermine liegt, zwangsläufig zu einer Veränderung des Wasserhaushaltes führt.“

Zur Toxizität gegenüber Menschen: (SRU) „Der Bergbau und die Aufbereitung von Erzen gehören weltweit zu den größten Einzelquellen von Umweltgiften (HARRIS et al. 2011). Gesundheitsschäden infolge der Rohstoffgewinnung entstehen zunächst für die Bergleute, die aufgrund unzureichender Sicherheitsstandards häufig an Krankheiten wie Staublunge, Asthma oder schleichenden Vergiftungen leiden bzw. Unfallgefahren ausgesetzt sind (SERI 2009)“. Auch bei der Verarbeitung von Rohstoffen und der Entsorgung von Reststoffen kann es zu Schadstoffemissionen und -immissionen kommen, insbesondere wenn veraltete Technologien benutzt werden. Im Klein- und Kleinstbergbau werden zum Beispiel in der Goldgewinnung Verfahren angewendet, die zu erheblichen Quecksilberemissionen führen. Nach Schätzungen werden etwa ein Drittel (etwa 1.000 t/Jahr) der weltweiten Quecksilberemissionen bei der Gewinnung von Gold im Klein- und Kleinstbergbau verursacht, der 15% der jährlichen weltweiten Goldproduktion ausmacht (TELMER und VEIGA 2009; Artisanal Gold Council 2011). Die Umweltfolgen der Quecksilberemissionen sind die biogene Bildung von viel toxischeren organischen Quecksilberverbindungen, die weiträumig und über Jahrzehnte die Gewässer und die Fische kontaminieren und damit die menschliche Gesundheit gefährden.

Der Schwefeldioxid-Ausstoß in der nordrussischen Stadt Norilsk, wo hauptsächlich Nickelerze verhüttet werden, beträgt rund 2 Mio. t pro Jahr, was fast dem gesamten jährlichen SO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland entspricht. Und knapp 500 t an Kupfer- und Nickeloxiden werden pro Jahr als Staub aus den Hüttenwerken emittiert (Green Cross 2013). Norilsk ist Green Cross zufolge durch Schwerme-

talle so stark verschmutzt, dass der Schnee dort schwarz ist (DIE WELT 2013).

Seltene Erden kommen in der Natur häufig zusammen mit radioaktivem Thorium vor. Der thoriumhaltige Abraum lagert dann zusammen mit weiteren toxischen Abfallprodukten in kilometerlangen Auffangbecken. In Australien (Mount Weld) liegt das weltweit größte Vorkommen Seltenen Erden außerhalb Chinas. Die dort abgebauten Erze werden nach Malaysia transportiert (SCHÜLER et al. 2011), wo auch die radioaktiv belasteten Abfälle aus der Aufbereitung abgelagert werden.“

Es handelt sich bei den Seltenen Erden durchweg um Elemente, die in geringen prozentualen Anteilen zusammen mit anderen (auch radioaktiven) Erzen auftreten. Insofern nehmen die Seltenen Erden auch hinsichtlich der förderungsbedingten Umweltauswirkungen eine besondere Rolle ein. Die Trennung der zum Teil recht ähnlichen Elemente erfordert einen beträchtlichen Energieaufwand und häufig chemische Verfahren, die nur unter großtechnischen Bedingungen und mit erheblichem Investitionsaufwand für die Anlagentechnik so zu betreiben sind, dass sie keine größeren Schäden für die Umwelt und die menschliche Gesundheit mit sich bringen. Die Abfälle sind schwermetallhaltig und enthalten radioaktive Elemente. Die Bildung von Radon führt zur Abgabe von Radioaktivität in die Luft. In China, dem bedeutendsten Land für den Abbau Seltenen Erden werden bis zu 20.000 t in kleinen, oft illegal betriebenen Minen gefördert. Auch in anderen Ländern, in denen Seltene Erden abgebaut werden, gelangen bei deren Aufarbeitung gesundheits- und umweltschädlichen Stoffe in das Grund- und Oberflächenwasser oder werden als Stäube in die Umwelt getragen und eingeatmet. (vgl. Schmidt, 2013). Außerhalb Chinas ist eine der größten bekannten Lagerstätten Kvanefjeld in Grönland, die unter ökologischen Gesichtspunkten hochproblematisch ist, deren Explorationsverbot aber 2010 aufgehoben wurde.

## 2.4 Biologische Ressourcen und Landwirtschaft

### 2.4.1 Landwirtschaftliche Erzeugung

Die Kapazität der Ökosysteme der Erde, Pflanzen und Tiere bzw. Biomasse zu erzeugen, wird von einigen Wissenschaftlern als Biokapazität bezeichnet. Berechnungen zeigen, dass auf der Erde bereits heute rund 30 Prozent mehr an Biokapazität genutzt wird als auf nachhaltige Art und Weise entstehen kann.

„Wir verringern daher das ‚Naturkapital‘ unseres Planeten, anstatt von den nachhaltig verfügbaren Zinsen dieses Kapitals zu leben. Dieser Abbau des natürlichen Kapitals zeigt sich in vielen Formen: Viele Fischbestände sind bereits erschöpft, die Waldflächen gehen zurück, fruchtbares Land wird durch Erosion vernichtet und Kohlenstoffemissionen verursachen Veränderungen des Klimas mit möglicherweise katastrophalen Auswirkungen auf unsere Wirtschaft und Gesellschaft,“ so die österreichische Friends-of-the Earth-Organisation Global 2000 (Global 2000, 2009). Der Verlust an landwirtschaftlich nutzbarer Fläche hält an. So werden z.B. in Deutschland rund 255 km<sup>2</sup> pro Jahr anderweitig genutzt (BUND 2015). Global spielt die Bodenerosion eine große Rolle. Obwohl die Folgen, vor allem auf globaler Ebene, langfristig gravierend sein dürften, halten sich Maßnahmen zum Schutz der Ressource Boden sehr in Grenzen.

Des Weiteren führt eine hohe und weiter steigende Nachfrage nach Futtermitteln und Energie zu einem Verlust an landwirtschaftlicher Nutzfläche zur Versorgung der inländischen Bevölkerung mit Agrarprodukten. Dies findet häufig, verbunden mit gravierenden ökologischen Eingriffen, in Entwicklungsländern statt (vgl. Bericht des Weltagrarrates, siehe auch Global 2000 (2013)).

Aber nicht nur der Verlust an landwirtschaftlich nutzbarer Fläche und die hohe Nachfrage nach Futtermitteln und Energie sind problematisch, sondern in der konventionellen Landwirtschaft auch der beträchtliche Energieaufwand für die mechanische Bodenbearbeitung, für die Produktion von Mineraldünger und ggf. auch für Trocknungsanlagen sowie der Einsatz von Pestiziden. Daran knüpfen sich

verschiedene Umweltfolgen wie Bodendegradation, Grundwasserbelastung, Treibhausgasemissionen und Verbrauch endlicher Ressourcen wie Phosphor. Obendrein gelangen überschüssige Mengen an Agrarprodukten gar nicht erst in den Handel, sondern werden noch im landwirtschaftlichen Betrieb entsorgt.

Der Weltagrarrat macht deutlich, dass die Intensivierung der Landwirtschaft weniger als Lösung, sondern vielmehr als Problem gesehen wird. Sie ist zumindest kein langfristiger und nachhaltiger Weg zur Lösung des Hungerproblems. Die Menge an produzierten Lebensmitteln reicht für die Ernährung der Weltbevölkerung aus. Die zunehmende Zahl hungernder Menschen ist mehr auf ein Verteilungsproblem als auf ein Mangelproblem zurückzuführen, und das „billige“ Fleisch führt beim Verbraucher über preisgünstige Angebote lediglich zu einem steigenden Konsum und nicht selten zur Verschwendung von Lebensmitteln. Diese ist angesichts des Flächenverbrauchs zur Futtermittelherstellung, der globalen Transporte und der industriellen und hoch rationalisierten Tierhaltung eine erhebliche Verschwendung beträchtlicher materieller, energetischer und menschlicher Ressourcen, die zur Erzeugung dieser Lebensmittel benötigt wurden.

### 2.4.2 Lebensmittelabfälle

Eine Studie der Universität Stuttgart errechnet eine Gesamtmenge von knapp 11 Millionen t an Lebensmittelabfällen, die jedes Jahr von Industrie, Handel, Großverbrauchern und Privathaushalten entsorgt werden (BMELV 2012). Agrarprodukte, die gar nicht erst in den Handel kommen, sind nicht enthalten.

Diese Zahl ist allerdings eine sorgfältige Schätzung, die Schwankungsbreite ist sehr hoch (8 – 15 Millionen t/Jahr). Diese Schwankungsbreite liegt unter anderem an fehlendem statistischen Material, an mangelnder Auskunftsbereitschaft von Beteiligten bei wissenschaftlichen Untersuchungen und an Problemen bei der Zuordnung der erhobenen Daten. So werden beispielsweise Lebensmittelabfälle, die an Dritte zur Verwertung abgegeben oder z.B. verfüttert werden, in einigen Studien als Abfälle bezeichnet, in



anderen nicht. Oder es werden die Zahlen für nicht verkaufte Blumen, die als Bioabfall verwertet werden, nicht getrennt von den Lebensmittelabfällen erhoben (BMELV 2012).

Entlang der Wertschöpfungskette ist ein geringer Teil an Lebensmittelabfällen kaum zu vermeiden. Um nur einige Beispiele zu nennen: Die Nachfrage nach Lebensmitteln ist nicht immer gleichmäßig, infolge von technischen Störungen kann es Fehlchargen geben und es müssen bei der Produktion Rückstellmuster zur Qualitätssicherung gebildet werden, die dann anschließend entsorgt werden (BMELV 2012).

Von der in der Studie der Universität Stuttgart ermittelten Gesamtmenge von knapp 11 Millionen t pro Jahr an Lebensmittelabfällen entfallen auf die privaten Haushalte rund 6,7 Millionen t, auf Großverbraucher wie Kantinen und Gaststätten 1,9 Millionen t, auf die Industrie etwa 1,8 Millionen t und auf den Groß- und Einzelhandel rund 0,6 Millionen t, jeweils mit größeren Schwankungsbreiten.

Von der in dieser Studie ermittelten Gesamtmenge von rund 6,7 Millionen t Lebensmittelabfällen pro Jahr aus privaten Haushalten (Schwankungsbreite zwischen 5,8 und 7,5 Millionen) werden knapp 5,1 Millionen t (ca. 76 %) über die kommunalen Abfallsammelsysteme (Restmüll- und Biotonne) erfasst, davon rund 70 % als Restmüll und 30 % über die Biotonne. Der Rest wird selbst kompostiert, in den Abfluss geschüttet (Milch und andere Getränke) oder an Haustiere verfüttert.

Die Menge von 6,7 Millionen t an Lebensmittelabfällen im Jahr entspricht einer spezifischen Abfallmenge von rund 82 kg pro Kopf und Jahr, die Menge von 5,1 Millionen t (nur Restmüll- und Biotonne) einer spezifischen Abfallmenge von rund 62 kg pro Kopf und Jahr.

Die Lebensmittelabfälle werden in der Studie der Universität Stuttgart unterteilt in vermeidbare, teilweise vermeidbare und nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle. Vermeidbare Lebensmittelabfälle waren zum Zeitpunkt ihrer

Entsorgung noch uneingeschränkt genießbar oder wären bei rechtzeitiger Verwendung genießbar gewesen. Teilweise (fakultativ) vermeidbare Lebensmittelabfälle entstehen aufgrund von unterschiedlichen Verbrauchergewohnheiten von Verbrauchern entstehen (z. B. Brotrinde, Apfelschalen) oder Mischungen aus vermeidbaren und nicht vermeidbaren Abfällen (z. B. Kantinenabfälle u. a.). Nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle entstehen üblicherweise bei der Zubereitung der Speisen und bestehen im Wesentlichen aus nicht essbaren Bestandteilen (z. B. Knochen, Bananenschalen o. ä.) oder z. B. aus Kartoffelschalen.

In der Studie der Universität Stuttgart werden 47 % der Lebensmittelabfälle, die von deutschen Haushalten jährlich weggeworfen werden, als vermeidbar eingestuft, weitere 18 % als teilweise vermeidbar und 35 % als nicht vermeidbar (BMELV 2012).

Als finanzieller Wert der als vermeidbar und teilweise vermeidbar eingestuften Lebensmittelabfälle wird eine Zahl von 16,6 bis 21,6 Milliarden Euro pro Jahr angegeben, entsprechend 200 bis 260 Euro pro Kopf und Jahr. Als Gründe für dieses Wegwerfverhalten werden in der Studie z. B. niedrige Lebensmittelpreise, Fehlkäufe, falsche Packungsgrößen und eine Überbewertung des Mindesthaltbarkeitsdatums aufgeführt.

#### 2.4.3 Landwirtschaftliche Energie- und Rohstoffherzeugung: Fragliche Ökobilanz

Viele für die Lebensmittelerzeugung genannten Aspekte sind auch bei der Erzeugung von Energiepflanzen aus Biomasse zu beachten. Die negativen ökologischen, ökonomischen und sozialen Konsequenzen der Agrospritherzeugung haben immerhin dazu geführt, dass der Umweltausschuss des Europäischen Parlaments eine Obergrenze von 5,5 % für den Anteil des Agrosprits im Kraftstoff festgelegt hat. Der Einsatz von Agrokraftstoffen bringt für das Klima keine Vorteile, führt aber zu erheblichen Schäden in der Natur und verschärft das globale Hungerproblem (BUND 2013a). Das letzte gilt vor allem, wenn die entsprechende Biomasse aus Übersee eingeführt wird, aber

auch in Europa gibt es Probleme durch die zu hohe Zahl der mit Mais betriebenen Biogasanlagen.

Anders verhält es sich bei der Nutzung von landwirtschaftlichen Abfällen oder Abfällen aus der Lebensmittel- und der Holzverarbeitung, da hier keine zusätzlichen Flächen in Anspruch genommen werden müssen und somit die Konkurrenz von Lebensmittel- und Energieerzeugung wegfällt. Zum Teil werden Bioabfälle aus Landwirtschaft und Haushalten vergoren, um Biogas (Methan) zu erzeugen. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass die Mengen an Bioabfällen aus Land- und Forstwirtschaft, Gewerbe und privaten Haushalten nicht unbegrenzt sind, zumal ein beträchtlicher Teil davon in der Land- und Forstwirtschaft selbst benötigt wird und mehrere Millionen t pro Jahr in Deutschland als Kompost gebraucht werden. Außerdem ist die Menge an Bioabfällen aus privaten Haushalten ohnehin zu hoch und müsste verringert werden (vgl. Abschnitt 2.4.2).

Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe als Grundlage für die Herstellung von Kunststoffen ist erst im Anfangsstadium und spielt auf dem Markt bisher keine große Rolle. Die Ansätze mit „Bio“-Kunststoffen sind bisher relativ unübersichtlich: Darunter werden einerseits Kunststoffe verstanden, die biologisch abbaubar sind. Dies können aber durchaus Kunststoffe aus fossilen Rohstoffen sein. Andererseits werden auch Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, die aber nicht oder nur langsam biologisch abbaubar sind, als „Bio“-Kunststoff bezeichnet.

Die heute auf dem Markt befindlichen „Bio“-Kunststoffe (besser Agrokunststoffe) werden vorwiegend im Verpackungsbereich eingesetzt. Bei diesen Produkten auf der Basis von Polymilchsäure dürfte es sich eher um Versuchsballons handeln, mit denen die Industrie Erfahrungen sammelt und gleichzeitig Lizenzgebühren für die Sammlung der Verpackungen durch die Dualen Systeme sparen konnte. Von größerem Interesse ist für die chemische Industrie, langfristig Alternativen zu fossilen Rohstoffen zu erhalten. Das heißt, es werden Wege gesucht, aus pflanzlichen oder anderen biogenen Rohstoffen die Kunst-

stoffe herzustellen, die heute aus Erdöl erzeugt werden. Sie ließen sich ohne größere Probleme und Umstellungen in die bereits bestehenden Produktions- und Verarbeitungsprozesse integrieren, für die es hinreichend Erfahrungen gibt. Ansatzpunkte aktueller Projekte sind etwa Getränkeflaschen aus PET, das (zumindest zum Teil) aus nachwachsenden Rohstoffen, also pflanzlichem Material hergestellt wurde.

Momentan ist der Einsatz nachwachsender Rohstoffe in der chemischen Industrie noch nicht wirtschaftlich. Wenn die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit überschritten würde und diese Rohstoffe tatsächlich eingesetzt werden sollten, würde dies zu einem enorm wachsenden Flächendruck in der Landwirtschaft führen. Der völlige Ersatz aller erdölbasierten Chemieprodukte (ohne die Agrokraftstoffe) durch solche aus nachwachsenden Rohstoffen könnte weltweit etwa 4 – 5 % der derzeit landwirtschaftlich genutzten Fläche in Anspruch nehmen. Da die landwirtschaftliche Nutzfläche angesichts der zunehmenden Bautätigkeit bei steigender Weltbevölkerung und der zu befürchtenden Wüstenbildung abnehmen wird, dürfte dieser Prozentsatz eher noch größer werden. Schritte zur Substitution fossiler Rohstoffe können überhaupt nur dann als vertretbar erachtet werden, wenn Bioabfälle genutzt und dabei langlebige Produkte erzeugt werden.

Das Problem, dass Vögel und Meerestiere zunehmend an nicht abbaubarem Plastikmüll verenden, wäre allerdings durch einen Umstieg auf Kunststoffe auf der Basis von Agrar-Rohstoffen so gut wie gar nicht zu lösen, da diese Kunststoffe unter den Bedingungen, die in den Ozeanen herrschen, kaum biologisch abbaubar sind.

Überdies ist auch hinsichtlich der Energiebilanz das Kompostieren von Kunststoffen keine sinnvolle Lösung: Eine Energierückgewinnung findet nicht statt. Die Produktionsenergie zur Erzeugung der Kunststoffprodukte aus Agrar-Rohstoffen geht vollständig verloren.

Der BUND hat sich jedenfalls ausdrücklich gegen die „Bio“-Kunststofftüten und andere Einwegverpackungen gewandt,

auch als Tüten für die Biomüllsammlung. Neben technischen Schwierigkeiten bei der Kompostierung in den Kompostieranlagen: Es wird mit ihrem Einsatz eine falsche Nachricht an den Verbraucher gerichtet: Anstatt auf kurzlebige Einwegverpackung aus Gründen des Ressourcenschutzes zu verzichten, wird dem Verbraucher suggeriert, er könne weiter machen wie bisher, nur eben mit scheinbar ökologischem „Bioplastik“. Stattdessen ist ein Verzicht auf Einweg-Verpackungen, egal aus welchem Material, notwendig. Der BUND befürwortet aus diesem Grund das Verbot einer kostenlosen Abgabe von Plastikbeuteln (siehe BUND 2011), egal aus welchem Material.

### *Rohstoff Holz*

Der nachwachsende Rohstoff Holz steht nicht in beliebiger Menge zur Verfügung. Die Nachfrage nach Holz ist aber rasant gestiegen und nimmt weiter zu. Bei weltweit schwindender Waldfläche, fortschreitender Degradation und Zerstörung von Waldflächen bleibt auch die Holzproduktion begrenzt. Holz wächst zudem nur sehr langsam nach: In Deutschland braucht es je nach Baumart um 150 Jahre, bis ein Baum so weit gewachsen ist, dass eine Fällung für die Holznutzung ökonomisch sinnvoll ist.

Je intensiver der Holzeinschlag im Wald ist, je mehr selbst das so genannte Waldrestholz noch aus dem Wald geholt wird, desto mehr leidet die biologische Vielfalt im Lebensraum Wald. Viele Tiere, Pflanzen und Pilze verschwinden, typische Waldlebensräume werden zerstört. Dabei sind es vor allem die kleinen Lebewesen, Moose, Flechten, im Verborgenen lebende Holzkäfer und Baumpilze, die als erste verschwinden.

Wird in der Forstwirtschaft einseitig auf die Produktion von Holz gesetzt, ohne die anderen Waldfunktionen angemessen zu berücksichtigen, sind schnell wachsende Holzplantagen, ausgeräumte Wälder, eine sinkende Bodenfruchtbarkeit und ein Mangel an Biotopholz im Wald die Folge. Schutzgebiete werden dann mancherorts nur als ökonomisches Hindernis betrachtet. Der Druck, auch hier intensiv Holz zu nutzen, steigt.

Ein weiterer Nachteil der Übernutzung der Wälder ist der Verlust an Speicherkapazität für CO<sub>2</sub>. Die Diskussion über die Vertretbarkeit der auch vom BUND abgelehnten Untertage-Speicherung von CO<sub>2</sub> (bekannt geworden unter der Abkürzung CCS) hat gezeigt, dass die derzeit wirksamste der umweltverträglichen Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Speicherung immer noch diejenige in Bäumen ist, durch Erhalt von Waldflächen wie durch Aufforstung.

Wenn das Nachhaltigkeitsprinzip Ernst genommen wird, wenn also weder die Wälder in Deutschland noch andernorts geplündert werden sollen, ist ein andere Strategie erforderlich. Kaskadennutzung von Holz (erst Bauholz, recycelt zu Holzwerkstoffen und erst am Ende ihrer Lebensphase energetische Nutzung), Papierrecycling, Herstellung langlebiger Holzprodukte und Verringerung des Verbrauches könnten den jährlichen Holzbedarf auf ein verträgliches Maß für Wirtschaftswälder reduzieren. Gleichzeitig würde damit Spielraum geschaffen für Schutzgebiete auf 10% der Waldfläche, in denen sich dauerhaft Naturwälder frei von Holznutzung entwickeln können, ohne dass dadurch der Druck auf die Wirtschaftswälder zunimmt.

Der Brennholzverbrauch könnte durch bessere Wärmedämmung und effizientere Öfen deutlich gesenkt werden. Die Politik muss bei Anreizsystemen zur energetischen Nutzung von Holz (beispielsweise EEG) die begrenzte Verfügbarkeit des mittlerweile knappen Rohstoffes Holz und seine zentrale Rolle in der stofflichen Nutzung angemessen berücksichtigen. Mittlerweile wird mehr als die Hälfte des in Deutschland erzeugten Holzes direkt verbrannt, ohne eine vorherige stoffliche Nutzung.

Es muss aber nicht nur weniger Holz, sondern auch weniger Papier verbraucht werden. In Deutschland liegt der Pro-Kopf-Verbrauch von Papier, Pappe und Karton bei rund 250 kg jährlich (vdp 2015). Auch wenn die Altpapierersatzquote deutscher Papierfabriken bei etwa 74% liegt, sollte auf einen sparsameren Verbrauch von Papier und Kartonagen geachtet werden. Denn es sind ja umgekehrt rund 26% der eingesetzten Fasern Primärfasern; im

Jahr 2014 waren das in Deutschland fast 5,7 Millionen t (vdp 2015). Außerdem muss immer darauf hingewiesen werden, dass Papier kein CO<sub>2</sub>-neutraler Werkstoff ist, auch Altpapier nicht. Die Papierproduktion ist ein energieintensiver technischer Prozess. Auch die Produktion von Recyclingpapier verbraucht Energie, allerdings deutlich weniger als die aus Primärfasern (s. Abschnitt 3.2.4). Grundsätzlich gilt jedenfalls: Wo auf Papier nicht verzichtet werden kann, sollte Recyclingpapier mit dem Blauen Engel anstelle von Primärfaserpapier verwendet werden.

## 2.5 Ressourcenverbrauch in der Bauwirtschaft

Die Bauwirtschaft hat einen hohen Anteil am Ressourcenverbrauch, insbesondere beim mengenmäßigen Anteil der Baustoffe. Die Bauwerke Deutschlands enthalten etwa 60 Milliarden t mineralische Baustoffe wie Beton, Mauerwerk usw. Das entspricht ca. 750 t an mineralischen Baustoffen pro Person in privaten und öffentlichen Bauwerken. Der Gesamtverbrauch mineralischer Rohstoffe liegt in der EU etwa bei 4,7 Milliarden t pro Jahr, die Bauwirtschaft ist mit etwa 4,4 Milliarden t mit Abstand der größte Verbraucher (BIO Intelligence Service (2013)).

Nach dem Monitoring-Bericht der Kreislaufwirtschaft Bau (Kreislaufwirtschaft Bau 2013) fielen in Deutschland im Jahr 2010 186,5 Millionen t mineralischer Bauabfälle an, davon sind 57% Bodenaushub und Steine, 29% Bauschutt, 7,5% Straßenaufbruch und 7% Baustellenabfälle. Die Verwertungsquote lag im Durchschnitt der gesamten erfassten Fraktionen bei 91,7%. Recyclingbaustoffe werden überwiegend im Straßenbau, im Erdbau und in sonstigen Anwendungen, etwa im Deponiebau verwertet. Der Anteil der Verwertung von Recycling-Baustoffen in der Asphalt- und Betonherstellung liegt bei etwa 17% (Kreislaufwirtschaft Bau 2013). Es ist davon auszugehen, dass die Verwertung im Hochbau nur in vernachlässigbarem Umfang erfolgt.

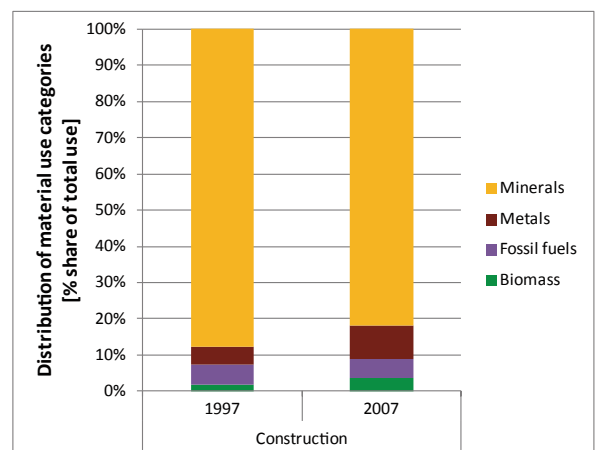
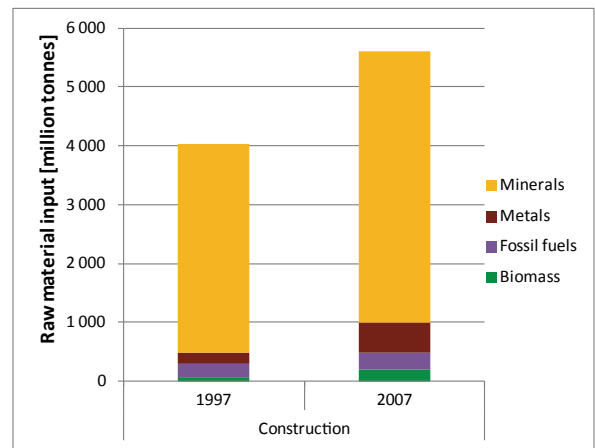


Abbildung 3: Steigerung des Materialeinsatzes von mineralischen Stoffen und Metallen im Baugewerbe. Aus: Biointelligence Service (2013) .

Abbildung 3 zeigt, dass der Materialeinsatz mineralischer Rohstoffe, ebenso wie der Input an Metallen, fossilen Energieträgern und Biomasse im Baugewerbe in den 10 Jahren von 1997 bis 2007 deutlich gestiegen ist. Auch 2007 liegt der Ressourcenverbrauch mit über 80% im Wesentlichen bei den mineralischen Rohstoffen.

Wesentlich ist in diesem Zusammenhang unter anderem der energie- und CO<sub>2</sub>-relevante Anteil durch das Brennen von Zement: Nach IPCC (1995) beträgt der durch das Brennen von Zement entstehende Anteil des CO<sub>2</sub>, verglichen mit der Gesamtmenge der durch menschliche Aktivitäten verursachten CO<sub>2</sub>-Emission 7%<sup>1</sup>!

Für die Gesamtmenge des jährlich produzierten Zements werden 1,25 Milliarden t angesetzt, eine Zahl, die die Situation in 1991 beschreibt und inzwischen deutlich höher liegen dürfte. Nach Angaben von Coal and Cement wurden im Jahr 2010 weltweit über 3,3 Milliarden t Zement verbraucht, das sind allein im Vergleich zu 2007 22% mehr. Allein China produziert 1,8 Milliarden t. Die Energieerzeugung erfolgt inzwischen zunehmend durch den unter Schadstoffaspekten problematischen Einsatz von Sekundärbrennstoffen. Global dürfte aufgrund des gestiegenen Zementverbrauchs der Anteil des durch die Zementherstellung freigesetzten Kohlendioxids deutlich angestiegen sein.

Der durch Bautätigkeit (Straßenbau und Hochbau) entstehende Flächenverlust ist beträchtlich. Pro Tag gehen allein in Deutschland rund 70 Hektar an landwirtschaftlich nutzbarer Fläche für Verkehrs-, Gebäude- und Erholungsflächen verloren. Mehr als die Hälfte davon wird versiegelt.

## 2.6 Wasser und virtuelles Wasser

Die sich bereits heute abzeichnende Verknappung von Trinkwasser in ariden (trockenen) Gebieten, z. B. in China, dürfte auf Grund des Klimawandels wesentlich an Schärfe zunehmen. Wasserintensive Landwirtschaft und damit verbundene Übernutzung des Grundwassers beschleunigt diesen Prozess. Da Wasser als Wirtschaftsgut immer interessanter wird, könnte für die ärmere Bevölkerung der Welt

ein gravierender Verlust an Lebensqualität eintreten. Ebenso steht zu befürchten, dass Ökosysteme massiv darunter zu leiden haben.

Als Wasserverbrauch wird die Differenz zwischen der Wassermenge, die einem Ökosystem entnommen wird, und dem Wasser, das nach dem Gebrauch diesem Ökosystem wieder zugeführt wird, verstanden. In Europa fallen 67,4% des gesamten Wasserkonsums auf die Industrie (darin sind nicht die Wasserentnahmen enthalten, die etwa zur Kühlung erfolgen und das Wasser wieder in das gleiche Wassersystem zurückführen), 18,9% auf den häuslichen Bereich und 13,7% auf die Landwirtschaft. Im globalen Durchschnitt sind die Verhältnisse völlig anders: Hier werden 92,2% des Wassers in der Landwirtschaft verbraucht, 4,1% im häuslichen Bereich und 3,7% im industriellen Sektor (Global 2000, 2011).

In den Industrie- und Agrarprodukten ist also nicht nur der unmittelbar mit dem Konsum verbundene Verbrauch von Belang, es sind auch die mit der Produktion verbundenen Wasserressourcen, die oft sehr stark zu Buche schlagen. Mit einem Produkt ist indirekt eine Menge „virtuellen Wassers“ verbunden. Virtuelles Wasser sind die Süßwassermengen, die - für den Konsumenten nicht sichtbar - am Ort der Entstehung verbraucht wurden, unter Umständen auch außerhalb des Landes. Beispiele sind die Bewässerung von Baumwollplantagen, industrielles Prozesswasser bei der Textilverarbeitung oder auch die bei der Erzexploration verbrauchten Wassermengen. 16% des global geförderten Wassers wird für die Erzeugung von Exportgütern verwendet. Davon entfällt der größte Teil mit 61% auf pflanzliche Produkte, 22% auf Industrieerzeugnisse und 17% auf tierische Produkte (Global 2000, 2011).

<sup>1</sup> Dabei wird zugrunde gelegt, dass pro Tonne Zement 0,75 t CO<sub>2</sub> durch thermische Energieerzeugung entstehen, sowie 0,5 t CO<sub>2</sub> durch die Freisetzung von CO<sub>2</sub> bei der Kalzinierung des Kalkgesteins, d.h. der Bildung von CaO aus CaCO<sub>3</sub>.

Ein T-Shirt aus Baumwolle legt für gewöhnlich einen langen Weg rund um die Welt zurück, bevor es in den Verkaufsregalen landet. Es nimmt seinen Ausgang als Baumwollpflanze auf einem Feld, wird in zahlreichen Verfahren verarbeitet – angefangen bei der Baumwollernte, über die Verarbeitung zu Fäden und dem anschließenden Kardieren, Spinnen und Weben, bis hin zum Bleichen und Färben – um schlussendlich als farbenprächtige Baumwolltextilie zum Verkauf angeboten zu werden. Wenn man die wichtigsten Industriezweige der Baumwoll- und Textilerzeugung beleuchtet, so zeigt sich ein undurchsichtiges Netz aus Handelsströmen mit Materialien und Wasser, das gleichzeitig das klassische Bild des Welthandels repräsentiert.

Das durchschnittliche Baumwoll-Shirt hat einen Wasser-Fußabdruck von 2.700 Litern. Um ein Kilogramm Stoff aus Baumwolle zu erzeugen, benötigt man im (globalen) Durchschnitt 11.000 Liter Wasser.

Die Reise beginnt also bei der Baumwollerzeugung. Baumwollpflanzen sind krautige Pflanzen oder Sträucher, die in tropischen und subtropischen Zonen auf der ganzen Erde wachsen. Im Jahr 2009 waren China und Indien die weltweit größten Baumwollproduzenten. 2008 war die USA der größte Baumwollexporteur (3,9 Millionen t), während Asien mit Abstand der

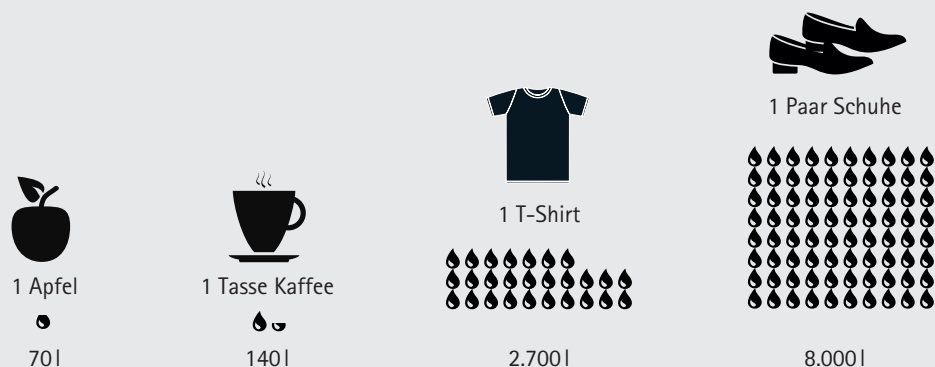
größte Importeur war (5,6 Millionen t, gefolgt von Lateinamerika mit nur 0,6 Millionen t).

Etwa 45% des „virtuellen“ Wassers in Baumwollprodukten ist Wasser zur Bewässerung der Pflanze, 41% ist Regenwasser, das während der Wachstumsperiode auf dem Feld verdunstet, und 14% ist Wasser, das notwendig ist, die Abwässer zu verdünnen, die durch die Verwendung von Düngemitteln auf den Feldern und von Chemikalien in der Textilindustrie anfallen.

Die Textilindustrie ist in entwickelten Ländern fast gänzlich verschwunden und hat ihre Mühlen und Fabriken in Schwellen- und Entwicklungsländern in Asien ausgesiedelt. ... Dieser Industriezweig ist gekennzeichnet durch sehr hohen Stromverbrauch, starke Umweltverschmutzung und sehr niedrige Sozial- und Umweltstandards. Es überrascht daher nicht, dass der Endpreis, den Konsumenten für ein T-Shirt zahlen, im Normalfall nicht die real verursachten sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Kosten deckt, die so eine Reise verursacht. ...

Mehr als 80% des Wasser-Fußabdrucks der in Europa konsumierten Baumwolle entstehen außerhalb der Europäischen Union, mit den größten Auswirkungen in den Erzeugerländern.

Aus: Global 2000; 2011



☼ 1 voller Tropfen Wasser = 100 l entnommenes/verbrauchtes Wasser

Abb. 4: Der Wasserfußabdruck einiger Produkte (Aus: Global 2000, 2011)

Wie Tabelle 5 zeigt, ist der Wasserverbrauch inklusive des virtuellen Wassers nicht nur ein Vielfaches der im Haushalt verbrauchten Wassermenge, er ist auch global sehr unterschiedlich verteilt.

Region	Wasserverbrauch Liter pro Kopf und Tag
Nordamerika	7.650
Lateinamerika	4.850
Europa	4.750
Afrika	3.550
Asien	3.300
Ozeanien	5.950

Tabelle 5: Wasserverbrauch pro Kopf und Tag  
(Aus: Global 2000, 2011)

## 2.7 Ökologische Fußabdrücke und Ressourcenrucksäcke

Indirekter Ressourcenverbrauch durch Produktion, Nutzung und Entsorgung von Konsumgütern lässt sich schwer quantifizieren. Zwar gibt es eine Fülle von Daten. Allerdings sind Bezugsgrößen und Systemgrenzen dieser Datenzusammenstellungen häufig sehr unterschiedlich und die Daten kaum vergleichbar. Wichtig wären standardisierte Größen, um die Gesamtbelastung (unabhängig vom Ort des Eintreffens) zu erfassen. Im Folgenden soll nur ein kurzer Abriss über die gängigen Begriffe gegeben werden.

Zu den reinen **Rohstoffentnahmen** (biologische und abiotische Rohstoffe) lassen sich in der Regel Angaben finden, zumindest sind Abschätzungen möglich. Die Zahlen sind jedoch nur bedingt aussagekräftig, da das Material, das im Produkt enthalten ist, in der Regel nur einen Teil dessen ausmacht, was zur Herstellung dieses Produktes an Rohstoffen aufgewandt wurde.

Rohstoffentnahmen sind mit zusätzlichen ökologischen Kosten und mit der **Entnahme ungenutzten Materials** (etwa Abraum, der bei der Gewinnung von Metallerzen entsteht

etc.) verbunden. So lag nach Angaben des Deutschen Kupferinstituts der Mindesterzgehalt früher bei 1 bis 2%, während der Mindestgehalt für große Tagebaue heute nur noch bei 0,3% liegt (Deutsches Kupferinstitut 2015).

Zum Ressourcenverbrauch sind weiterhin ökologische Schäden (Zerstörung von Natur, Erosion des Bodens durch Intensivlandwirtschaft, Belastung des Wassers durch Schadstoffe usw.) zu rechnen, die mit der Produktion oder der Dienstleistung verbunden sind.

Die Kenngrößen „Ökologischer Fußabdruck (footprint)“ oder der „Ressourcenrucksack“ stellen Größen dar, anhand derer sich unterschiedliche ökologische Belastungen visualisieren und in einem gewissen Maß vergleichbar machen lassen, etwa beim Vergleich zweier Produkte.

Der **ökologische Rucksack** bezeichnet die Gesamtheit des Materialinputs eines Produktes abzüglich seiner Eigenmasse, also alle Materialien einschließlich Wasser, die insgesamt für das Produkt lebenszyklusweit bewegt werden müssen und die nicht im Produkt selbst stecken. Die Einheit des ökologischen Rucksacks ist eine Mengeneinheit, z. B. kg. Der Ökologische Rucksack kann auch auf eine Dienstleistung bezogen werden (die zur Erbringung der Dienstleistung notwendigen Produkte). Der ökologische Rucksack umfasst verwertete Materialien und je nach Betrachtungsweise auch nicht verwertete Materialien bzw. Stoffe (Schmidt-Bleek 2004). Zum ökologischen Rucksack gehört demzufolge auch das „Virtuelle Wasser“. Der Ökologische Rucksack ist eine quantitative Größe und umfasst qualitative Umweltauswirkungen nicht mit. Allerdings spiegelt der Ökologische Rucksack das Umweltbelastungspotenzial wieder.

Wenn etwa – was der Regelfall ist – umweltschädigende Prozesse in der Textilindustrie in Länder mit geringen Umweltstandards ausgelagert werden, um Kosten zu sparen, sollten sinnvolle Kennzahlen für Ressourcenverbräuche und Umweltschäden diese Situation widerspiegeln. Auch ein hoher Verbrauch „virtuellen“ Wassers sollte in diese Kenngröße einfließen. Nur dann kann eine aussage-

kräftige Zahl einem bestimmten Produkt zugeordnet werden. Sie kann als Grundlage für politisches Handeln, aber auch für individuelle Kaufentscheidungen dienen.

Produktionsbezogene (länderspezifische) Betrachtungen und Kenngrößen sind dazu in der Regel nicht in der Lage. Dagegen können verbrauchsbezogene Größen wie der ökologische Fußabdruck und der ökologische Rucksack den Anteil der Materialentnahmen, einschließlich importierter Stoffströme und des damit verbundenen Ressourcenverbrauchs in den Erzeugerländern, pro Kopf der Bevölkerung abbilden, sowohl für den Konsum pro Person (etwa in Deutschland), als auch pro Konsumartikel oder Dienstleistung.

Die Abbildung 5 zeigt die unterschiedlichen Ansätze und Systemgrenzen bei der Ermittlung von verbrauchs- und produktionsbasierten Ressourcendaten. Sinnvollerweise ist für die Bewertung von Produkten der gesamte Lebenszyklus des

Produktes einzubeziehen, das heißt neben der Produktion auch der bei der Nutzung und bei der Entsorgung anfallende Ressourcenverbrauch.

Leider sind wir weit davon entfernt, nachhaltig zu wirtschaften. Die Rohstoffmenge, die in Europa im Durchschnitt pro Kopf und Tag verbraucht wird, beträgt etwa 45 kg oder 16,4 t pro Jahr. In Nordamerika werden demgegenüber etwa 90 kg Rohstoffe pro Kopf und Tag konsumiert, in Afrika beträgt der Wert 10 kg pro Kopf und Tag (Global 2000, 2009). Ein täglicher Verbrauch von 20 kg pro Kopf wird von der Österreichischen Energieagentur als Richtwert für eine sozial und ökonomisch zukunftsfähige Entwicklung angesehen (Österreichische Energieagentur 2013). Für ein Auto mit 1,5 t Gewicht wird dort ein Rucksack von ca. 70 t genannt, für eine CD 1,6 kg. In den Zahlen sind die Ressourcennahme, der Transport, die Verpackung und auch der Energieverbrauch beim Gebrauch der Produkte enthalten.

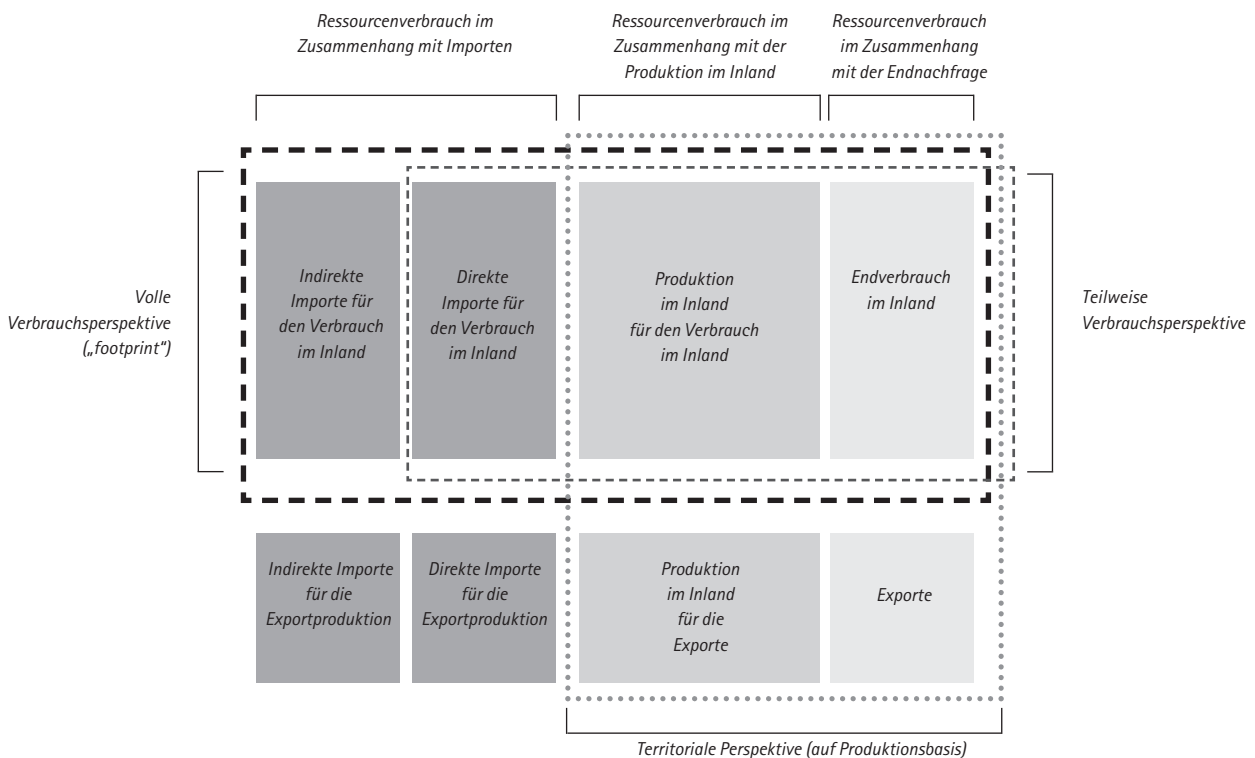


Abbildung 5: Konsum- und produktionsorientierte Ansätze zur Ermittlung von Ressourcenverbrauch. Aus: SERI 2013.



**Ökologischer Fußabdruck:** Ein ähnlicher Ansatz, den Ressourcenverbrauch zu quantifizieren, ist der ökologische Fußabdruck. Der ökologische Fußabdruck stellt das Ergebnis eines systemanalytischen Verfahrens zur Erfassung der biologisch produktiven Land- und Wasserflächen, die durch die Ressourcennutzung beansprucht werden dar. Er kann für unterschiedliche Bezugssysteme, wie z.B. Produkte, Individuen, Unternehmen, Volkswirtschaften oder die Weltwirtschaft dargestellt werden (Umweltbundesamt 2011, in Anlehnung an Wackernagel und Beyers, 2013). Dabei werden reale Flächenbelegungen und virtuelle Flächenerfordernisse (z.B. zur Aufnahme von Treibhausgasen) summiert. Gebräuchliche Einheit ist der „globale Hektar“.

Der ökologische Fußabdruck bezeichnet also die Fläche, die genutzt wird, um etwa Ressourcen für eine Person, ein Produkt oder eine Aktivität bereitzustellen, einschließlich der Landwirtschaft, der Rohstoffgewinnung, des Verbrauchs durch Flächenversiegelung und des Verbrauchs an ökologisch wertvollen Arealen. Auch Flächen zur Abfallentsorgung und Flächen, die für die Bindung freigesetzten Kohlendioxids gebraucht würden, finden Eingang in diese Größe. Eine globale Betrachtung zeigt, dass weltweit im Durchschnitt Ressourcen, die 2,7 Hektar pro Person entsprechen, verbraucht werden. Zur Verfügung stehen jedoch nur 1,8 Hektar. Auch hier ist der Verbrauch in Europa mit 4,7 Hektar überdurchschnittlich, zum Vergleich sei Indien mit 0,6 Hektar genannt.

Das Sustainable Europe Research Institute (SERI 2013) differenziert vier spezifische Fußabdrücke (footprints):

Der **Material-Fußabdruck (Material Footprint)** beschreibt die auf den Verbrauch eines Landes bezogene, den gesamten Lebenszyklus von Erzeugnissen umfassende Stoffentnahme, die sowohl innerhalb als auch außerhalb dieses Landes erfolgt sein kann. Wenn der genutzte Materialeinsatz betrachtet wird, entspricht dies dem Indikator „RMC“, Raw Material Consumption (vgl. Tabelle 6). Werden ungenutzte Rohstoffentnahmen (Abraum etc.) mitberücksichtigt, entspricht er dem TMC, Total Material Consumption. Da es Leitlinien für die Erstellung dieser

Indikatoren gibt, etwa von EUROSTAT (2011b) oder von der OECD (2007), wird die methodische Entwicklung dieses Parameters als relativ weit entwickelt bezeichnet.

Der **Wasser-Fußabdruck (Water Footprint)** beschreibt die Gesamtmenge des Süßwassers, das direkt oder indirekt benutzt wurde, um die Waren oder Dienstleistungen herzustellen, die für den Konsum im betreffenden Land genutzt werden. Dabei sollte der Wasser-Footprint idealerweise zwischen verschiedenen Formen des Wasserverbrauchs unterscheiden: (1) Wasserentnahme und Wasserverbrauch, wobei ersteres die Gesamtmenge des Wassers ist, die der Umwelt entnommen wurde, der Wasserverbrauch ist dagegen die Menge, die nicht zurückgeführt wird, weil sie im Produkt verbleibt, oder zu einem sehr viel späteren Zeitpunkt zurückgeführt wird, oder einem anderen Wasserleiter zugeführt wird. (2) „Blaues“ und „Grünes“ Wasser: Blaues Wasser wird aus Grundwasser oder Oberflächenwasser entnommen, „Grünes“ Wasser ist genutztes Regenwasser. Wird der Wasser-Footprint insgesamt angegeben, umfasst er sämtliche Aspekte.

Der **Land-Fußabdruck (Land Footprint)** beschreibt die inländischen und ausländischen Flächen, die direkt oder indirekt benötigt werden, um den inländischen Konsum zu befriedigen. Der Land-Footprint ist nicht identisch mit dem ökologischen Fußabdruck. Im Gegensatz zum Material-Footprint gibt es bisher keine einheitliche Definition für den Land-Footprint. Er wurde bisher häufig in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt. Bevor Land-Footprint-Indikatoren in ein Indikator-Set integriert werden können, sind noch wichtige Fragen zu klären.

Der **Kohlenstoff-Fußabdruck (CO<sub>2</sub>-Footprint)** ist der Indikator, der am häufigsten in Studien benutzt wird. Der Kohlenstoff-Footprint beschreibt die Gesamtmenge der Treibhausgasemissionen, die direkt oder indirekt durch Aktivitäten oder über die Lebensphase eines Produktes hervorgerufen werden. Er bezieht sich auf Produkte, die in dem betreffenden Land verbraucht werden. Zur Bestimmung des Kohlenstoff-Footprints wurden verschiedene Methoden beschrieben.

# 3 Ressourcenschutz

## 3.1. Ressourceneffizienzprogramme und Indikatoren

### 3.1.1 Die Europäische „Roadmap“

Die Europäische Kommission hat in einer „Roadmap Resource Efficient Europe“ Schritte zur Verbesserung der Ressourceneffizienz in Europa vorgeschlagen. Dazu gehört die Festlegung von Zielen und Indikatoren, um den Zustand und die Erreichung von Zielen zu überwachen, sowie die Ergebnisse der Mitgliedsstaaten zu vergleichen (European Commission 2012).

Zur Roadmap Resource Efficient Europe:

(1) Als vorläufiger Leitindikator und beste verfügbare Kenngröße für Ressourceneffizienz wurde die Ressourcenproduktivität (BIP/DMC) vorgeschlagen. Obwohl das Bruttoinlandsprodukt (BIP) allein monetäre Größen darstellt und nicht in der Lage ist, soziale und andere nicht marktrelevante Faktoren überhaupt abzubilden, wird es von der Kommission als beste verfügbare Kenngröße für ökonomische Aktivitäten und damit für „Wohlstand und Beschäftigung“ angesehen.

Die Kenngröße DMC bezeichnet die „Domestic Material Consumption“, den inländischen Materialverbrauch (einschließlich importierter Materialien). Er besitzt vor allem den Vorteil, dass es eine breite Datenbasis gibt.

(2) Da der Indikator DMC nur Materialflüsse abbildet, soll er in einer zweiten Stufe durch einen Satz ergänzender Indikatoren für Flächen-, Wasser- und Kohlenstoffverbrauch vervollständigt werden.

(3) Die dritte Stufe besteht dann aus themenspezifischen Indikatoren für konkrete politische Fragestellungen. Dazu gehören zum Beispiel: Veränderungen des Konsummusters (mehr ressourceneffiziente Produkte), Biodiversität, Maßnahmen zur Verbesserung von Gebäuden, effiziente Mobilität und andere. Für diese Aspekte wurde Ziele definiert, die bis 2020 erreicht werden sollen. Siehe European Commission (2012) und European Commission (2013).

Die Festlegung einer Liste von Indikatoren ist von großer Bedeutung, um Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffektivität und zur Minderung des Ressourcenverbrauchs messen und bewerten zu können, Zielwerte zu formulieren und ihre Einhaltung kontrollieren zu können.

### 3.1.2 „Rohstoffproduktivität“ und andere Indikatoren

Der Indikator **Rohstoffproduktivität** (s.o.) ist kein **Nachhaltigkeitsindikator**. Wenn etwa die Bundesregierung im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie eine Verdopplung der Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 angestrebt, ist dies zwar zu begrüßen, das muss jedoch weder mit einem hinreichenden Rückgang der absoluten Rohstoffentnahmen, noch mit der Verwirklichung sinnvoller ökologischer Zielsetzungen verbunden sein. Die Rohstoffproduktivität ist definiert als die volkswirtschaftliche Gesamtleistung, gemessen als Bruttoinlandsprodukt (BIP), welches aus einer Tonne Rohstoffeinsatz entsteht. Der DMC berücksichtigt weder die ungenutzten inländischen Rohstoffentnahmen, noch indirekte Materialflüsse, die mit dem Import von Rohstoffen verbunden sind (Wasser-, Flächen-, Kohlenstoff-Footprints). Statt des DMC sollte, wo immer möglich, der RMI (der alle Materialien von Importen einschließlich ungenutzter Materialien einschließt) oder der TMR, der auch die indirekten Ressourcenverbräuche abbilden in der Lage ist (siehe Tabelle 6) verwendet werden. Auch die Bezugsgröße Bruttoinlandsprodukt erscheint fragwürdig. Weil das BIP in keiner Weise nicht-monetäre Werte, also etwa den Verbrauch an ökologisch wertvollen Arealen als Negativposten einbezieht, ist es als Bezugsgröße für gesellschaftlichen Wohlstand bzw. Wohlergehen ungeeignet. Zu diskutieren ist zudem, dass sich der Wertzuwachs produzierter Waren im BIP wiederfindet. Steigende Preise für industriell gefertigte Produkte bei konstanten oder sinkenden Preisen für Rohstoffe würden also ausreichen, um in der Statistik Ressourceneffizienzsteigerungen nachzuweisen, ohne dass sich der Materialverbrauch überhaupt geändert hätte.

Die Ressourceneffizienz ist in hochentwickelten Industrieländern höher als in Ländern, deren Wirtschaftsleistung wesentlich auf der Produktion und dem Export von

Rohstoffen basiert. Europa und Nordamerika liegen bei dem Rohstoffverbrauch pro BIP unter dem Weltdurchschnitt (u.a. aufgrund des hohen BIP). Auch hier stellt sich die Frage, welchen Wert die Angabe einer Ressourcenproduktivität besitzt, wenn das Verschieben ökologischer Kosten/Ressourcenverbräuche bei der Produktion aus den Industrieländern in die Erzeugerländer zu günstigen Ressourcenproduktivitäten in den Industrieländern und zu ungünstigen in den Erzeugerländern führt.

Die Umweltverbände haben in einer gemeinsamen Erklärung an den Umweltminister formuliert, dass sie Ressourcenproduktivität und deren ökologische Aussagekraft als zu gering ansehen. Der BUND fordert gemeinsam mit anderen Umweltverbänden die Festlegung von Zielen für absolute Verbrauchskennzahlen, also etwa Maximalwerte, die ökologische Aspekte berücksichtigen und überprüft werden können. Als absolute Indikatoren sind sie nicht

auf das BIP bezogen, sondern werden zum Beispiel pro Einwohner ausgedrückt.

Die Umweltverbände sprechen sich für die Nutzung des RMC als eines ökologisch aussagekräftigen Anhaltspunkt für politische Richtungsentscheidungen aus. Da die ungenutzte Entnahme (Abraum etc.) ebenfalls als relevant betrachtet wird, soll der RMC jedoch mittelfristig durch den Indikator TMC ersetzt werden und die hierzu erforderliche statistische Datenbasis verbessert werden. Parallel sind, im Einklang mit der „Road Map“, Land- Wasser- und CO<sub>2</sub>-Fußabdruck sowie themenspezifische Indikatoren für konkrete politische Fragestellungen zugrunde zu legen.

Das Wuppertal Institut hat für Deutschland Zielaussagen mithilfe des TMC formuliert. Als verbrauchsbezogener Indikator enthält der TMC („globaler Stoffverbrauch“) den

### Zusammenstellung von Indikatoren für den Rohstoffverbrauch

Indikatorentyp	Indikatoren	Bilanzierungsregel
Input	DMI   Direkter Materialinput	DMI= inländische Rohstoffentnahme + Importe
	TMI   Gesamter Materialinput	TMI = DMI + inländische ungenutzte Extraktion
	RMI   Rohstoffinput	RMI = DMI + genutzter Anteil des ÖR <sub>imp</sub> *
	TMR   Globaler Materialaufwand	TMR = TMI + ÖR <sub>imp</sub> *
Output	DPO   Inländisch verarbeitete Stoffabgabe	DPO = Emissionen + Abfälle + dissipativer Produkteinsatz
	TDO   Gesamte inländische Stoffabgabe	TDO = DPO + inländische ökologische Rucksäcke
Verbrauch	DMC   Inländischer Stoffverbrauch	DMC = DMI - Exporte
	RMC   Rohstoffverbrauch	RMC = RMI - Exporte - genutzter Anteil der ökologischen Rucksäcke der Exporte
	TMC   Globaler Stoffverbrauch	TMC = TMR - Exporte - ökologische Rucksäcke der Exporte

Tabelle 6: Stoffstrombasierte Indikatoren des Ressourcenverbrauchs. Die Frage der Grenzziehung, welche Materialströme an welchem Ort einbezogen und bewertet werden ist für das jeweilige Ergebnis entscheidend. Sie sollten nicht nur technische und wirtschaftliche Aspekte sondern auch ökologische Kriterien widerspiegeln. Aus: Bringezu und Schütz (2013). \*ÖR<sub>imp</sub>: ökologische Rucksäcke der Importe

gesamten Materialaufwand (TMR) des Inputs, d. h. die inländische Materialentnahme (einschließlich ungenutzter Extraktion) + Importe + den ökologischen Rucksack der Importe. Die Exportmengen und die zugehörigen ökologischen Rucksäcke werden abgezogen, da sie für den inländischen Konsum nicht zu berücksichtigen sind. Für ein Zurückführen des globalen abiotischen Primärmaterialaufwand auf ein Niveau wie im Jahr 2000 wird unter dem Gesichtspunkt globaler Fairness für den TMCabiot ein Zielwert von ca. 10 t/Kopf jährlich im Jahr 2050 genannt. Dies entspricht für Deutschland eine Verringerung des gesamten abiotischen Ressourcenverbrauchs (TMCabiot) um 77 % (gegenüber 2008). Das Wuppertal Institut hält eine Erreichung dieses Ziels durch eine Verdoppelung der Ressourcenproduktivität (BIP/TMR) von 2010 bis 2030 für möglich.

### 3.1.3 Zum Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung (ProgRes)

Die deutsche Bundesregierung hat ein Ressourceneffizienzprogramm zur nachhaltigen Nutzung und Schutz der Ressourcen verabschiedet (BMU 2012a). In den Leitideen benennt sie die Verbindung ökologischer Notwendigkeiten mit ökonomischen Chancen, globale Verantwortung, Unabhängigkeit der Wirtschafts- und Produktionsweisen von Primärrohstoffen, Ausbau der Kreislaufwirtschaft sowie eine Orientierung auf qualitatives Wachstum. Ziel ist weiterhin eine Entkopplung des Rohstoffverbrauchs vom Wirtschaftswachstum. Im Ressourceneffizienzprogramm werden dazu 20 Handlungsansätze formuliert.

Der BUND hat das Programm begrüßt, sieht jedoch in wesentlichen Punkten Defizite. Grundsätzlich erscheint die Fokussierung auf reine Effizienzkriterien fragwürdig. Die Umweltverbände fordern verbindliche Zielfestlegungen auf absolute Maximalwerte für den Ressourcenverbrauch. Außerdem sind rein materialbezogene Kenngrößen unzureichend.

Insbesondere die Aussagen des Ressourceneffizienzprogramms zur Produktgestaltung überzeugen nicht. Wenn etwa darauf hingewiesen wird, dass „Ein Produktdesign, das

komplexe Produkte aus leicht demontierbaren Elementen gestaltet, [...] das Recycling wesentlich erleichtern [kann]“, jedoch nicht hinterfragt wird, weshalb der Trend der industriellen Praxis in die entgegengesetzte Richtung geht, wird über entscheidende Triebkräfte hinweggegangen.

Zu diesen Triebkräften gehört u.a. die Tatsache, dass niedrige Ressourcenpreise und hohe Personalkosten Wartung und Reparatur unattraktiv machen (da würden z. B. Ressourceneinsatzsteuern und die Absenkung der Mehrwertsteuer auf Reparaturdienstleistungen auf den ermäßigten Satz, also derzeit von 19 % auf 7 %, helfen), dazu gehört auch, dass Marketing- und Markteroberungsstrategien ökologisch sinnvolle Regelungen wie Mehrwegsysteme bei Verpackungen untergraben haben. Solange dies unberücksichtigt bleibt, werden sich Erfolge, etwa bei einer nachhaltigeren Produktgestaltung, nicht einstellen.

In der Frage der Substitution von kritischen Rohmaterialien unterstützt der BUND die Forderung nach mehr Forschung nach Substituten, auch wenn nicht auszuschließen ist, dass die Lösungen, die dabei gefunden werden, eine geringere Effizienz bieten und dadurch einen höheren Ressourceneinsatz erfordern könnten. Dies macht die Wichtigkeit von Verbrauchsobergrenzen deutlich, um Problemverlagerungen zu verhindern.

Weiter wird vom BUND kritisiert, dass im Zusammenhang mit dem Handlungsansatz zur Realisierung eines ressourceneffizienten Ökodesign lediglich Maßnahmen der Informationsverbreitung wie der Ausbildung genannt werden. Auch hier werden die Gründe für die derzeit nicht nachhaltigen Trends weder analysiert noch gezielt angegangen. Die Vermittlung in der Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren, Technikern und Designern ist in der Tat eine unabdingbare Voraussetzung. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die Anforderungen an eine recyclinggerechte Produktgestaltung derzeit kaum mehr einen Platz in der Lehre von Maschinenbauingenieuren (z. B. in der Konstruktion) finden. [...] Es besteht wenig Aussicht auf eine aktive Nachfrage nach Aus- und Fortbildung in der die Grundsätze einer recyclinggerechten Konstruktion, wenn händi-

sche oder halbmanuelle Demontage in der Praxis nicht stattfindet. Der vorherrschende Recyclingweg ist derzeit die Schreddertechnologie, die aber bei sehr geringen Metallgehalten im Einzelprodukt (z. B. Handy oder Elektronikbauteile) erhebliche Nachteile hinsichtlich der Gesamtrückgewinnungsrate aufweist. [...] Die rechtlichen Voraussetzungen (Mindestqualitätsstandards für die nachfolgende Nutzungsstufe, Verbot von Bearbeitungsschritten und Zuschlagstoffen, die die spätere Nutzung verhindern oder unverhältnismäßig erschweren) sollten dringend geprüft und entwickelt werden.

## 3.2 Kreislaufwirtschaft

### 3.2.1 Die Rolle der Abfallwirtschaft beim Ressourcenschutz

Die Abfallwirtschaft besitzt im Kontext mit dem Thema Ressourcenschonung zwei entgegengesetzte Aspekte: Einerseits ist bereits der Begriff Abfall negativ definiert, er ist das, was keinen positiven Gebrauchswert mehr besitzt oder zu besitzen scheint, dessen sich der Eigentümer entledigen will. Andererseits ist im Sinne einer Kreislaufwirtschaft das gleiche Material potentieller Rohstoff für andere, möglicherweise sogar für die gleichen Anwendungen. Die Gestaltung von Abfallwirtschaft ist somit eine entscheidende Schnittstelle für die Frage, welche Ressourcen verloren gehen und welche Ressourcen erhalten bleiben.

Konkreter:

- Jedes Produkt, jedes Material, das nicht zu Abfall wird, trägt zur Ressourcenersparnis bei. (Stichworte: Abfallvermeidung, Langlebigkeit von Produkten, „Verzicht“ auf Wegwerfprodukte, Ökodesign etc.)
- Jede Entstehung von Abfall ist mit Ressourcenverlust verbunden, da auch bei hochentwickelten Technologien die Wiedergewinnung von Materialien, die erneut in Produktionsprozesse einfließen können, mit Materialverlusten und Energieverbrauch (und damit in der Regel CO<sub>2</sub>-Emissionen) verbunden ist.
- Wiedergewinnungsraten für Wertstoffe sind abhängig von der Separierbarkeit und dem damit verbundenen Aufwand. Sie hängen somit vom jeweiligen Produkt, Material und angewandten Verfahren ab. Ökobilanzen

müssen zeigen, ob der Gesamteffekt hinsichtlich der ressourcenschonenden Wirkung und der ökologischen Wirkung positiv ist.

- In einzelnen Fällen kann durch Abfallverwertung die Umwelt an anderer Stelle entlastet werden. Zum Beispiel kann durch die Kompostierung von Bioabfall der Torfabbau, der zu einer viel zu lange unterschätzten Klimabelastung führt, reduziert werden.
- Recycling vermindert Rohstoffverluste. Kein Recycling kann jedoch, auch bei hohen Wiedergewinnungsraten, in einer materiell wachsenden Ökonomie von primären Rohstoffen unabhängig machen. Effiziente Recyclingtechnologien erübrigen somit nicht die Frage, ob ein auf materielles Wachstum basierendes Wirtschaftssystem zukunftsfähig ist.
- Ressourcenschutz kann somit nicht auf abfallwirtschaftliche und Effizienz-Aspekte beschränkt werden. Weitergehende Fragen sind zu berücksichtigen: Wie gelingt eine global gerechte Verteilung begrenzter Rohstoffe? Wie müssen sich unsere Konsummuster und unser Lebensstil ändern, um eine global tragfähige Ressourcennutzung zu ermöglichen? Wie sieht ein entsprechendes Wirtschaftsmodell aus? Dies erfordert eine Wertediskussion, die die Wichtigkeit des materiellen Besitzes reflektiert („weniger ist besser“).

Abfallpolitik ist somit mehr als „schadlose Beseitigung“. Die Verbesserungen bei der Reinigung der Rauchgase aus Müllverbrennungsanlagen und die Einführung einiger Abfalltrennsysteme haben bei vielen den Eindruck erzeugt, die Abfallprobleme seien schon gelöst. Das ist nicht der Fall. Zwar ist manches besser geworden im Vergleich mit der Situation Ende der 1980er Jahre, viele Probleme sind jedoch geblieben. Die zunehmende Erkenntnis, dass Ressourcen knapper werden und Kreislaufwirtschaft notwendig ist, unterstreicht die Bedeutung der Abfallwirtschaft. Hier befinden wir uns jedoch erst am Anfang. So wird die Bedeutung und die Chance, die in den Abfällen enthaltenen Rohstoffe zurückzugewinnen, auch heute noch oft weder erkannt noch wirklich verfolgt. Produktion und Abfallbeseitigung stehen im Vordergrund, Recycling spielt bei einigen Materialien eine Rolle, bei der Abfallvermeidung gibt es vor allem verbale Bekenntnisse, mehr leider

nicht. Dabei vermindert die Abfallvermeidung ja nicht nur das Müllaufkommen, sondern auch die Umweltbelastungen durch die vermiedene Neuproduktion.

### 3.2.2 Kreislaufwirtschaft und Abfallhierarchie

Im aktuellen Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ist in § 6 Abs. 1 folgende Rangfolge für die abfallwirtschaftlichen Ziele formuliert:

1. Vermeidung,
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung,
3. Recycling,
4. sonstige Verwertung, insbesondere energetische Verwertung und Verfüllung,
5. Beseitigung

Danach sind Maßnahmen, die das Entstehen von Abfällen vermeiden (Wiederverwendung, Mehrweg, Wiederein-

standsetzung etc.) prioritär vor einem Recycling zu verfolgen. Es folgen die energetische Verwertung, also Verbrennung mit einer etwas höheren Energierückgewinnung, und andere Verwertungsmaßnahmen, wie z. B. die Verfüllung, um Hohlräume zu stützen, und schließlich die Beseitigung (Verbrennung ohne oder mit einer geringen Energierückgewinnung, Deponierung). Der Begriff energetische Verwertung ist nach Auffassung des BUND irreführend, wird hier aber als juristischer Begriff aufgeführt (vgl. Abschnitt 3.2.4).

Der BUND und andere Umweltverbände haben deutliche Kritik an bestimmten Regelungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes geübt, etwa an der Ausnahmeregelung für heizwertreiche Abfälle, für die eine thermische Verwertung nicht nur in begründeten Einzelfällen, sondern generell als gleichrangig mit der stofflichen Verwertung gese-

Abfallart	2011	2010	2009	2008	2007	2008
1.000 Tonnen						
<b>Abfallaufkommen</b>	386.690	373.011	359.387	382.818	386.946	372.906
davon						
Siedlungsabfälle	50.237	49.237	48.466	48.367	47.887	46.426
Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen	34.667	36.883	27.541	39.295	42.891	41.954
Bau- und Abbruchabfälle	199.479	193.318	195.021	200.517	201.842	197.735
Sekundärabfälle	43.916	40.318	37.094	38.216	35.835	32.006
Übrige Abfälle (insbesondere aus Produktion und Gewerbe)	58.390	53.255	51.265	56.423	58.491	54.785

Tabelle 7: Übersicht über das Abfallaufkommen in Deutschland

Aus: DESTATIS 2013

hen werden darf, wenn der Heizwert der Abfälle mehr als 11 MJ/kg beträgt. Sie widerspricht auch der in der Europäischen Abfallrichtlinie festgelegten Abfallhierarchie. Die Rangfolge, in der Recycling Vorrang vor einer sonstigen Verwertung, insbesondere der energetischen Verwertung hat, sollte nach Überzeugung des BUND bestehen bleiben, solange dies möglich und vertretbar ist. Dabei ist werkstoffliches Recycling (z. B. ein bestimmter Kunststoff wird in dieser Form wieder eingesetzt) einem rohstofflichen Recycling (aus den Bestandteilen eines Kunststoffes werden andere Stoffe hergestellt) überlegen.

### 3.2.3 Abfallmenge: Status Quo

Das Gesamtabfallaufkommen in Deutschland betrug 2011 etwa 387 Millionen t. Bei einer Einwohnerzahl von 81,8 Millionen Menschen ergibt sich daraus ein Pro-Kopf-Aufkommen von etwa 4,7 t pro Jahr.

Den weitaus größten Anteil stellen die Bau- und Abbruchabfälle mit 199,5 Millionen t dar.

Die Siedlungsabfälle betragen im Jahr 2011 50,2 Millionen t, darin machen die Haushaltsabfälle mit 44,05 Millionen t den größten Anteil aus (88%). Enthalten sind darin Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sperrmüll, Biotonne, Garten- und Parkabfälle, getrennt gesammelte Wertstoffe (Glas, Papier/Pappe, Metalle, Holz, Kunststoff, Textilien, Verpackungen und sonstige Abfälle.

Das Aufkommen der Siedlungsabfälle lag 1999 bei 49,7 Millionen t, ist somit seither fast gleich geblieben. Auch die gesamte Menge der Haushaltsabfälle hat sich in den letzten Jahren kaum verändert, allerdings hat sich seit den 1990er Jahren eine Verschiebung vom Hausmüll (Restmüll) hin zu getrennt eingesammelten Wertstoffen ergeben.

Abfallart	Aufkommen		energetische Verwertung Millionen Tonnen	stoffliche Verwertung Millionen Tonnen
	Millionen Tonnen	kg pro Einwohner		
Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (Restmüll)	14,03	172	4,89	1,28
Sperrmüll	2,43	30	0,55	1,31
organische Abfälle: Biotonne, Garten- und Parkabfälle	9,06	111	0,28	8,76
Glas	2,60	32	-	2,59
Papier/Pappe	8,13	99	0,03	8,07
Leichtverpackungen / Kunststoffe	5,37	66	0,73	4,33
Elektroaltgeräte	0,59	7	0,00	0,59
Sonstige getrennt gesammelte Fraktionen (Metalle, Textilien etc.)	1,84	23	0,51	1,26

Tabelle 8: Zusammensetzung der Haushaltsabfälle 2011 (nach DESTATIS 2013b), gerundet, Berechnung der Menge pro Einwohner auf der Basis von 81,8 Millionen Einwohnern.

### *Vermüllung der Meere*

Die „Vermüllung“, das heißt die Verschmutzung der Umwelt durch Abfälle, insbesondere die Verschmutzung der Meere ist nicht nur ein ästhetisches Problem. Jeden Tag gelangen weltweit rund 5 Millionen Plastikgegenstände in die Ozeane, das sind 6,4 Millionen t Plastik jährlich. Dies bedeutet zunächst eine direkte Ressourcenverschwendung, insofern als die Rohstoffe des nicht erfassten und in die Umwelt gelangten Abfalls für jede weitere Nutzung verloren sind, aber auch eine indirekte Form von Ressourcenverschwendung bzw. -zerstörung, insofern als die gewaltige Menge von Abfällen, die in das Meer gelangt, dort großen Schaden anrichtet.

Kunststoffabfälle führen dazu, dass in manchen Bereichen der Meere die kleinen Kunststoffpartikel bereits in vielfach höherer Zahl auftreten als natürliches Plankton. Fische und andere Lebewesen verenden an diesen Partikeln, sie verhungern bei gefülltem Magen. Größere Partikel, Netze, Folien und Seile führen dazu, dass sich Tiere in ihnen verfangen und sich nicht mehr befreien können. Welche langfristigen Konsequenzen das „marine littering“ hervorruft, ist nicht absehbar, allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die Auswirkungen auf das Ökosystem beträchtlich sind und mit einem Verlust an Umweltqualität und Biodiversität verbunden sind.

#### 3.2.4 Recycling und Verbrennung

##### *Energetischer Vergleich von Recycling und „thermischer Verwertung“*

Für Kunststoffe und Papier sind die Energiebilanzen in Abbildung 6 gegenübergestellt. Zunächst zeigt sich, dass auch das Recycling, also die stoffliche Verwertung mit Energieaufwand verbunden ist. Das Recycling erfordert Energie etwa bei der Reinigung des Materials, aber auch für die technischen Prozesse bei der Herstellung eines neuen Produktes aus dem entsprechenden Sekundärrohstoff. Diese Energie liegt aber deutlich niedriger als die Produktionsenergie zur Herstellung der entsprechenden Gegenstände aus Primärrohstoffen (also Erdöl bzw. Holz). Bei der Verbrennung kann aber nur ein Teil des Heizwerts der Abfälle genutzt werden, und das mit einem ziemlich

schlechten Wirkungsgrad. Von der Gesamtenergie, also der Summe aus Produktionsenergie und Heizwert wiederum kann bei der „energetischen Verwertung“ nur ein relativ geringer Teil zurückgewonnen werden. Die Produktionsenergie geht bei der Verbrennung vollständig verloren. Bei der stofflichen Verwertung von Abfällen bleibt ein großer Teil der Produktionsenergie erhalten. Auf diese Weise können auch bei Abfällen mit hohem Heizwert wie bei Papier und Kunststoff erhebliche höhere Mengen an Energie eingespart werden als bei einer Verbrennung anfallen.

Der Begriff thermische Verwertung (oder auch energetische Verwertung) ist irreführend. Der Begriff energetische Verwertung hat eigentlich nur den Stellenwert eines juristischen Fachbegriffs im Sinne des KrWG und wird hier auch nicht anders verwendet, z. B. in Tabelle 8. Abfallvermeidung und Recycling, somit die stoffliche Verwertung von Abfällen sind im Hinblick auf den Ressourcenschutz erheblich effizienter und sind darüber hinaus auch mit deutlich geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden, die sonst bei der Erzeugung der Produkte aus Primärrohstoffen entstehen würden.

Besonders deutlich wird dies bei der Betrachtung von Metallen. Hier ist es wesentlich die Energie, die bei der Reduktion des Erzes aufgebracht werden muss, die bei Recyclingprozessen wegfällt. So spart die Verwendung von Recyclingaluminium annähernd die 95% der Energie ein, die bei der Herstellung von Aluminium aus dem Erz erforderlich ist.

Die Konsequenz ist, dass insbesondere bei getrennt gesammelten Wertstoffen die werkstoffliche Verwertung Vorrang haben muss. Nur der nicht verwertbare Sortierrest, der auf ein Minimum zu begrenzen ist, darf thermisch behandelt werden, sofern die Deponierung dieses Restabfalls ohne vorherige Verbrennung gesundheitsgefährdender und weniger umweltverträglich wäre.



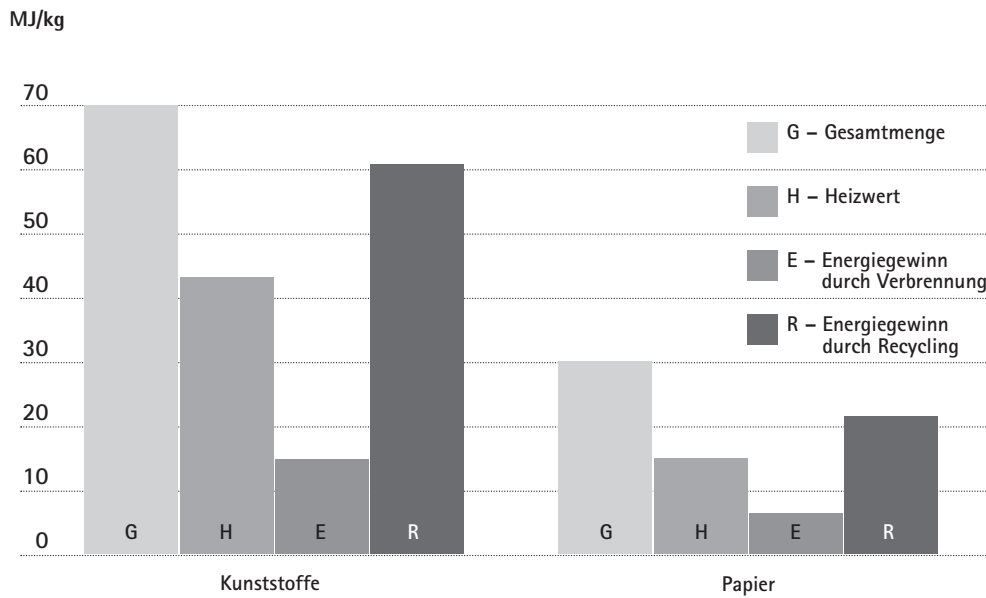


Abbildung 6: Vergleich der Energieeinsparung bei Verbrennung und Recycling. Angaben in MJ/kg (1 MJ=0,28 kWh). Aus: BUND 2010

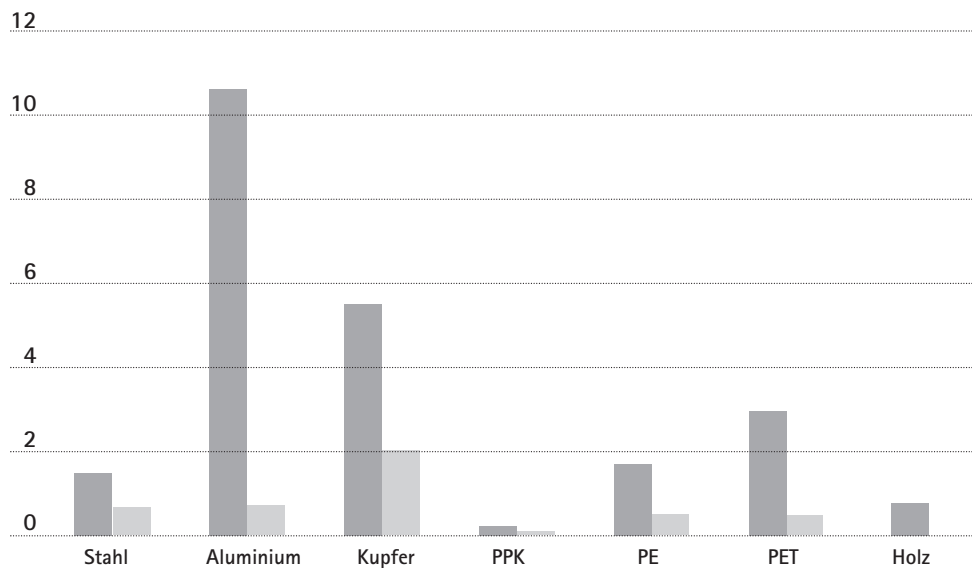


Abbildung 7: CO<sub>2</sub>-Emissionen von Primär- und Recyclingprozessen verschiedener Materialien. Angaben in Tonne CO<sub>2</sub> pro t Wertstoff. PPK: Papier, Pappe, Kartonagen; PE: Polyethylen; PET: Polyethylenterephthalat. Aus: Faulstich et al. 2010.

### *Klimaeffekte und Emissionen aus Verbrennungsanlagen*

Verbrennungsanlagen waren verantwortlich für großflächige Dioxinmissionen. Inzwischen sind die Temperaturführung der Rauchgase und Filteranlagen soweit entwickelt, dass die Schadstoffemissionen sehr viel geringer geworden sind. Dennoch ist festzuhalten, dass Reste von Schadstoffen, vor allem die Stickoxide, aber auch gasförmiges Quecksilber, in gewissen Mengen mit dem Rauchgas emittiert werden.

Von großer Bedeutung sind heute jedoch die Emissionen des klimaschädlichen CO<sub>2</sub> bei der Müllverbrennung. Eine Rückhaltung des CO<sub>2</sub> ist unmöglich, außer durch die Verpressung von CO<sub>2</sub> unter Tage (CCS), die der BUND ablehnt. Eine Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ist nur durch Verringerung des kohlenstoffhaltigen Input-Materials möglich, also vor allem durch die getrennte Erfassung und werkstoffliche Verwertung von Kunststoffen, aber auch von Pappe und Papier.

Berechnungen des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (Eder 2008; Pflaum et al. 2008) ergaben für Papier/Pappe sowie für Stahl eine Verringerung des Ausstoßes an Treibhausgasen durch Recycling von jeweils 56%, verglichen mit der Produktion der entsprechenden Materialien aus Primärrohstoffen, bei Kupfer lag das Einsparpotential bei 64%, bei Polyethylenfolie bei rund 70% und bei PET sogar bei fast 85% (zitiert aus Hoffmann 2010).

Nach einer Studie des Ökopol-Instituts (Sander, 2008) wurden schon 2007 rund 160 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr in den damals 27 EU-Ländern allein durch Recycling eingespart. In der Bundesrepublik Deutschland lag der jährliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Abfallwirtschaft im Jahr 2005 um 46 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalent niedriger als 1990.

In Deutschland darf Abfall, der organische Anteile enthält, seit 2006 nicht mehr deponiert werden. Neben Schadstoffaspekten spricht für diese Strategie auch, dass aus Bioabfällen in Deponien beträchtliche Mengen Methan gebildet werden, welches ein 21 mal stärkeres Treibhausgas als

CO<sub>2</sub> ist. Bei einer separaten Erfassung von Bioabfällen und einer ordnungsgemäßen Kompostierung wird nahezu kein Methan gebildet.

In der EU werden nach wie vor 110 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalent durch Deponie-Emissionen freigesetzt. EU-weit die Deponierung organischen Materials zu stoppen, wäre ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz. Der kommunale Müll könnte nach Schätzungen des Ökoinstituts mit bis zu 32% zum Treibhausgas-Reduzierungsziel der EU für 2020 beitragen (Schüler und Dehoust 2010).

### *Recyclingquoten und Rohstoffverluste*

Auch der Verlust der im Abfall enthaltenen Rohstoffe ist entsprechend der Abfallhierarchie sehr unterschiedlich. Naturgemäß ist der Rohstoffverlust bei einer Vermeidung von Abfall und bei einer Wiederverwendung der „nicht zu Abfall gemachten“ Gegenstände am geringsten.

Bei einer stofflichen Verwertung von Abfällen (Recycling) werden je nach Ausgangsmaterial in einem gewissen Umfang Ressourcen verbraucht. Auch wenn bei diesen Aufbereitungsverfahren verwertbare Sekundärrohstoffe gewonnen werden, ein Verbrauch an Energie, Wasser und anderen Ressourcen ist bei der Erfassung der Abfälle und den Aufbereitungsprozessen praktisch unvermeidlich. Zu beachten ist: Die oft komplexen Zusammensetzungen von Abfällen erlauben in der Regel umso mehr ein stoffliches Verwerten, je sauberer sie sind, und je weniger sie mit anderen Materialien vermischt sind.

Bei der Verwertung nicht vermiedener Abfallfraktionen ist auch an Verwertungskaskaden zu denken, das heißt, dass bei der Verwertung Recyclingprodukte entstehen, die nicht mehr ganz die gleichen Werkstoffeigenschaften haben wie das ursprüngliche Material, die aber für den neuen Zweck völlig ausreichen. Ein klassisches Beispiel dafür ist Recyclingpapier.

Metalle dagegen sind chemische Elemente, das heißt, sie werden durch den technischen Einsatz zwar „verbraucht“, bleiben aber als Element erhalten. Damit ist die Wieder-

verwendung des Materials grundsätzlich ohne Qualitätsverlust möglich. Ob dies tatsächlich realisierbar ist, hängt aber davon ab, ob eine Erfassung der metallhaltigen Produkte und eine Separierung der darin vorliegenden Metalle technisch möglich ist und ökonomisch sinnvoll erscheint. Es kommt vor, dass sie in einer derart niedrigen Konzentration vorliegen, dass ihre Wiedergewinnung praktisch unmöglich ist. Metalle können auch durch Oxidation (z.B. Rost) oder durch Abrieb verloren gehen. Liegen Metalle als Spurenbestandteil in Legierungen oder anderen Werkstoffen vor, kann ihre Rückgewinnung unverhältnismäßig schwer werden. In diesen Fällen sind dann doch Ressourcen verbraucht worden, auch wenn die Metalle streng genommen nicht verschwunden sind.

Die Potentiale einer werkstofflichen Verwertung werden jedoch für viele Abfallströme nur ansatzweise oder überhaupt nicht genutzt. Selbst wertvolle Metalle werden nur unzureichend zurückgewonnen und gehen verloren. Dies gilt in besonderem Maß für Metalle, die nur mit geringen Anteilen im Produkt eingesetzt werden.

Tabelle 9 macht deutlich:

- Für zahlreiche Metalle und Mineralien findet Recycling praktisch nicht statt.
- Für einige Elemente findet ein Recycling „pre consumer“, also in der Industrie in einem gewissen Umfang statt (Produktionsabfälle etc.), „post consum“-Recycling ist in der Regel geringer.
- Auch viele Metalle, bei denen ein Recycling relativ einfach durchführbar ist, werden mit niedrigen Quoten recycelt (Beispiel Aluminium in der EU: 35%).
- Recyclingquoten von über 50% werden nur in vier Fällen genannt: Chrom (im Zusammenhang mit Edelstahlrecycling), Zink („Pre-Consumer“), Blei und Kupfer in Deutschland. Es ist aus ressourcenpolitischer Sicht absolut unzureichend, dass ein wertvolles Metall wie Kupfer nicht mit höheren Quoten aufwarten kann, obwohl ein Recycling technisch machbar und wirtschaftlich sinnvoll wäre.
- Insgesamt sind die Recyclingquoten eher niedrig. Beträchtliche Verbesserungen sind möglich.

Stoff		Recyclingquote (%)	Quelle*
Aluminium	Al	35 %	EC
Antimon	Sb	11 %	EC
Baryt	BaSO <sub>4</sub>	0 %	EC, USGS
Beryllium	Be	19 % / bis zu 1 %	EC / USGS
Blei	Pb	59 % (Deutschland)	BGR
Borate	B	0 %	EC
Chrom	Cr	13 % 61 %**	EC USGS
Eisen	Fe	22 %	EC
Gallium	Ga	0 % (Post Cons.)	EC
Germanium	Ge	0 % 30 %	EC USGS
Gips	CaSO <sub>4</sub>	1 %	EC
Indium	In	0,3 %	EC
Kobalt	Co	16 % / 24 % 20 %	EC / USGS ÖkoInst.
Kupfer	Cu	20 % / 35 %	EC / USGS BGR
Lithium	Li	54 % (Deutschland)	EC
Niob	Nb	0 %	EC
Phosphor	P	11 %	USGS
Seltenerdmetalle, z.B. Neodym	z.B. Nd	0 % 1 %	EC
Tantal	Ta	4 % / 20 %	EC / TIC
Titan	Ti	6 % (global)***	EC
Zink	Zn	8 % / 54 % (pre cons.)	EC / USGS
Zinn	Sn	24 %	USGS

\*: Quellen:

EC: European Commission 2010;

USGS: Unites States ..... 2010;

BGR: ...

Ökoinstitut: ...

TIC:

\*\* : basierend auf der Menge recycelten Edelstahls

\*\*\*: Titanmetalle werden recycelt, Anwendungen der Titan-Mineralie sind jedoch dissipativ und nicht recycelbar.

Tabelle 9: Recyclingquoten verschiedener Stoffe im Vergleich. Aus: Faulstich et al. (2010)

### *Beispiel Handy*

Jedes Handy enthält wertvolle Materialien, die bisher kaum wiedergewonnen werden. Neben Kupfer (Gehalt im Handy ca. 15%), Aluminium, Nickel und Zinn sind das Edelmetalle wie Gold (für die Kontakte), Silber, Lithium für die Akkus und seltene Erden. Die Seltene Erde Yttrium wird zum Beispiel in den Displays verwendet und sorgt dort zusammen mit Europium für rot leuchtende Farben.

Nach Herstellerangaben gibt es mehr als 70 Millionen alte oder defekte Handys in deutschen Haushalten. Landen sie im Hausmüll, gefährden sie die Umwelt durch Schadstoffe. Sie müssen getrennt erfasst werden. Sie enthalten aber auch wertvolle und seltene Rohstoffe. Recycling von Gold, Palladium und Kupfer aus Handys ist nach Angaben von Recyclingfirmen zu praktisch 100% möglich. Für die Seltenen Erden wird dies bisher aus Kostengründen nicht durchgeführt. Die Technologie ist vorhanden. So können nach Betreiberangaben in der Recyclinganlage UMICORE integrierte Metallhütte in Hoboken, Belgien, die folgenden Elemente aus Elektroschrott wiedergewonnen werden: Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, Cu, Pb, Ni, Sn, Bi, Se, Te, Sb, As, In, bei einem recycelter Metallwert (2007) von 2,6 Milliarden US-\$. Die Metallausbeuten betrage angeblich mehr als 95%.

Für 2007 wurde die Menge nicht mehr gebrauchter und/oder defekter Handys mit 500 Millionen geschätzt. Bei einem Durchschnittsgewicht von 100 Gramm ergibt dies 50.000 Tonnen pro Jahr (EMPA/UMICORE). Nur ein Teil dieser Handys wird wiederverwendet, etwa in Entwicklungsländer exportiert. Jedoch werden weniger als 1000 Tonnen einem Recycling zugeführt. Der weitaus größte Teil wird entweder über den Hausmüll entsorgt und ist damit unwiederbringlich verloren, oder er wird einfach aufbewahrt („in der Schublade“). Das heißt, nur ein 50stel der jährlich anfallenden Menge steht für einen Recyclingprozess zur Verfügung.

Die Ausbeute von Gold kann bei der Aufarbeitung getrennt erfasster bzw. vorsortierter Leiterplatten etwa aus PCs ein vielfaches höher liegen als die Ausbeute bei der Erzaufbereitung (und ist bei ordnungsgemäßer Durchführung mit sehr viel niedrigeren Umweltbelastungen verbunden). Während aus einer Tonne Golderz etwa 5 g Gold erzeugt werden können, kann aus einer Tonne PC-Leiterplatten das 40-fache, nämlich 200 g Gold zurückgewonnen werden (vgl. Faulstich et al 2010). Handy-Abfälle können 250 g Gold pro Tonne enthalten.

Während also Recycling umso einfacher ist, je stärker unterschiedliche Materialien von vornherein getrennt verbaut werden, sind natürlich gerade bei Elektronikgeräten wie Handys sehr viele unterschiedliche Metalle in sehr kleinen Mengen nebeneinander eingesetzt. Das macht Recycling aufwändig.

Sind die Geräte einmal in der Müllverbrennung, ist eine Isolierung dieser wertvollen Rohstoffe nicht mehr möglich. Praktisch sämtliche Rohstoffe, mit der Ausnahme von Eisenmetallen, gehen dort verloren. Sie sind zwar im Filterstaub oder in der Schlacke noch vorhanden, jedoch derartig fein verteilt, dass eine Rückgewinnung wirtschaftlich nicht in Frage kommt.

### *Grenzen des Recyclings in wachsenden Märkten*

Recycling kann Engpässe bei der Rohstoffversorgung verringern oder die Sicherung nachhaltiger Stoffströme verbessern. Eine generelle Lösung der Probleme ist damit jedoch nicht verbunden, solange die Gesamtmenge der Produkte und damit die Rohstoffnachfrage ansteigt. Hinzu kommt, dass es für manche Abfälle noch gar keine Recyclingtechnik gibt.

#### *Beispiel: Lithium für Elektrofahrzeuge*

Lithium spielt eine wesentliche Rolle bei leistungsfähigen und relativ leichten Elektrizitätsspeichern (Lithium-Ionen-Batterien) für Kraftfahrzeuge. Diese wiederum sind entscheidend für die Leistungsfähigkeit und die Akzeptanz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen. Engpässe beim Rohstoff Lithium könnten deshalb von existentieller Bedeutung sein.

Obwohl es für Lithium bis heute keine großtechnische Wiedergewinnungsmöglichkeit gibt, hat die Volkswagen AG für Lithium und andere Metalle Modelle zur strategischen Ressourcenplanung aus Abfallströmen entwickelt, die erlauben, für bestimmte Szenarien das Rohstoffpotential aus Recyclingströmen abschätzen zu können (Konietzko 2011). Für Lithium wurde deutlich, dass sekundäres Material erst ab 2020 zunehmend eine Rolle bei der Versorgung in Europa spielen könnte. Als wesentliches Ergebnis ist darüber hinaus festzuhalten, dass auch 2050 der weitaus größere Teil des Materialeinsatzes nicht aus Recycling kommen kann. In einem „moderaten“ Szenario werden 2.000 bis 3.000 t Sekundärlithium bei einer Nachfrage von etwa 20.000 t geschätzt, bei einem „optimistischen“ Szenario 8 bis 13.000 t gegenüber einer Nachfrage von über 50.000 t.

Die Verhältnisse dürften in allen wachsenden Marktsegmenten ähnlich sein. Kontinuierliches Wachstum kann durch eine Exponentialfunktion dargestellt werden: Die absoluten Zuwächse pro Jahr nehmen in jedem folgenden Jahr zu. Selbst hohe Recyclingquoten würden lediglich dazu führen, dass die Zunahme des Materialverbrauchs langsamer erfolgt. Ein bestimmter absoluter Rohstoffverbrauch pro Jahr kann durch Recycling allenfalls um eine gewisse Zeit verschoben werden. In wachsenden Märkten kann die Unabhängigkeit von Importen durch Recycling allein nicht sichergestellt werden. Dies spricht nicht gegen Recycling, macht jedoch deutlich, dass Recycling nur ein Element in einer Gesamtstrategie sein kann.

### 3.2.5 Einzelne Abfallfraktionen

#### *Verpackungen*

Bei einer Betrachtung der Verpackungsmengen, die in Haushalten erfasst werden, ergibt sich folgendes Bild:

Nach Einführung der Verpackungsverordnung haben sich die Gewichte der eingesetzten Verpackungen deutlich reduziert (Steigerung der Materialeffizienz). Für den Zeitraum von 1991 bis 2000 wurde eine Materialersparnis von 1,4 Millionen t an Verpackungen genannt (GVM 2005). Seit Ende der 90er Jahre hat sich dieser Trend umgekehrt. Auch für 2010 ist wiederum ein Anstieg z. B. der Kunststoffverpackungen feststellbar (Umweltbundesamt 2012). Ursachen sind u. a. der Trend zu verpackter Ware, der Trend zu gekühlten Convenience-Produkten, sowie der Trend zu kleineren Verpackungseinheiten und Sammelverpackungen von portionierten Einheiten. Mit der zunehmenden Bedeutung von Convenience-Aspekten (convenience = Bequemlichkeit) nimmt die Materialeffizienz ab.

Eine Ursache für den Rückgang bei den Verpackungsmengen ist der Rückgang des Anteils der Einweg-Glasverpackungen, die in den Jahren 1991 bis 2012 immer mehr durch Kunststoffverpackungen und Getränkekartons ersetzt wurden. Außerdem wurde durch die Verringerung der Wandstärken bei Glas ebenfalls Verpackungsmaterial gespart. Bei einer Betrachtung der erfassten Verpackungsmengen ergibt sich, dass (Einweg-)Glas trotzdem nach wie vor auf Platz 1 rangiert, gefolgt von Papier und Karton. Erst auf Platz 3 stehen die Kunststoffverpackungen. Danach folgen die Metalle und die Verbundverpackungen wie z. B. Getränkekartons.

In Deutschland werden jährlich immerhin rund 400.000 t an Kunststoffen aus der getrennten Sammlung von Leichtverpackungen (LVP) recycelt. Ohne getrennte Sammlung würden auch die noch verbrannt, denn aus Restmüll lassen sich so gut wie keine verwertbaren Kunststoffe gewinnen.

Trotzdem ist die Zahl von 400.000 t an werkstofflich verwerteten Kunststoffen erheblich zu niedrig im Vergleich zu dem, was einerseits nötig, andererseits aber auch tech-

nisch erreichbar ist. Dabei werden die Vorgaben der Verpackungsverordnung für das Recycling von Kunststoffverpackungen in Höhe von lediglich 36 % der bei den Dualen Systemen lizenzierten Menge deutlich überschritten. Denn diese Vorgabe stammt aus den 1990er Jahren, als das Recycling von gemischten Kunststoffabfällen noch nicht so weit entwickelt war.

Ein weiteres Problem ist, dass zu wenige Verpackungen bei den Dualen Systemen lizenziert werden. Die Politik versucht schon seit Jahren, durch Novellierungen der Verpackungsverordnung bei diesem Problem entgegenzusteuern. Das war von geringem Erfolg gekrönt. Erst nach der 7. Novelle der Verpackungsverordnung (2014) zeichnet sich ein Trend zum Besseren ab.

So gelangt völlig unnötigerweise der überwiegende Teil der recycelbaren Kunststoffabfälle in die Müllverbrennung. Hier sind entscheidende Änderungen der Verpackungsverordnung notwendig und schon lange überfällig.

In den in der Tabelle 10 angegebenen Mengen sind Verpackungen aus privater und gewerblicher Nutzung enthalten. Die große Menge an Papier- und Kartonverpackungen erklärt sich dadurch, dass die meisten Produkte in Kartons als Transportverpackung in den Einzelhandel bzw. beim Versandhandel direkt an die Kundschaft geliefert werden.

Die stoffliche Verwertung bezieht sich auf die bei einer Verwertungsanlage angelieferten Massen. Im Verlauf der Sortierung/Verwertung anfallende Abfälle werden als Teil der verwerteten Menge betrachtet. Streng genommen sind also die angegebenen Verwertungsquoten nur Erfassungsquoten.

An den Zahlen in der Tabelle 10 wird deutlich, dass die Recyclingquoten bei Papier/Pappe/Karton, bei Glas und den Metallen erfreulicherweise recht hoch liegen, obwohl noch weitere Verbesserungen möglich und erforderlich sind. Möglichkeiten zum Ressourcenschutz liegen abgese-

Material	Angefallene Menge	Gesamtmenge stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung und Verbrennung	Rate der stofflichen Verwertung
				%
				1.000 Tonnen
Glas	2.712	2.336	0	86,1
Kunststoffe	2.690	1.328	1.287	49,4
Papier / Karton	7.196	6.492	609	90,2
Aluminium	91	80	8	87,7
Stahl	743	693	0	93,3
Holz	2.550	700	1.761	27,5
sonstige	21	0	16	0
insgesamt	16.003	11.628	3.681	72,7
zum Vergleich: Abfälle aus gebrauchten Kunststoffverpackungen aus den Dualen Systemen		369	507	

Tabelle 10: Aufkommen von Verpackungsabfällen 2010. Aus: Umweltbundesamt (2012)

hen von der Steigerung der Recyclingmenge einerseits in der Vermeidung unnötiger Verpackung, andererseits in der Nutzung von Mehrwegverpackungen.

### *Bioabfall*

Bioabfall, der z.B. über Biotonnen getrennt erfasst wird, gelangt zu 100% in Kompostier- oder Vergärungsanlagen und gilt damit als zu 100% recycelt. Dies ist unabhängig etwa von der Menge der Fremdstoffe, die vor oder nach der Kompostierung aussortiert werden müssen. Bei der Kompostierung entsteht praktisch keine verwertbare Wärme. Im Gegensatz dazu kann bei der Biomüllvergärung Methan gewonnen werden, das zur Erzeugung von Elektrizität oder Wärme genutzt werden kann. Seit 1.1.2015 sind alle Kommunen nach § 11 Abs.1 KrWG zur getrennten Erfassung von Biomüll verpflichtet.

Kompostierung ist unter Energieaspekten kein besonders interessantes Verfahren, allerdings kann sie in einem gewissen Umfang den Bedarf an Düngemitteln, z.B. Kalium, Phosphor und Magnesium zu decken. Außerdem ist die Kompostierung - im Gegensatz zur Verbrennung - mit dem Erhalt eines großen Teils des organischen Kohlenstoffs verbunden, der wieder in den Boden eingebracht werden kann. Dieser Kohlenstoff wird nicht als CO<sub>2</sub> freigesetzt, sondern als wertvoller Humus dem Boden zurückgegeben. Zudem: Auch wenn Kompost und Torf nicht dasselbe sind, durch die Kompostierung von Bioabfall könnten die Verwendung und der Abbau von Torf, der zu einer erheblichen Klimabelastung führt, zurückgedrängt werden.

Die vor einiger Zeit aufgetauchten „Bio“-Kunststoffe erwecken vielleicht den Eindruck, dass sie biologisch abbaubar sind und in die Biotonne gegeben werden dürfen. Tatsächlich werden sie in zahlreichen Kompostieranlagen aussortiert, da sie erstens nicht von Kunststoffverpackungen aus fossilen Rohstoffen unterschieden werden können und zweitens in der Verweilzeit, die Bioabfälle in der Kompostieranlage verbringen, nicht abgebaut werden, wie Studien gezeigt haben.

### *Sekundärbrennstoffe/ Ersatzbrennstoffe (EBS)*

Sekundärbrennstoffe und Ersatzbrennstoffe (Englisch: refuse derived fuel, abgek. RDF) sind Abfälle aus der Industrie, dem Gewerbe oder aus Haushalten, die so vorbereitet werden, dass sie in Anlagen zur Zement- oder Kalkherstellung oder in Industriefeuerungen als Ersatzbrennstoff mitverbrannt werden können oder als alleiniger Brennstoff in EBS-Kraftwerken eingesetzt werden. Die Abgrenzung zwischen Sekundärbrennstoff und EBS ist nicht eindeutig, in der Regel ist die Aufarbeitung bei Sekundärbrennstoffen weitgehender.

Typische Abfallquellen zur Erzeugung von EBS sind Sperrmüllfraktionen, Hausmüllfraktionen nach Trennung und Trocknung, aus denen vorher Eisen und ggf. andere Metalle aussortiert wurden, bestimmte Gewerbeabfallfraktionen (auch Flüssigkeiten) und Reifen, die ohne Vorbereitung verbrannt werden. Auch heizwertreiche Abfallfraktionen (Papier, Kunststoffe) werden als Sekundärbrennstoff genutzt.

Die vom BUND kritisierte Ausnahmeregelung im Kreislaufwirtschaftsgesetz, die eine Verbrennung heizwertreicher Fraktionen als gleichrangige Abfallverwertung im Vergleich zur stofflichen Verwertung betrachtet, lässt außer Acht, dass der Energiegewinn durch stoffliche Verwertung höher ist, auch bei Abfällen mit höheren Heizwerten. Diese Ausnahmeregelung beseitigt den Druck, dieses Material stofflich zu verwerten, selbst dann, wenn dies technisch ohne Probleme möglich wäre. Dies ist aus umwelt- und ressourcenpolitischer Sicht kontraproduktiv.

Nach der EU-Abfallrahmenrichtlinie und dem KrWG (in § 3) stellt die energetische Verwertung oder die Aufbereitung von Abfall zu Brennstoffen kein Recycling dar. Eine Gleichstellung der Verbrennung mit dem Recycling ist nach der EU-Abfallrahmenrichtlinie nur in speziellen Ausnahmefällen gerechtfertigt, wobei eine besonders hohe Energieeffizienz der Verbrennungsanlage nur eine notwendige Voraussetzung ist.

Für Kraftwerke oder Zementwerke gelten schwächere Grenzwerte für Emissionen als für Müllverbrennungsanlagen. Es gibt deshalb gute Gründe dafür, diese Abfallchargen auch nach der Vorbehandlung zum Sekundärbrennstoff weiterhin als Abfall gelten zu lassen, so dass sie dem Abfallrecht unterliegen. Die stoffliche Verwertung sollte jedenfalls Priorität haben, soweit dies möglich und sinnvoll ist.

### 3.2.6 Urban Mining

Urban Mining wird häufig als Synonym für die Nutzung von Wertstoffen gesehen, die etwa in Form von Gebäuden, Infrastruktur, Anlagen oder in (Zwischen-)Lagern vorhanden sind. Zum Teil werden auch Potentiale, die durch recyclingfreundliche Bau- oder Herstellungsweise oder effiziente Rücknahme- und Aufarbeitungssysteme freigesetzt werden, zum Urban Mining gerechnet.

Zunächst kann hier an Baumaterial aus dem Rückbau von Gebäuden gedacht werden, also mineralische Stoffe oder auch Stahl, Aluminium und Kupfer. Die hohen Recyclingquoten bei Bauschutt täuschen jedoch darüber hinweg, dass in der Praxis Bauschutt aus dem Hochbau hauptsächlich für Verfüllungen und Straßenbau (als Füllmaterial für Tragschichten etc.) verwendet wird. Der Anteil von mineralischem Recyclingmaterial im Hochbau ist nach wie vor verschwindend gering.

Lediglich für Stahl und in einem geringeren Maß auch für Aluminium und Kupfer gilt, dass Schrott wieder in den Kreislauf gelangt und für die Herstellung neuen Materials genutzt wird. Holz und Kunststoff stellen jedoch eher (zum Teil mit Schadstoffen belastete) Problemstoffe dar, die allenfalls verbrannt werden.

Der Begriff Urban Mining umfasst in manchen Publikationen auch abfallwirtschaftliche Maßnahmen aus den Bereichen Abfallvermeidung und Recycling, ohne jedoch qualitativ neue Inhalte aufzuzeigen, die über die in anderen Bereichen der Abfallwirtschaft ohnehin diskutierten Schritte hinaus gehen.

Altdeponien werden immer wieder als mögliche Rohstoffquelle in den Blickpunkt genommen. Auch das Umweltbundesamt spricht diesen Deponien eine Bedeutung zu (Umweltbundesamt 2013a): „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.“

Bisher konnte jedoch nicht gezeigt werden, dass angesichts der oft hohen, jedoch im Einzelfall unbekanntem Schadstoffbelastungen und der Inhomogenität des Deponieinhalts der mit einer Öffnung und Abtragung einer Altdeponie verbundene Aufwand zur Extraktion bestimmter Wertstoffe eine auch nur annähernd wirtschaftliche Lösung darstellt. Selbst die Verbrennung der Inhalte dieser Altdeponien dürfte vor dem Hintergrund der Einlagerungspraxis, wie sie noch vor wenigen Jahrzehnten üblich war, kaum realistisch sein. Die Arbeitsschutz- und Emissionsschutzmaßnahmen müssen jedenfalls angesichts des in Altdeponien zu erwartenden Schadstoffpotentials erheblich sein.

Ausnahmen könnten Monodeponien, etwa Abraum aus dem Bergbau, oder Produktionsrückstände sein, die einigermaßen definierte Inhaltsstoffe in nennenswerten Konzentrationen enthalten. Als Beispiel wird häufig die Germaniumproduktion aus Eisenoxidschlamm, der im Zusammenhang mit der Zinkproduktion in Bleiberg in Österreich angefallen ist, genannt. Dort wurden pro Jahr annähernd 5 t Germanium gewonnen, dies macht etwa 5% der Weltproduktion aus. Der Beitrag von Deponien zur Rohstoffversorgung kann somit im Einzelfall durchaus relevant sein, sollte insgesamt jedoch nicht überschätzt werden.



### 3.2.7 Abfallvermeidung als vorrangiges Mittel für den Ressourcenschutz

Wie bereits ausgeführt, sind auch Recyclingprozesse sind mit Energieverbrauch verbunden und auch bei hochentwickelten Recyclingverfahren ist die Wiederfindung der einzelnen Materialien nie 100%. Eine Strategie, die das Entstehen von Abfällen von vornherein minimiert, ist in der Regel günstiger als Recycling.

#### *Das Abfallvermeidungsprogramm der Bundesregierung*

Das Abfallvermeidungsprogramm (BMU 2013) nimmt Bezug auf das Kreislaufwirtschaftsgesetz und die dort formulierte Abfallhierarchie. Neben der Formulierung von Abfallvermeidungszielen sollen Indikatoren für verabschiedete Abfallvermeidungsmaßnahmen vorgegeben werden, anhand derer erzielte Fortschritte überwacht und bewertet werden können. Darüber hinaus werden Maßnahmen zur Abfallvermeidung genannt und eine Bewertung der Zweckmäßigkeit aufgeführter Abfallvermeidungsmaßnahmen vorgenommen.

Das genannte Hauptziel ist der „Schutz der Umwelt und der menschlichen Gesundheit durch die Abkopplung des Wirtschaftswachstums von den mit der Abfallerzeugung verbundenen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt.“ Als operative Ziele werden die Reduktion der Abfallmenge, die Reduktion schädlicher Auswirkungen von erzeugten Abfällen und die Reduktion der Schadstoffe in Materialien und Erzeugnissen aufgeführt.

Dazu werden die folgenden Unterziele als Beispiele genannt:

- „Möglichst weitgehende Reduktion der Abfallmengen in Relation zur Wirtschaftsleistung, Beschäftigten- und Bevölkerungszahl“;
- „Verbesserung des Informationsstandes und dadurch Sensibilisierung der Bevölkerung und der beteiligten Akteure aus Industrie, Gewerbe, Handel und Entsorgungswirtschaft gegenüber der Notwendigkeit zur Reduktion von Abfallmengen oder Schadstoffgehalten in Materialien, Produkten und Abfällen sowie der Emissionen in Luft, Wasser und Boden im Zusammenhang

mit der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen“;

- Anlageninterne Kreislaufführung von Stoffen
- Förderung eines Konsumverhaltens, das auf den Erwerb von abfall- und schadstoffarmen Produkten gerichtet ist
- Abfallarme Produktgestaltung
- Förderung der Wiederverwendung von Produkten,
- Steigerung der Lebensdauer von Produkten
- „Steigerung der Nutzungsintensität von Produkten“.

Das Abfallvermeidungsprogramm legt „nicht-quantifizierte“ Zielvorgaben fest, die natürlich schwieriger zu überprüfen sind als quantitative Zielsetzungen. Ausdrücklich wird ausgeführt, dass die rein quantitative Reduktion von Abfällen allein „kein ausreichendes umweltpolitisches Ziel“ sei. Gleichzeitig wird konstatiert, dass „ein aussagefähiger Indikatorensetz, der diese Fragestellungen mit erschließt“, gegenwärtig nicht vorliege. Hervorzuheben ist auch die angestrebte Reduzierung der Abfallmenge immer nur in Relation zur Wirtschaftsleistung. Es geht im Abfallvermeidungsprogramm nicht um absolute Verminderung der Abfallmenge, sondern nur um Vermeidung im Vergleich zur Wirtschaftsleistung, das heißt nur um Effizienzsteigerung.

Der BUND hat im Juni 2013 eine Stellungnahme zum Entwurf des Abfallvermeidungsprogramms des Bundes und der Länder abgegeben. Auch wenn die Zielsetzungen zum Teil begrüßt werden, wird kritisiert, dass sie relativ wenig konkret und wenig ambitioniert sind, zum Teil lediglich Absichtserklärungen, deren erfolgreiche Umsetzung wenig wahrscheinlich erscheint. Abfallvermeidung ist bereits im Abfallgesetz 1986 als Leitmotiv des Abfallrechtes festgeschrieben. Die Erfolge waren und sind sehr begrenzt, und es ist nicht zu erkennen, dass die aktuelle Abfallvermeidungsstrategie der Bundesregierung wesentliche Verbesserungen erreichen soll.

Der BUND sieht im Gegensatz zu den Autoren des Abfallvermeidungsprogramms in Deutschland zwar ein Bewusstsein für das Thema Abfälle und Recycling, bisher jedoch nicht für das Thema Vermeiden. Hier besteht die Notwendigkeit, das Bewusstsein in der Bevölkerung zu entwickeln

und Anreize für ein verändertes Verhalten zu liefern. Zahlreiche Ausführungen im Abfallvermeidungsprogramm des Bundes sind jedoch eher Maßnahmen zur Förderung des Recyclings oder der Abfalltrennung und lassen eine Abfallvermeidungsstrategie nicht erkennen.

Es bleibt vom Bundesumweltministerium weitgehend unbeantwortet, wie in einer Marktwirtschaft, in der Abfallvermeidung nicht automatisch im Interesse der Wirtschaft liegt, die gegenwärtigen Defizite ohne effektives und wirksames Gegensteuern korrigiert werden sollen. Positive Absichten kollidieren hier mit den Gesetzen des Marktes. Es bleibt daher unverständlich, wie die wohlklingenden Zielsetzungen ohne Setzung deutlicher politischer und rechtlicher Rahmenbedingungen Realität werden sollen. Nach Auffassung des BUND sollten die politischen Rahmenbedingungen so gestaltet werden, dass Abfallvermeidung heute wirtschaftlich interessant wird beziehungsweise Abfallentstehung mit relevanten Kosten verbunden ist. Sonst wird der Markt Ressourcenschutz erst dann als Thema wahrnehmen, wenn knapper werdende Rohstoffe zu relevanten Engpässen und Kostensteigerungen führen.

Die vom BUND unterbreiteten Vorschläge zur Abfallvermeidung sind:

- Erreichen einer längeren Verwendungsdauer von Produkten durch langlebigere Produkte und längere Gewährleistungsfristen, sowie reparaturfreundlichere Produkte
- Die Absenkung der Mehrwertsteuer auf Reparaturdienstleistungen auf den ermäßigten Satz (also derzeit von 19 % auf 7 %)
- Erhalt und Ausbau von Mehrwegsystemen im Lebensmittelsektor (siehe „Mehrweg und Mehrfachnutzung“) sowie im Transportbereich, wo dies möglich ist;
- Bessere Erfassung zur Vorbereitung der Wiederverwendung, material- und geräteschonende Erfassung, möglichst nahe am Ort der Abfallentstehung. In der Regel ist die bisher praktizierte Erfassung nicht auf Wiederverwendung angelegt und führt durch mögliche Beschädigungen eher zu einer Verhinderung der Wiederverwendung;

- Einführung von Deponie- und Verbrennungssteuern;
- Quantifizierte Zielvorgaben etwa für eine absolute Verringerung der Menge der Gewerbe- und Siedlungsabfälle pro Einwohner bis zum Jahr 2021.

Es sei darauf hingewiesen, dass auch die Bundesländer ihr eigenes Abfallprogramm aufstellen können. Tun sie es nicht, gilt das Bundesprogramm auch für sie.

#### *Mehrweg und Mehrfachnutzung*

Mehrwegnutzung und Wiederverwendung von Produkten und Verpackungen sind wesentliche Elemente der Abfallvermeidung und somit auch des Ressourcenschutzes. Trotz bestehender Vorgaben etwa in der Verpackungsverordnung nimmt der Mehrweganteil bei den Getränkeverpackungen jedoch ab. Aus ökologischer Sicht wäre das Gegenteil wünschenswert: Mehrwegsysteme sind in der Ökobilanz den Einwegsystemen überlegen oder zumindest ebenbürtig. Zudem weisen sie positive Arbeitsmarkteffekte auf.

Auch wenn dies von den Befürwortern von Einwegsystemen häufig anders dargestellt wird, gibt es nur für einige großvolumige Flaschen (1,5 Liter-Flaschen für kohlen-säurehaltige Getränke) eine Ökobilanz, die unter ganz bestimmten Bedingungen nicht schlechter ist als etwa 0,75 Liter-Getränkemehrwegflaschen. „Die PET-Mehrwegflaschen des GDB-Pools (GDB: Genossenschaft Deutscher Brunnen) sind die ökologisch günstigsten Getränkeverpackungen, hier gibt es eine klare Kaufempfehlung.“ schreibt das IFEU eindeutig als Verfasser der Studie „Einweg und Mehrweg - Aktuelle Ökobilanzen im Blickpunkt“ (Detzel et al. 2010).

Es gibt zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten, in denen Mehrwegverpackungen bzw. -verpackungssysteme vorteilhaft sein können. Mehrwegverpackungen könnten im größeren Maß für Getränke und Lebensmittelkonserven, aber auch für die Anlieferung von Reinigungsmitteln und anderen Konsumartikeln eingesetzt werden. Dass diese Lösungen auch außerhalb der klassischen Bereiche Bier, Mineralwasser und Erfrischungsgetränken praktika-

bel sind, zeigt dass sie schon derzeit bei Honig, Milch und Joghurt eingesetzt werden, auf regionalen Wochenmärkten auch noch bei anderen Milchprodukten (z.B. Quark) sowie bei Wurstwaren und Marmelade. Auch Reinigungsmittel und Wein werden vereinzelt in Mehrweg angeboten, vor allem im Bioeinzelhandel.

Im Handel gibt es derzeit eingespielte Lösungen, die auf Mehrwegtransportsysteme setzen, wie z.B. bei Gemüseboxen.

Mehrfachnutzung meint die wiederholte Nutzung eines Produktes, wenn etwa der Erstnutzer kein Interesse oder keinen Bedarf mehr an der Nutzung hat und das Produkt nicht entsorgt, sondern an andere Nutzer weitergibt. Die Mehrfachnutzung von Produkten stößt durchaus auf Interesse bei Verbrauchern, wenn sie durch zuverlässige und einfache Einrichtungen ermöglicht wird. Wo geeignete und einfach zu handhabende Voraussetzungen vorliegen, funktionieren Second-Hand-Märkte. Dies gilt nicht nur für Fahrzeuge und andere hochpreisige Gegenstände. Die Tatsache, dass eine beträchtliche Zahl von Verbrauchern bei Internetanbietern gekaufte Artikel nach Gebrauch wieder über deren Internetportale als gebraucht verkaufen, zeigt eine generelle Bereitschaft auch im Niedrigpreissektor.

Beispiele für funktionierende Second-Hand-Märkte finden sich für gebrauchte Kleidung, insbesondere für kleine Kinder, aber auch für Erwachsene, für Gebrauchtgeräte wie Elektrogroßgeräte und Elektronik, auch für Möbel und Einrichtungsgegenstände, Fahrräder, Spiel- und Sportartikel. Das Spektrum kann sicherlich erweitert werden. Ziel sollte sein, einfach zu handhabende Strukturen zu schaffen, die nach Möglichkeit regional funktionieren.

Darüber hinaus gibt es noch zahlreiche andere wichtige Aspekte der Abfallvermeidung. Wie ausgeführt, wird Bauschutt aus dem Hochbau hauptsächlich für Verfüllungen und für den Straßenbau verwendet, im Hochbau hingegen so gut wie gar nicht. Hier besteht angesichts der ganz erheblichen Bauschuttmengen und des großen Energie- und Materialbedarfs zur Herstellung von Baustoffen drin-

gender Handlungsbedarf in punkto Abfallvermeidung. In den kommenden Jahren müssen Projekte zum schonenden Rückbau von Gebäuden entwickelt und durchgeführt werden, um den Einsatz von Baustoffen und einzelnen Bauelementen bei der Herstellung von neuen Gebäuden möglich zu machen. Daneben sollte auch die Renovierung bestehender Gebäude stärker gefördert werden als bisher. Allerdings gibt es das Problem, dass eine optimale Wärmedämmung von bestehenden Gebäuden in manchen Fällen nicht oder nicht mit vertretbarem Aufwand zu erzielen ist. Um so mehr sind Projekte zum schonenden Rückbau von Gebäuden erforderlich.

#### *Elektronikabfälle, Elektroaltgeräte und Elektroschrott*

Die **WEEE-Richtlinie** (Waste Electrical and Electronic Equipment) der EU verpflichtet Hersteller und Importeure, Altgeräte unentgeltlich zurückzunehmen, sowie deren Verwertung zu garantieren. Die neue Fassung der WEEE-Richtlinie setzt das Ziel, ab 2019 eine Erfassung in einem separaten System von 85 % für Altgeräte, die in dem betreffenden Land hergestellt wurden, oder 65 % für die Geräte, die auf den Markt gebracht wurden, zu erreichen. Die Richtlinie legt außerdem Recyclingquoten für bestimmte Produktgruppen fest. Darüber hinaus soll sie durch Vorgaben zur Kontrolle exportierter Geräte sicherstellen, dass die illegalen Elektro- und Elektronikschrottexporte eingedämmt werden. Die WEEE-Richtlinie ermöglicht den EU-Mitgliedstaaten eigene Regelungen zum Produktdesign einzuführen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Richtlinie durch die Rücknahmepflicht einen gewissen Druck auf die Produzenten ausübt, die Recyclingfähigkeit etwa durch leichtere Komponententrennung bei Großgeräten zu verbessern. Insbesondere für die meisten Kleingeräte ist der Demontageaufwand jedoch eher nicht wirtschaftlich, so dass in vielen Fällen nach wie vor Schreddern und automatische Separierung am Beginn der Recyclings stehen wird. Auf das Ziel der Abfallvermeidung von EEE wird hingewiesen, konkrete Schritte werden jedoch nicht benannt.

Schadstoffgehalte in Elektro- und Elektronikgeräten werden über die ROHS-Richtlinie geregelt.

Laut ElektroG (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten) müssen pro Kopf 4 kg Elektroschrott erfasst und einem Recycling zugeführt werden. Tatsächlich liegt die Quote mit durchschnittlich 8,2 kg für die Jahre 2006 bis 2010 deutlich darüber. Diese Zahl ist dennoch unbefriedigend:

1,73 Millionen t Elektro- und Elektronikgeräten wurden 2010 auf den Markt gebracht, nur 777.000 t wurden eingesammelt. Das ist weniger als 45 %, eine Zahl, die Handlungsbedarf signalisiert, auch wenn nicht außer Acht gelassen werden darf, dass der Bestand an Geräten mit der Zeit wächst. Nur 35 % der Haushaltsgroßgeräte und 41 % der Haushaltskleingeräte werden erfasst (BMU 2012).

Vor dem Hintergrund, dass

- es sich um beträchtliche Schadstoffmengen (Blei, Cadmium, Chrom, Polybromierte Biphenyle, Polybromierte Biphenylether und andere) handelt, andererseits
- große Mengen wertvoller und knapper Ressourcen in den Geräten enthalten sind,
- und Recycling in der Praxis nur für wenige Wertstoffe stattfindet,

ist eine Verbesserung der Erfassung und eine wesentliche Intensivierung des Recyclings einschließlich einer Ausdehnung auf bisher nicht erfasste Ressourcen dringend erforderlich (vgl./siehe Kapitel 3.2.4).

Das Potential wertvoller und kritischer Rohstoffe in Elektronikartikeln und Elektrogeräten ist beträchtlich. So enthalten allein 1 Million Mobiltelefone u. a. etwa 9 t Kupfer, 250 kg Silber, 24 kg Gold und 9 kg Palladium. Eine Million PC bzw. Laptops enthalten u. a. rund 500 t Kupfer, 1,2 t Silber, 200 kg Gold und 80 kg Palladium. Dabei handelt es sich nur um eine Auswahl von Wertstoffen und um einen kleinen Anteil des gesamten deutschen Recyclingpotentials, das insgesamt deutlich größere Gerätezahlen und eine vielfache Zahl von Gerätetypen umfasst (Buchert et al. 2007).

<sup>2</sup> Nach dem ElektroG (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten) ist der Besitzer von Altgeräten verpflichtet, sie einer separaten Entsorgung zuzuführen.

Recycling wird durch folgende Gegebenheiten erschwert:

- Die Erfassung von Elektrokleingeräten und elektronischen Geräten ist unzureichend. Ein Holsystem für Elektro(nik)kleingeräte ist nicht die Regel. Viele Geräte werden deshalb – trotz gesetzlicher Verpflichtung des Nutzers zur Getrennterfassung<sup>2</sup> – über den Restmüll entsorgt. Annahmestellen erfordern oft relativ weite Anfahrten, die für einzelne Kleingeräte kaum in Kauf genommen werden und zu zusätzlichem Energieverbrauch führen. Die (freiwillige) Rücknahme der Elektroaltgeräte, Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen durch den Handel erfolgt oft nicht.

Würde dagegen eine für den Verbraucher einfache und nachvollziehbare Erfassung angeboten, wird diese durchaus angenommen, so ergab eine Aktion zum Handyrecycling in Bayern einen Rücklauf von etwa 70.000 Handys. Je kürzer die Wege vom Verbrauch zur separaten Erfassung sind, desto erfolgreicher ist sie.

- Auch an kommunalen Annahmestellen findet eine wertstofforientierte Sortierung von Elektronikabfällen oft nicht statt. Die Geräte werden an Unternehmen weitergeleitet, die Recycling in sehr unterschiedlicher Qualität durchführen. Die weiteren Wege der Altgeräte sind häufig unbekannt und nicht nachvollziehbar. Häufig ist, neben Eisenmetallen, Kupfer das einzige Metall, das in nennenswertem Umfang separiert wird. Im ungünstigsten Fall wurde und wird Elektronikschrott falsch deklariert als Gebrauchtgerät in afrikanische Länder verschifft, mit katastrophalen Folgen für die Umwelt und die Gesundheit der dort tätigen Menschen. Die Kontrolle dieser Exporte ist bisher sehr unzureichend.
- Größere Elektroaltgeräte einschließlich Unterhaltungselektronik und Rechnern werden häufig über den Sperrmüll erfasst. Vor der Abfuhr durch den kommunalen oder privaten Entsorgungsbetrieb findet oft ein Absammeln durch private Unternehmen statt, die neben Eisen allenfalls Kupfer, oft mit sehr fragwürdigen Verfahren, separieren. Auch hier ist eine Nachvollziehbarkeit der Verbringungswege nicht gegeben.

- Das Recycling einer größeren Zahl von Wertstoffen in Elektronikgeräten ist ausschließlich mittels aufwändiger Verfahren und mit moderner Technologie möglich. Die Anlagen, die dies leisten können, machen das jedoch nur, wenn es vor dem Hintergrund der Marktsituation wirtschaftlich ist.
- Auf Gesamt mengen bezogene Recyclingquoten begünstigen eher Schredder-Technologien als eine selektive Zerlegung der Geräte, die notwendig und sinnvoll wäre (vgl. Buchert et al. 2010).

Bei einer Untersuchung des Produktsegments Notebooks (Buchert et al. 2012) wurde festgestellt, dass nach den Verlusten bei Erfassung, Vorbehandlung und Aufarbeitung die Recyclingquoten niedrig oder häufig bei Null liegen. Insbesondere kritische Rohstoffe, das heißt auf dem Weltmarkt knapp werdende und strategisch wichtige Elemente wie Neodym und Tantal, gehen so weitgehend verloren. Bei Kobalt wird gerade noch knapp 40% wiedergewonnen.

Das Potenzial an Sekundärressourcen für vier wichtige Produktgruppen im Elektronikbereich in Deutschland wurde durch das Ökoinstitut analysiert (Buchert et al. 2012): Flachbildschirme, Notebooks, Smartphones und LEDs. Dabei wurde für folgende Materialien Recyclingpotential aufgezeigt:

- Seltene Erden in Flachbildschirmen und LEDs (Europium, Gadolinium und Yttrium),
- Neodym und Praseodym als Bestandteile von Permanentmagneten unter anderem in Notebooks,
- Die Edelmetalle Gold, Silber und Palladium in Flachbildschirmen, Notebooks und Smartphones,
- Gallium in LEDs/Halbleiterchips
- Indium in Flachbildschirmen und LEDs/Halbleiterchips
- Kobalt in Lithium-Ionen-Batterien von Notebooks und
- Tantal in Notebooks (Kondensatoren).

Die bereits existierenden Anlagen zur Isolierung dieser Sekundärressourcen sollten genutzt werden, um Recycling auch für die bisher nicht einbezogenen Wertstoffe, insbesondere die seltenen Erden und andere wertvolle Metalle zu etablieren. Aber ohne eine schonende Erfassung der Alt-

geräte werden weder die Wiederverwendung, noch die Reparatur, noch das Recycling von Altgeräten möglich sein.

Für die technologisch weniger entwickelten Länder sind die Erfassung und materialorientierte Vorbereitung ihrer Elektro- und Elektronikabfälle möglich. Die letztlich erforderliche Isolierung wertvoller Elemente aus den vorbereiteten Fraktionen sollte zum jetzigen Zeitpunkt jedoch in den großen Anlagen in Europa, Nordamerika und Japan erfolgen, da bisher nur dort die erforderliche Technologie vorliegt. Eine derartige Kooperation schafft Arbeitsplätze in den Entwicklungsländern, diese sollten allerdings mit Unterstützung der Industrieländer auf einen menschenwürdigen und umweltverträglichen Standard gebracht werden. Hierzu gibt es Konzepte, vgl. Manhart und Prakash (2011); BASEL CONVENTION (2011) sowie Hermann (2010).

### 3.2.8 Organisation der Abfallwirtschaft

Ob Abfälle zu Wertstoffen werden, ob ein stoffliches Recycling stattfindet oder ob sie teilweise sogar einer erneuten Wiederverwendung zugeführt werden können, ist in hohem Maß davon abhängig, wie Abfall erfasst wird: Sauber, weil er bereits dort möglichst sortenrein getrennt wird, wo er anfällt; oder mit anderen Abfallfraktionen vermischt, möglicherweise sogar mit schwer abtrennbaren oder kontaminierten Abfällen. Um Abfälle stofflich verwerten zu können, ist es am effektivsten, sie bereits an der Anfallstelle, also im Haushalt oder im Betrieb, getrennt zu sammeln und erfassen.

Die gemeinsame Erfassung aller Abfälle in einer einzigen Tonne („Mischtonne“) mit anschließender Aussortierung von Wertstoffen mit aufwändiger Technik wird aber von den meisten Fachleuten als der falsche Weg betrachtet, denn durch den hohen Verschmutzungsgrad der gemeinsam gesammelten Abfälle lassen sich qualitativ hochwertige Wertstoffe nicht gewinnen, sondern nur solche der 2. und 3. Qualität. Die fehlenden Sekundärrohstoffe der höchsten Qualität würden dann auf dem Markt durch Neeware ersetzt (vgl. Hoffmann 2010).

Aus den hier dargelegten Gründen haben der BUND und seine Landesverbände schon in den 1980er Jahren für die getrennte Erfassung plädiert. Eine große Mehrheit der Bevölkerung in Deutschland sieht das auch so, wie z. B. das Volksbegehren und der Volksentscheid in Bayern 1990 und 1991 gezeigt haben. Es ist also nicht so, dass das „lästige“ Trennen von verwertbaren Abfällen von „oben“ angeordnet worden wäre.

#### *Wertstofftonne und Wertstoffgesetz*

Die im Kreislaufwirtschaftsgesetz und einem darauf folgenden Wertstoffgesetz vorgesehene Einführung einer Wertstofftonne wird aktuell sehr kontrovers diskutiert. Ganz offensichtlich spielen wirtschaftliche Interessen eine größere Rolle als ökologische Vor- und Nachteile. Kommunen und private Entsorgungsdienstleister konkurrieren um die Wertstoffe und Entsorgungsaufträge bzw. um die damit verbundenen Gewinne.

Grundsätzlich dürfte ein Wertstofftonnen-System, das Verpackungen und stoffgleiche Nichtverpackungen erfasst, von der Bevölkerung positiv aufgenommen werden. Es war häufig schwer zu vermitteln, dass etwa Kunststoffverpackungen separat vom Restmüll über den Gelben Sack oder die Gelbe Tonne zu entsorgen sein müssten, Haushaltsgegenstände aus den gleichen Materialien jedoch in den Restmüll gehören sollten. Auswertungen etwa in Göttingen zeigen für die Wertstofftonne eine hohe Qualität der erfassten Abfälle und einen gewissen Anstieg (3 kg pro Jahr und Einwohner) an erfasstem Material (Europaticker 2013).

Wesentlich sind für den BUND folgende Aspekte (BUND 2010):

- Die Erfassung von Abfällen gehört in kommunale Hand. Dies schließt nicht aus, dass Kommunen die Erfassung an private Dienstleister vergeben können, es sichert jedoch den Kommunen die Möglichkeit, Kriterien vorzugeben und ökologisch sinnvolle Vorgaben zu machen. Abfallerfassung darf sich nicht ausschließlich an Profiteure privater Unternehmen orientieren. Dazu kommt, dass die kommunalen Träger eine kontinuierliche Erfassung garantieren können, unabhängig von der aktuellen Marktsituation.

- Ein Nebeneinander privater und öffentlich-rechtlicher Sammlungen ist nicht sinnvoll.
- In allen Kommunen (also den Städten und Kreisen) Deutschlands wird der Restmüll regelmäßig abgeholt und es gibt überall Erfassungssysteme für Altpapier und Glas. Die Abholung von Biomüll ist in Städten und Kreisen eingeführt, und seit 1.1.2015 sind alle Kommunen zur getrennten Erfassung von Biomüll verpflichtet. Daneben sollte eine einheitliche Erfassung der Leichtverpackungen (die schon bisher über den Gelben Sack, die Gelbe Tonne oder über Bringsysteme erfasst wurden) gemeinsam mit den Wertstoffen aus den gleichen Materialien (den „stoffgleichen Nichtverpackungen“) eingerichtet werden.
- Bei der Auftragsvergabe muss es Pflicht werden, soziale und ökologische Aspekte in den Ausschreibungstext als wichtige Nebenbedingungen aufzunehmen.
- Die unter Umständen notwendigen Zuzahlungen für die Verpackungsentsorgung sind durch die entsprechenden Lizenzeinnahmen hierfür möglich. Dies ergibt sich aus der Produzentenverantwortung, die zunächst nicht aufgehoben werden sollte.
- Die unter Umständen notwendigen Zuzahlungen für Wertstoffe, die nicht Verpackungen sind, erfolgen über den kommunalen Gebührenhaushalt; Erlöse für Wertstoffe sind gleichermaßen dem Gebührenhaushalt zuzuführen.

Die Privatisierung des Verpackungsabfalls hat trotz mancher Leistungen und trotz des interessanten Ansatzes der Produzentenverantwortung nicht das gebracht, was im Sinne der Umwelt notwendig gewesen wäre, z. B. einen spürbaren Rückgang der Zahl der Einwegverpackungen.

Die Erfassung und Verwertung von Wertstoffen aus Gewerbebetrieben ist Angelegenheit der privaten Wirtschaft. Kooperation mit öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern ist sinnvoll, z. B. bei Biomüll, und soll auf jeden Fall möglich bleiben.

### Zur Bedeutung von Gebühren

Neben der Schaffung geeigneter technischer und infrastruktureller Gegebenheiten sind zur Verbesserung der Erfassung und zur Erreichung verbesserter Recyclingquoten folgende Schritte sinnvoll:

- Eine Öffentlichkeitsarbeit, die nachvollziehbar den Sinn und die Notwendigkeit frühzeitiger Separierung und sortenreiner Erfassung vermittelt und somit Verhaltensänderungen beim Nutzer ermöglicht.
- Die Kosten für die nachrangige Abfallhandhabung (Deponierung und Verbrennung) sollten hoch sein. Damit wird wirtschaftlicher Druck erzeugt, Abfallvermeidung oder höherrangige Abfallverwertung zu betreiben. Hier können Deponie- und Verbrennungssteuern sinnvolle Elemente darstellen. Diese Steuern gibt es in einigen europäischen Ländern bereits; sie sollten auch in Deutschland und anderen Ländern eingeführt werden.
- Die Kosten für höherrangige Verwertung sollten durch geeignete Rahmenbedingungen eher niedrig gehalten sein. Da höherrangige Verwertung umso effektiver und damit kostengünstiger verlaufen kann, je sauberer die zugeführten Fraktionen sind, sind Erfassungssysteme zu optimieren, möglichst haushaltsnah zu gestalten und in der Regel kostenlos für die Bürger.

Im Verpackungsbereich fordert der BUND ein Verbot der kostenlosen Abgabe von Einmaleinkaufstüten im Handel. Auch Steuern oder Abgaben auf Einwegverpackungen wären grundsätzlich sinnvoll.

## 3.3 Nachhaltig produzieren

### 3.3.1 Anforderungen an nachhaltige Produkte

Eine ressourcenschonende Wirtschaftsweise muss sich daran orientieren, was langfristig an Energie verfügbar ist, etwa durch regenerative Energiequellen, oder was in hinreichender Menge vorhanden ist, um auch langfristig genutzt werden zu können. Dort, wo dies nicht der Fall ist, bleibt eine möglichst geschlossene Kreislaufführung von Rohstoffen das Ziel.

Nachhaltige Produkte sollten die folgenden Anforderungen nach Möglichkeit erfüllen:

- möglichst nachhaltiger Umgang mit Ressourcen: Geringe negative Umweltauswirkungen bei Herstellung, Verbrauch / Gebrauch und Entsorgung, Minimierung externer (ausländischer) Umweltkosten;
- materialeffizient, einschließlich der Verpackung: der Einsatz von möglichst wenig Materialmenge für einen bestimmten Zweck
- bei komplexen Geräten: modular aufgebaut und zerlegbar, somit können Bauteile und Produktelementen wiederverwendet werden;
- langlebig und reparaturfreundlich;
- nachvollziehbare Materialflussskette, sozialverträgliche und nachhaltige Produktion, Transparenz für den „Fußabdruck“ der Produkte;
- schadstoffarm (keine PBT- oder CMR-Stoffe, keine EDCs<sup>3</sup>),
- organische / synthetische zum Verbrauch bestimmte Stoffe (z.B. Waschmittel) müssen biologisch abbaubar sein.

### 3.3.2 Ökodesign

Der Ansatz „Ökodesign“ geht davon aus, dass ein Produkt bereits in einer frühen Phase seiner Entwicklung systematisch dahingehend gestaltet wird, dass die Umweltbelastungen über den gesamten Lebenszyklus minimiert werden. Dies erfordert ein systematisches Vorgehen. Methodische Grundlage einer quantitativer Erfassung der Umweltbelastungen sind Ökobilanzen. Qualitative Bewertungskriterien sind beim Ökodesign ebenfalls zu berücksichtigen.

Die **EU-Ökodesignrichtlinie** war 2005 auf „Energy-Using-Products“ (EuP-Richtlinie) bezogen und wurde 2009 auf „Energieverbrauchsrelevante“ Produkte erweitert. Die Richtlinie wurde durch das deutsche „Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz“ (EVPG) in deutsches Recht überführt. Allerdings sind bisher nur Mindestanforderungen an die Energieeffizienz für bestimmte Elektrogerätegruppen vorgegeben, etwa bei Lampen und Motoren. Das ist aber nur ein erster Ansatz, verbindliche Mindeststandards für Produkte festzuschreiben. Zu den

<sup>3</sup> PBT: persistent, bioakkumulierbar und toxisch; CMR: Kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch; EDC: hor-monartig wirkende Substanzen (endocrine disrupting chemicals)

Aspekten Abfallvermeidung und Wiederverwendung, also den vorrangigen Zielsetzung der Abfall-Rahmenrichtlinie gibt es bisher keine verbindlichen Vorgaben.

Es ist notwendig, diese Richtlinie als echte Öko-Design-Richtlinie auch um andere Produkte zu erweitern. Sie könnte dann ein geeignetes Instrument sein, Abfallver-

meidung z.B. durch lange Produktlebenszeiten und bessere Recyclingfähigkeit etwa durch leichte Zerlegbarkeit von Geräten zu erreichen. Ein weiteres Problem ist das „Nutzungskostenminimum“ in der Richtlinie. Umweltrelevante Verbesserungen, die mit höheren Kosten verbunden sind, werden so nicht realisiert. Ökodesign ist perspektivisch in gewisser Weise der Gegen-

**Cradle-to-Cradle-Konzept:** Ein Beispiel für eine ganzheitliche Betrachtung des Produktlebenszyklus unter ökologischen Gesichtspunkten ist der „Cradle to Cradle-Ansatz“, der einen Schwerpunkt auf naturnahe Kreislaufführung von Produkten und deren Bestandteile legt.

Das Cradle to Cradle-Konzept setzt sich eine zyklische Ressourcennutzung zum Ziel, in der Produktionsweisen und Produktgestaltung daran ausgerichtet sind, dass Materialien nicht zu wertlosem Abfall werden, sondern im Kreislauf geführt werden. Das heißt, entstehende „Abfälle“ sollten immer auch Wertstoffquellen für eine schadlose nächste Nutzung der Ressourcen sein. Materialströme sind so zu gestalten, dass wertlose Abfälle vermieden werden.

„Cradle to Cradle® kennt – wie die Natur – keinen Abfall, keinen Verzicht und keine Einschränkungen. An dieser Stelle zeigt sich aber ein entscheidender Schwachpunkt in diesem Konzept von Michael Braungart, einem der Entwickler dieses Konzeptes und seinem Institut EPEA (EPEA 2013): In der Natur gibt es nicht nur Überfluss, sondern Zeiten des Überflusses folgen Zeiten des extremen Mangels und manche Art ist schon ohne Zutun eines Meteoriten oder der Menschheit ausgestorben.

Auch im Detail löst das Cradle to Cradle-Konzept viele aktuelle Probleme nicht: So wird als Beispiel angeführt, Gebrauchspapiere könnten etwa so produziert werden, dass sie keine problematischen Inhaltsstoffe enthalten und schadlos kompostierbar sind. Die Vorgabe, sie dürf-

ten keine problematischen Inhaltsstoffe enthalten, ist zu begrüßen, aber es wird bei der Kompostierbarkeit übersehen, dass das Recycling von Papier erheblich energieeffektiver ist als die Kompostierung. Und Energie haben die Menschen noch lange nicht im Überfluss, solange eine Energieversorgung mit erneuerbaren und praktisch unerschöpflichen Energiequellen weltweit noch nicht existiert.

Das Cradle-to-Cradle-Konzept ist nicht für den gesamten Produktions- und Konsumbereich einsetzbar. Bei den technischen Kreisläufen, so z. B. Fragen des Energieverbrauchs hat es Schwächen. Zu komplexen und technologisch anspruchsvollen Produkten, etwa im Elektronik- und Energiesektor gibt es viele offene Fragen. Das ist durchaus bedauerlich, denn bei der Gestaltung von Produkten und der Planung von Materialströmen lassen sich ja tatsächlich bereits in einer frühen Phase der Entwicklung die entscheidenden Weichenstellungen für die Ökoeffizienz und eine schadlose Kreislaufführung von Ressourcen vornehmen.

Ein Kongresstitel wie „Die gute Wegwerfgesellschaft. 2. Cradle to Cradle Kongress Österreich“ zeigt, – auch wenn das selbstironisch gemeint sein könnte – dass dieses Konzept ein Versuch ist, die derzeitige Form des Wirtschaftens zu transformieren, ohne sich grundsätzlich mit den Fragen der Bedeutung des Konsums und des Wertes, die Menschen diesem Konsum zuschreiben, auseinander zu setzen. Kritisch ist auch anzumerken, dass ein Bild vollständiger Kreislaufführung vermittelt wird, das in dieser Weise nicht zutrifft.



pol zum Trend, immer billigere Produkte auf den Markt zu werfen, die in der Anschaffung günstig sind, weil sie ökologische und soziale Kriterien bei der Produktion außer Betracht lassen.

Einheitliche Kriterienlisten für ein umfassendes Ökodesign von Produkten existieren bisher nicht. Allerdings gibt es zunehmend Ansätze, in denen Hersteller oder der Handel Anforderungen an eine ökologische Produktgestaltung formulieren. Die Ansätze sind bisher in der Regel auf bestimmte Produktgruppen (z.B. Elektrogeräte, Baumaterialien etc.) zugeschnitten. Es gibt keine Standardlösungen, in der Regel ist für jedes Produkt Entwicklungsarbeit zu leisten. Kreativität und Entwicklungsaufwand bei der Planung von Produkten zur Minimierung des „ökologischen Rucksacks“ des Erzeugnisses zu fokussieren sollten jedoch beträchtliche Verbesserungen erlauben. Ökologische Zielsetzung muss immer eine ganzheitliche Betrachtung des Lebenszyklus des Produktes sein.

Unter Ökodesign fallen auch diejenigen Produktentwicklungen und Nutzungskonzepte, in denen bekannte Schwachstellen bestimmter Produktkategorien durch innovative und nachhaltige Lösungen verbessert werden. Beispiele dafür sind etwa die im Rahmen eines Ecodesign-Wettbewerbes ausgezeichneten Gegenstände und Konzepte (siehe Kasten).

Nach Ansicht des Wuppertal-Institutes sind auch die folgenden, in ihrem Ressourcenatlas vorgestellten Entwicklungen interessante Beispiele für Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz. (von Geibler et al. 2011): Eine ortsunabhängige Windkraftanlage für große Höhen; landwirtschaftliche Produktion in städtischen Hochhäusern mit hocheffizienten Technologien; Farbstoffrecycling; Lokale Partnerschaften für den know-how-Austausch durch Networking; mobile Reparatur- und Servicestellen an Orten mit hoher Kundenfrequenz; Chemieleasing (s. Abschnitt 3.3.3); eine neue Bandgießtechnik für die Stahlherstellung bei verbesserter Effizienz; Grüner Zement, der 50% weniger Energie erfordert; Windantriebssystem „Sky Sails“, große Zugsegel, um Treibstoff bei Schiffen einzusparen;

#### Beispiele: Gewinner des Bundespreises Ecodesign

Ausgezeichnet wurden zum Beispiel Produkte mit gesteigerter Energieeffizienz, wie etwa ein besonders sparsamer Staubsauger und ein Gabelstapler mit Hybridmotor und Bremsenergieerückgewinnung.

Es finden sich jedoch auch Ansätze, die über das reine Energiesparen hinausgehen:

Ein „Veränderungsatelier“ in Berlin, das neue und neugestaltete Kleidung aus gebrauchten Textilien und/oder aus GOTS-geprüften Ökotextilien herstellt.

Oder das „Nachbarschaftsauto“ als ein Produkt-Dienstleistungs-System, das das private Autoverleihen einfacher und sicherer macht.

Auch Möbel, deren Komponenten austauschbar, reparaturfreundlich, sortenrein und damit gut recyclingfähig sind, werden vorgestellt.

Schadstoffarmut und Energieersparnis sind die entscheidenden Merkmale eines Wärmedämmungs-Verbandsystems, das – im Gegensatz zu den meisten Systemen – ohne Biozide auskommt.

Strom sparen durch Reduzierung des Datenmülls im Internet ist ein Konzept für Server. Dabei besteht die Möglichkeit, Daten ein „Haltbarkeitsdatum“ zuzuschreiben, nach dem sie automatisch gelöscht werden und keine Ressourcen mehr verbrauchen.

Quelle: [www.bundespreis-ecodesign.de/](http://www.bundespreis-ecodesign.de/)

eine biologisch abbaubare Einwegtoilette; Bauen mit Stroh und andere.

Aussagen von ADIDAS, die Beschaffungskette ökologisch auszurichten (ADIDAS 2013), oder von PUMA, die eine Bilanzierung ihrer ökologischen Kosten in ihrem Geschäftsbericht vorgenommen und veröffentlicht haben (Quelle: TAZ 16.05.2011) sind ebenfalls erste Schritte zu nachhaltigen Produkten und Produktionsverfahren.

Bei der „**Geplanten Obsoleszenz**“ wird dagegen die kurze Lebensdauer gezielt vom Produzenten herbeigeführt, indem Schwachstellen eingebaut, Reparatur- oder Austauschmöglichkeiten erschwert oder sogar Zählwerke eingebaut werden, die nach bestimmten Nutzungszyklen die Funktionsfähigkeit abstellen. Bekannte Beispiele sind die herkömmlichen Glühlampen, deren Lebensdauer systematisch verkürzt wurden, Handys, deren kurzlebiger Akku nicht austauschbar ist, oder Drucker bzw. Druckerpatronen, die so gestaltet werden, dass nach einer bestimmten Nutzungsdauer der Neukauf als wirtschaftlichste Lösung erscheint. Außerdem lässt sich beobachten, dass auf Grund eines Kostendiktats immer billigere Bauteile eingesetzt werden und immer weniger in Qualitätssicherung investiert wird.

### 3.3.3 Nachhaltige Konzepte

Konzeptionelle Neuerungen können zur Verringerung der ökologischen Belastungen im Produktionsbereich beitragen:

- **Neue Geschäftsmodelle: Chemieleasing**  
Anstelle der eigenen Bereitstellung (Besitz und Vorhaltung) von Hilfsprodukten wie Chemikalien können stärker Dienstleistungsmodelle in die Geschäftskonzepte einbezogen werden. Das heißt etwa, dass bestimmte Stoffe (z. B. lösemittelhaltige Klebstoffe) nicht mehr gekauft werden müssen, sondern eine bestimmte Problemlösung (z. B. Sicherstellung einer Lösung für Klebverbindungen) an Anbieter vergeben wird, die dafür besondere Fachkompetenz haben. Die Frage nach den optimalen und umweltverträglichsten Einsatzstoffen läge dann genauso bei den Dienstleistern wie die Bereitstellung dieser Hilfsstoffe und die Verwertung bzw. Entsorgung von Abfällen und nicht mehr benötigten Restmengen. Ein darauf spezialisierter Dienstleister kann häufig bessere und ökologisch sinnvollere Lösungen anbieten.
- **Kaskadennutzung**  
Die Kaskadennutzung ist die Nutzung gebrauchter Güter (Roh- und Hilfsstoffe) für weniger anspruchsvolle Anwendungen. Zum Beispiel können Holzreste, Ver-

schnitt oder auch gebrauchtes Holz, soweit sie nicht mit Schadstoffen belastet sind, zur Herstellung von Produkten wie Spanplatten und ähnlichem in der Möbelindustrie eingesetzt werden. Reste und Abfälle aus dieser Produktion sind entweder erneut recyclingfähig oder ermöglichen zumindest eine energetische Nutzung. Kaskadennutzungen sind auch für (wieder zurückgewonnene) Lösemittel oder Chemikalien vorstellbar, die in der zweiten Nutzung geringere Anforderungen an die Reinheit erfüllen müssen.

Abfälle in einer Produktionsstätte können Wertstoffe in einer anderen Produktionsstätte sein. Materialbörsen können hier hilfreich sein.

- **Geschlossene Kreislaufführungen**

Mit Chemikalien belastetes Abwasser, benutzte Lösemittel, Kühl- und Schmiermittel wurden häufig als Abfall zur Entsorgung betrachtet, da sie ohne weiteres nicht mehr einsetzbar waren. Es reichen oft einfache Aufreinigungs- oder Regenerierungsschritte, um diese Stoffe erneut einzusetzen. Derartige Kreislaufführungen sind in aller Regel mit beträchtlichen ökologischen Vorteilen verbunden. Dazu gehört die Verringerung der Emissionen, ein geringerer Einsatz neuer Stoffe und schließlich eine beträchtliche Verringerung der Abfallmengen.

## 3.4 Nachhaltig nutzen statt verbrauchen

### 3.4.1 Sind wir nur „Verbraucher“?

Es ist schon bemerkenswert, dass sich zahlreiche Menschen selbstverständlich als „Verbraucher“ definieren. Dabei enthält schon das Wort „ver-“brauchen einen negativen Aspekt, der genauso wie in den Wörtern verschwenden, vergeuden, verderben, verlernen, vergehen und andere häufig eine Wertminderung des Objektes und seiner Bedeutung impliziert. Auch das Wort Konsument, abgeleitet von lateinisch „consumere“ hat diese negative Assoziation, das Wort wurde zum Beispiel auch in militärischen Zusammenhängen benutzt, etwa um das Aufreiben einer gegnerischen Armee zu beschreiben.

Anstatt den Fokus auf das „Ver-“brauchen zu legen, sollte er auf das Erhalten, auf eine nachhaltige Nutzung der Werte gerichtet werden, die wir der Natur entnehmen. Dies könnte entscheidende Veränderungen beim Kaufverhalten und der Auswahl der Produkte, aber auch bei der Frage, welche Bedürfnisse wir befriedigen müssen und wollen, zur Folge haben.

Zudem ist die Frage, ob mit zunehmendem Konsum auch eine Zunahme an Lebensqualität verbunden ist. Oft ist das Gegenteil der Fall: Die Orientierung an quantitativen Statussymbolen als Kriterium für Erfolg, wie etwa der Besitz von möglichst großem Auto, Boot, Haus etc., ist für den Einzelnen des öfteren nicht nur eine ökonomische Belastung, sondern auch mit Zeitstress und Vernachlässigung sozialer Kontakte verbunden. Es wäre angebracht, mehr auf qualitative Ziele zu setzen: Bildung, Gesundheit, Ruhe, freie Zeit, soziale Kontakte und Ähnliches. Auch die Frage nach einer intakten Umwelt muss bei der Definition von Lebensqualität einbezogen werden.

#### 3.4.2 Anders kaufen - bewusst auswählen

Notwendige Anschaffungen und notwendiger Konsum sollten möglichst nachhaltig und wenig umweltbelastend sein. Nachhaltigkeit als Kriterium bei Kaufentscheidungen erfordert allerdings Kenntnisse über die Artikel. Deren ökologische Auswirkungen müssen vergleichbar sein, es muss Kriterien zur Auswahl geben. Käufer sind da häufig überfordert. Umweltsiegel, Zertifikate, Selbstverpflichtungen und andere Auszeichnungen von Produkten sind nicht immer zuverlässig. Der Käufer sollte Transparenz einfordern. Informationsrechte der Käufer müssen allerdings auch wahrgenommen werden. Nur dann wird auf die Hersteller Druck ausgeübt, um ökologische Kriterien hinreichend zu berücksichtigen. Als Beispiel sei das Verbraucherinformationsrecht nach dem neuen Chemikaliengesetz REACH genannt, das jedem Käufer das Recht einräumt, innerhalb einer bestimmten Frist vom Händler zu erfahren, ob im Produkt besonders besorgniserregende Chemikalien enthalten sind.

Verbraucherverbände sollten verstärkt ihre Aufgabe auch darin sehen, Informationen zu den ökologischen Belastungen von Produkten und deren ökologischem Fußabdruck einzufordern, sie zu kommunizieren und Alternativen aufzuzeigen.

#### *Kriterien für den Einkauf*

Einige der bereits genannten globalen Bemessungsgrundlagen wie ökologischer Fußabdruck oder verständliche Zusammenfassungen von Ökobilanzen stehen häufig nicht zur Verfügung. Dennoch sind viele Informationen zu Eigenschaften von Produkten oft ohne größere Mühe zu erlangen. Quellen sind z. B. die Verbraucherberatung, die Stiftung Warentest und die Zeitschrift Ökotest, aber auch die Umweltverbände, die problematische Produkte aufzeigen und Tipps geben. Zu den Kriterien, die von den Käufern berücksichtigt werden sollten, gehören unter anderem:

- Energieverbrauch von Elektrogeräten beim Betrieb
- CO<sub>2</sub>-Fußabdruck: zu vielen Materialien gibt es vergleichende Aussagen (Aluminium im Vergleich zu Kunststoffen,...), manche Hersteller machen auch Angaben zur Quelle der eingesetzten Energie (CO<sub>2</sub>-neutral ...);
- Wasserfußabdruck (virtuelles Wasser), hierzu gibt es zahlreiche Veröffentlichungen für den Käufer (vgl. z. B. Vereinigung Deutscher Gewässerschutz);
- Die Reparaturfreundlichkeit sollte ebenfalls Kriterium sein. No-Name-Hersteller bieten häufig keinen Service und keine Ersatzteile. Renommierete Hersteller sollten dies tun, leider ist dies auch nicht immer der Fall. Dazu sollte der Fachhandel Aussagen machen können;
- Wiederverwendbarkeit: Keine Einmalartikel, wo Mehrfachnutzung möglich ist, Mehrweg bevorzugen;
- ökologisches Profil des Herstellers: Umweltmanagementsystem, Verpflichtung zu Umwelt- und Sozialstandards, die über das gesetzliche Mindestmaß hinausgehen;
- Transparenz hinsichtlich der Vorprodukte: Wo lässt der Hersteller produzieren, unter welchen Bedingungen?
- Materialzusammensetzung (nachwachsende Rohstoffe, knappe Rohstoffe, besonders energieverbrauchende Rohstoffe etc.);

- Und schließlich: Eine kritische Betrachtung, ob Menge und Größe der gewünschten Produkte angemessen ist.

### 3.4.3 Nutzen statt besitzen: Neue (und alte) Nutzungskonzepte

Jeder Konsum ist direkt oder indirekt mit der Nutzung natürlicher Ressourcen verbunden. Die effektivste Form des Ressourcenschutzes ist, Konsum zu reduzieren. Dies wird jedoch wenig Erfolg haben, wenn es als „Verzicht“ empfunden wird. Tatsächlich kann jedoch die Abkehr vom besitzorientierten Leben mit einem Gewinn an Freiheit, Kreativität und Wohlergehen verbunden sein (vgl. Paech, 2012). „Own less, live more“ und ähnliche Aufrufe drücken die Vorstellung einer Lebensqualität aus, die Anschaffung, Aufbewahrung und Pflege von zu vielen Dingen als Geld-, Zeit-, Energie- und Ressourcenverschwendung, aber auch als persönlich einengend empfinden.

Auch durch intelligente Nutzung und neue Nutzungskonzepte kann erreicht werden, dass der Konsum reduziert wird, ohne die Lebensqualität zu verringern. Schon seit jeher gibt es Beispiele für die gemeinsame Nutzung von Geräten, etwa die gemeinsame Benutzung von Waschmaschinen und Trocknern in Mehrfamilienhäusern und in Waschsaloons. Öffentliche Büchereien gibt es ebenfalls schon seit Jahrzehnten. Ganz abgesehen von öffentlichen Verkehrsmitteln und vom Fahrrad: Leihwagen oder die gemeinsame Nutzung eines Fahrzeuges können auch ohne eigenen Fahrzeugbesitz die gewünschte Mobilität sicherstellen. Als inzwischen bereits etabliertes Konzept kommt auch das Carsharing hinzu, das von einer Reihe von Unternehmen angeboten wird.

**Nutzen statt besitzen** ergibt ebenfalls Sinn bei Werkzeugen, selten genutzten Geräten im Haushalt wie Babywägen, Sportartikeln wie Booten und selten genutzter Spezialausrüstung und vielen anderen Dingen.

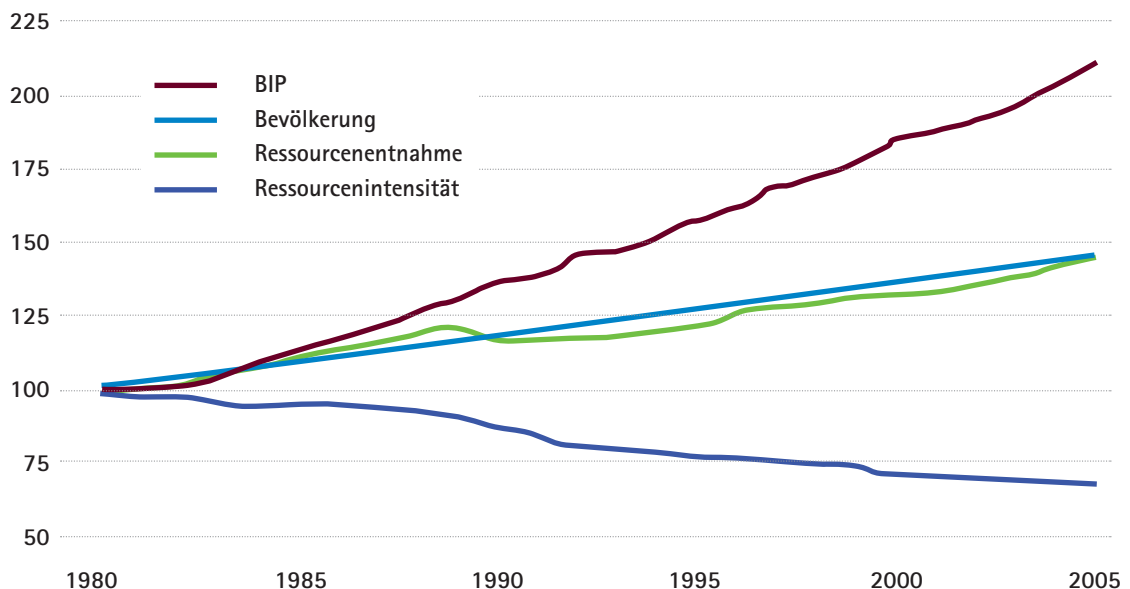


Abb 8: Wachstum der weltweiten Wirtschaftsleistung bei sinkender Ressourcenintensität (1980 bis 2005). Die Ressourcenentnahme steigt dennoch. Aus: Global 2000, 2009.

Neue Formen des Zusammenlebens erlauben auch neue Konsummuster, die über die gemeinsame Nutzung von Waschmaschinen und anderen Haushaltsgeräten hinausgehen. Sofern dies alles überhaupt gebraucht wird: Gemeinsame Gästezimmer und ein gemeinsamer Bestand an Fahrzeugen, Geräten und Unterhaltungselektronik können hochgradig ressourcenschonend sein.

Auch Mehrfachnutzung, **Second-Hand-Nutzung** und andere Formen der Wiederverwendung und Instandsetzung sind wesentliche Instrumente für das Einsparen von Ressourcen. Märkte für Second-Hand-Textilien, insbesondere für Kinder, funktionieren hervorragend, reduzieren die Kosten für die Eltern, reduzieren die Schadstoffbelastung durch chemisch ausgerüstete Textilien (weil die ja inzwischen mehrfach gewaschen sind), und reduzieren den Ressourcenverbrauch zur Herstellung der Textilfasern und der daraus entstehenden Kleidung.

Second-Hand-Märkte sind auch für andere Artikel ausbaufähig. Bei guter Infrastruktur sind sie attraktive und kommunikative Orte, an denen Ressourcenverschwendung verringert wird. Flohmärkte sind schon seit über 100 Jahren ein gutes Beispiel für diese Idee.

**Reparieren** von technischen Geräten war aus der Mode gekommen, das einfache „Wegwerfen und Neukaufen“ schien attraktiver. Hier scheint es erste Ansätze zu einer Veränderung zu geben. Nicht nur bei Fahrrädern, auch bei Unterhaltungselektronik und technischen Geräten für Haus und Garten gibt es zunehmend Interesse am Reparieren, es entstehen Reparaturinitiativen, die sich zum Teil mit hoher Kompetenz auch an Geräte begeben, die als schwer reparierbar gelten (Beispiel [www.ifixit.com](http://www.ifixit.com) für Apple-Geräte).

### 3.5 Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum

Kann die Idee des nachhaltigen Wachstums für bestimmte Segmente der Wirtschaft funktionieren? In Deutschland hat bei einem zwar geringen, dennoch stetigen Wirtschaftswachstum eine gewisse Entkopplung vom Energieverbrauch stattgefunden. Dies ist durch die zunehmende Nutzung regenerativer Energien erklärbar, also durch einen qualitativen Sprung in der Technologie bei gleichzeitig vorhandenem politischen Willen und langfristig absehbarer Wirtschaftlichkeit.

Ein solche Situation wie diese ist aber nicht repräsentativ. Insgesamt belegt die Betrachtung der Ressourceneffizienz, dass sie zwar durch technologische Fortschritte steigt, jedoch insgesamt nicht zu einem Minderverbrauch führt.

Die Ressourcenintensität, definiert als Ressourcenverbrauch pro Wertschöpfung sinkt. Dies ist gleichbedeutend mit der Steigerung der Ressourceneffizienz. Abbildung 8 zeigt zwar über einen Zeitraum von 25 Jahren einen tatsächlich stattfindenden Anstieg der Ressourceneffizienz, nicht jedoch ein Sinken des Ressourcenverbrauchs.

Ein Grund für den Anstieg der Ressourcennutzung bei gestiegener Ressourceneffizienz kann eine effizientere und materialschonendere Produktion sein: Der Ressourcenverbrauch pro Produkt sinkt aufgrund technologischer Entwicklungen und Rohstoffminimierung. Dies führt jedoch nicht automatisch zu absolut sinkendem Ressourcenverbrauch, weil die Produkte billiger werden können und somit in größerer Zahl gekauft werden (Rebound-Effekt). Einsparungen können so teilweise oder vollständig zunichte gemacht werden (Beispiel: Mobiltelefone).

Der sogenannte „Rebound-Effekt“ kann die Einsparungen durch Effizienzgewinne zumindest teilweise dadurch zunichte machen, dass das eingesparte Geld für zusätzlichen Konsum ausgegeben wird. Das müsste theoretisch zwar nicht so sein, denn es könnte ja auch für Investitionen zur Verminderung des Ressourcenverbrauchs verwendet werden. In der Praxis haben die Effizienzgewinne der letzten Jahrzehnte in Deutschland nicht zu einer

Abnahme, sondern nur zu einem verlangsamten Anstieg des Ressourcenverbrauchs geführt. Die Beobachtung, dass mehr Effizienz zu mehr Verbrauch führen kann, ist auch als „Jevons‘ Paradox“ bekannt.

qualität empfunden. Weniger ist aber einfacher, im Sinne von „Weniger ist leichter“. Es wird darauf ankommen, ein positives Bild einer weniger materiell orientierten Gesellschaft zu zeichnen.

Wachstumskritiker machen deutlich, dass Wachstum kein Selbstzweck sei, menschliches Wohlergehen sei nicht an materielles Wachstum gebunden. Ressourceneffizienz, Recycling, erneuerbare Energien und striktere Umweltgesetzgebung sind zwar notwendige Elemente für eine Zukunftsfähigkeit. Aber das Wirtschaftswachstum könne die Einsparungen durch die erzielten Effizienzverbesserungen früher oder später zunichte machen.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen führt dazu aus: „Absolute Entkopplung ist erst dann erreicht, wenn trotz Wirtschaftswachstums der absolute Umfang des Umweltverbrauchs zurückgeht. [...] Die Hoffnung, die Entwicklung reicher Länder hin zu Dienstleistungsgesellschaften würde ihren ökologischen Fußabdruck von selbst reduzieren, hat sich nicht erfüllt. So wurde beispielsweise aufgezeigt, dass Einkommen ein wesentlicher Treiber für höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen und eine Reihe anderer Umweltbelastungen ist (BRADSHAW et al. 2010). Im Durchschnitt geht eine Verdopplung des Wohlstands mit einem Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf um 80% einher (UNEP und IPSRM 2010).“ (SRU 2013).

Der BUND fordert eine Politik, die sich an dem Dreiklang „besser, anders, weniger“ orientiert:

- Dematerialisierung (Effizienz),
- Naturverträglichkeit (Konsistenz) und
- Selbstbegrenzung (Suffizienz).

Es geht aber nicht nur um die Politik. In demokratischen Gesellschaften müssen Veränderungen letztlich von der Mehrheit der Bevölkerung gewollt werden. Ein Umdenken hinsichtlich der Werte und Ziele muss stattfinden. Dies bedeutet einen Bewusstseinswandel in der Bevölkerung, um auch die notwendigen politischen Rahmenbedingungen zu ermöglichen. Wohlstand oder Lebensstandard werden bisher eher als „Lebensquantität“ denn als Lebens-

## 4 Glossar (UBA 2012a)

### **Geologische Ressource**

Im geologischen Kontext die Mengen eines Rohstoffs, die geologisch nachgewiesen sind, aber aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht gewonnen werden können und die Mengen, die nicht nachgewiesen sind, aber aus geologischen Gründen in dem betreffenden Gebiet erwartet werden können.

International, so z. B. im englischen Sprachgebrauch, werden davon abweichende Definitionen für „Resources“, „Reserves“, „Reserve Base“ verwendet.

### **Lagerstätte**

Natürliche Anhäufung nutzbarer Minerale und Gesteine, die nach Größe und Inhalt für eine wirtschaftliche Gewinnung in Betracht kommen können.

### **Ressource**

Mittel, das in einem Prozess genutzt wird oder genutzt werden kann. Eine Ressource kann materieller oder immaterieller Art sein.

Wird im umweltwissenschaftlichen Kontext der Begriff „Ressource“ verwendet, ist damit eine „natürliche Ressource“ gemeint.

Anders als hier wird der Ressourcenbegriff oft auch sehr eng gefasst im Sinne von Rohstoffen verwendet.

### **Rohstoff**

Stoff oder Stoffgemisch in un- oder gering bearbeitetem Zustand, der/das in einen Produktionsprozess eingehen kann.

Man unterscheidet Primär- und Sekundärrohstoffe. Weitere Unterscheidungen, wie in erneuerbare und nicht erneuerbare, biotische und abiotische Rohstoffe, sind gängig.

### **Rohstoffreserve**

Nachgewiesene, zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbare Mengen aus Rohstofflagerstätten.

### **Statische Reichweite**

Verhältnis aus Rohstoffreserve und weltweiter Jahresförderungsmenge eines Rohstoffs, angegeben in Jahren.

Die Statische Reichweite gibt lediglich eine Momentaufnahme in einem dynamischen System an. Sie kann nicht als Größe für die Lebensdauer der Reserven interpretiert werden. Sie ist ein Indikator, der den Bedarf für Exploration und Recycling eines Rohstoffs anzeigt.

### **Vorkommen**

Natürliche Anhäufungen nutzbarer Minerale und Gesteine, die nach Größe und Inhalt nicht für eine wirtschaftliche Gewinnung in Betracht kommen. Siehe auch Lagerstätte

## 5 Quellen

- **BASEL CONVENTION (2011)**. Where are WEEE in Africa? Findings from the Basel Convention, [www.resourcefever.org/detail/items/where-are-weee-in-africa-findings-from-the-basel-convention.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/where-are-weee-in-africa-findings-from-the-basel-convention.html)
- **BIO Intelligence Service (2013)**. Sectoral Resource Maps. Prepared in response to an Information Hub request, European Commission, DG Environment. Authors: Mudgal S, Tan A, Pahal S, Giljum S, Brückner M.
- **BMELV (2012)**. Ermittlung der Mengen weggeworfener Lebensmittel und Hauptursachen für die Entstehung von Lebensmittelabfällen in Deutschland. [www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie\\_Lebensmittelabfaelle\\_Faktenblatt.pdf](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie_Lebensmittelabfaelle_Faktenblatt.pdf)
- **BMU (2012)**. Daten 2009 und 2010 zu Elektro- und Elektronikgeräten in Deutschland, veröffentlicht auf den Seiten des BMU, [www.bmu.de](http://www.bmu.de). [www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do;jsessionid=BC85482AD1165821373B3BCBB487DBF9?ident=23886](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do;jsessionid=BC85482AD1165821373B3BCBB487DBF9?ident=23886)
- **BMU (2012a)**. Deutsches Ressourceneffizienzprogramm ProgRess.
- **BMU (2013)**. Abfallvermeidungsprogramm des Bundes unter Beteiligung der Länder. Entwurf. [www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Wasser\\_Abfall\\_Boden/Abfallwirtschaft/abfallvermeidungsprogramm\\_oeffbet.pdf](http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wasser_Abfall_Boden/Abfallwirtschaft/abfallvermeidungsprogramm_oeffbet.pdf)
- **Bringezu S, Schütz H (2013)**. Ziele und Indikatoren für die Umsetzung von ProgRess; Arbeitspapier AS 1.2/1.3. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg.), im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes.
- **Buchert M, Hermann A, Jenseit W, Stahl H, Osyguß B, Hagelüken C (2007)**. Verbesserung der Edelmetallkreisläufe: Analyse der Exportströme von Gebrauchtwagen und -Elektro(nik)geräten am Hamburger Hafen. Umweltbundesamt Februar 2007.
- **Buchert M, Manhart A, Bleher D, Pingel D (2012)**. Recycling critical raw materials from waste electronic equipment. [www.resourcefever.org/detail/items/recycling-critical-raw-materials-from-waste-electronic-equipment.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/recycling-critical-raw-materials-from-waste-electronic-equipment.html)
- **BUND e. V. (2008)**. Zukunftsfähiges Deutschland II.
- **BUND e. V. (2010)**. Wege zu einer nachhaltigen Abfallwirtschaft. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/sonstiges/20101001\\_sonstiges\\_abfall\\_position.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/sonstiges/20101001_sonstiges_abfall_position.pdf)
- **BUND e. V. (2010a)**. Stellungnahme des AK Abfall. Zur Systemgrenze bei der Erfassung und Verwertung von Abfällen hinsichtlich der Aufgaben der privaten Unternehmen. Autor: Hartmut Hoffmann. unveröffentlicht
- **BUND e. V. (2012)**. Stellungnahme zu biologisch abbaubaren Kunststoffen und Bioplastik. [www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/chemie/20110126\\_abfall\\_biokunststoffe\\_stellungnahme.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/chemie/20110126_abfall_biokunststoffe_stellungnahme.pdf)
- **BUND e. V. (2013)**. Stellungnahme zum Abfallvermeidungsprogramm des Bundes unter Beteiligung der Länder. Autoren: Hoffmann H. und Buschmann R., [www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/technischer\\_umweltschutz/130905\\_bund\\_technischer\\_umweltschutz\\_abfallvermeidungsprogramm.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/technischer_umweltschutz/130905_bund_technischer_umweltschutz_abfallvermeidungsprogramm.pdf)
- **BUND e. V. (2013a)**. Agrosprit im Verkehr: ein Irrweg. [www.bund.net/index.php?id=17393](http://www.bund.net/index.php?id=17393)
- **BUND e. V. (2015)**. BUNDposition Flächenkonkurrenz - Strategien des Umgangs, in Vorbereitung
- **Cantner J, Gerstmayr B, Pitschke Th, Tronecker D, Hartleitner B, Kreibe S (2010)**: Bewertung der Verpackungsverordnung. Evaluierung der Pfandpflicht. Umweltbundesamt.
- **DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2013)**. Kurzübersicht Abfallbilanz. [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/AbfallbilanzKurzebersicht.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/AbfallbilanzKurzebersicht.html)
- **DESTATIS (2013a)**. Erhebung über Haushaltsabfälle. [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Abfallwirtschaft.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Abfallwirtschaft.html)
- **DESTATIS (2013b)**. Abfallbilanz 2011. [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Abfallbilanz2011.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Abfallwirtschaft/Tabellen/Abfallbilanz2011.html)
- **Deutsches Kupferinstitut (2015)**. <http://copperalliance.de/über-kupfer/produktionsprozesse>
- **DIE WELT (2013)**. [www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article121580961/Das-sind-die-giftigsten-Staedte-der-Welt.html](http://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article121580961/Das-sind-die-giftigsten-Staedte-der-Welt.html)
- **Eder SW (2008)**. Recycling lohnt sich für die CO<sub>2</sub>-Bilanz. VDI nachrichten, Köln, 13.6.2008.
- **EPEA (2013)**. Cradle to Cradle. <http://epea-hamburg.org/de/content/cradle-cradle%C2%AE>
- **Euractive (2011)**. Eurostat-Daten zum Müllaufkommen. [www.euractiv.de/ressourcen-und-umwelt/artikel/europas-abfall-niederlaender-muellchampions-004735](http://www.euractiv.de/ressourcen-und-umwelt/artikel/europas-abfall-niederlaender-muellchampions-004735)



- **Europaticker (2013)**. Material in der Wertstofftonne ist sehr gut sortiert und enthält wenige Störstoffe, Pressemitteilung der Göttinger Entsorgungsbetriebe (GEB), zitiert nach: Europaticker, Möser 4.9.2013
- **EUROPEAN COMMISSION, DG ENVIRONMENT(2012)**. Consultation Paper: Options for Resource Efficiency Indicators
- **EUROPEAN COMMISSION (2013)**. The Roadmap's approach to resource efficiency indicators [http://ec.europa.eu/environment/resource\\_efficiency/targets\\_indicators/roadmap/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/targets_indicators/roadmap/index_en.htm)
- **EUROSTAT-Datenbank**: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database)
- **Faulstich M, Mocker M, Pfeiffer S, Köglmeier M, Egner S (2010)**. „r3- innovative Technologien für Ressourceneffizienz - Strategische Metalle und Mineralien“. Technische Universität München, Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie. [www.bmbf.de/pubRD/informationspapier\\_bmbf\\_r3.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/informationspapier_bmbf_r3.pdf)
- **von Geibler J, Rohn H, Schnabel F, Meier J, Wiesen K, Zieme E, Pastewski N, Lettenmeier M (2011)**. Ressourceneffizienz-atlas. Eine internationale Perspektive auf Technologien und Produkte mit Ressourceneffizienzpotential. Wuppertal Spezial 44. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, 2011.
- **Global 2000 (2009)**. Ohne Mass und Ziel? Über unseren Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Erde.
- **Global 2000 (2011)**. Wie gewonnen, so zerronnen. Vom steigenden Ressourcenverbrauch und den Auswirkungen auf Wasser. [www.global2000.at/module/media/data/global2000.at\\_de/content/ressourcenreport/11\\_G2\\_ressourcenreport-DE-rz.pdf\\_me/11\\_G2\\_ressourcenreport-DE-rz.pdf](http://www.global2000.at/module/media/data/global2000.at_de/content/ressourcenreport/11_G2_ressourcenreport-DE-rz.pdf_me/11_G2_ressourcenreport-DE-rz.pdf)
- **Global 2000 (2013)**. Kein Land in Sicht. Wie viel Land benötigt Europa weltweit zur Deckung seines hohen Konsums?
- **Global Footprint Network (2013)**. [www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/basics\\_introduction/](http://www.footprintnetwork.org/de/index.php/GFN/page/basics_introduction/)
- **Green Cross (2013)**. [www.greencross.ch/en/news-info-en/case-studies/environmental-reports/ten-most-polluted-places-2013/2013/norilsk-russia.html](http://www.greencross.ch/en/news-info-en/case-studies/environmental-reports/ten-most-polluted-places-2013/2013/norilsk-russia.html)
- **Hermann A (2010)**. Building local capacity to address the flow of e-wastes and electrical and electronic products destined for reuse in selected African countries and augment the sustainable management of resources through the recovery of materials in e-wastes. [www.resourcefever.org/detail/items/building-local-capacity-to-address-the-flow-of-e-wastes-and-elec.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/building-local-capacity-to-address-the-flow-of-e-wastes-and-elec.html)
- **Hoffmann H (2010)**. Zur aktuellen Situation der Abfallwirtschaft. Vermeidung, Verwertung und Verbrennung unter Umweltschutzgesichtspunkten. In: Arzneimittel-, Therapie-Kritik. & Medizin und Umwelt. Marseille Verlag. S. 913-920.
- **IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (1995)**. Working Group II, p. 661; <http://www.buildinggreen.com/features/flyash/appendixa.cfm>
- **Kreislaufwirtschaft Bau (2013)**. Aktueller Monitoring-Bericht. Datenbasis 2010. [www.kreislaufwirtschaft-bau.de/akt\\_ber.html](http://www.kreislaufwirtschaft-bau.de/akt_ber.html) (13.02.2014)
- **Lenk, C (2013)**. „Aus Abfall wird Dünger. Freiburger Chemieprofessor für Phosphatrecyclingverfahren ausgezeichnet. In: Wochenspiegel Sachsen, 13.01.2013.
- **Manhart A, Prakash, S (2011)**. Informal e-waste management in Lagos, Nigeria – socio-economic impacts and feasibility of international recycling co-operations. [www.resourcefever.org/detail/items/informal-e-waste-management-in-lagos-nigeria-socio-economic-imp.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/informal-e-waste-management-in-lagos-nigeria-socio-economic-imp.html)
- **materialflows.net**. [www.materialflows.net/trends/analyses-1980-2011/global-resource-extraction-by-material-category-1980-2011/](http://www.materialflows.net/trends/analyses-1980-2011/global-resource-extraction-by-material-category-1980-2011/)
- **Öko-Institut e.V. und Eurometaux - European Association of Metals (2010)**. Eurometaux's proposals for the Raw Materials Initiative, Darmstadt/Brüssel 2010. [www.resourcefever.org/detail/items/eurometauxs-proposals-for-the-raw-materials-initiative.46.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/eurometauxs-proposals-for-the-raw-materials-initiative.46.html)
- **Öko-Institut e.V. und Eurometaux - European Association of Metals (2010)**. Eurometaux's proposals for the Raw Materials Initiative - Annexes. [www.resourcefever.org/detail/items/eurometauxs-proposals-for-the-raw-materials-initiative.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/eurometauxs-proposals-for-the-raw-materials-initiative.html)
- **Ökoinstitut e.V. (2011)**. Hintergrundpapier Seltene Erden. Stand Januar 2011. [www.oeko.de/oekodoc/1110/2011-001-de.pdf](http://www.oeko.de/oekodoc/1110/2011-001-de.pdf)

- **Ökoinstitut (2011a).** Study on Rare Earths and Their Recycling. Final Report for The Greens/EFA Group in the European Parliament. Authors: Schüler D, Buchert M, Liu R, Ditrlich S, Merz C. [www.resourcefever.org/publications/reports/Rare%20earths%20study\\_Oeko-Institut\\_Jan%202011.pdf](http://www.resourcefever.org/publications/reports/Rare%20earths%20study_Oeko-Institut_Jan%202011.pdf)
- **Österreichische Energieagentur (2013).** Wissensbausteine für Klima- und Energie-Modellregionen. Zahlen und Fakten rund um Klimaschutz und Energie. [www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Studien/KEM/wissensbausteinefinal2013.pdf](http://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Studien/KEM/wissensbausteinefinal2013.pdf) (13.02.2014)
- **Paech N (2012).** Befreiung vom Überfluss. Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie. München, Oekom-Verlag 2012.
- **Pflaum H, Hiebel M (2008).** Recycling für den Klimaschutz, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Oberhausen 2008.
- **Radermacher FJ (2011).** Nachhaltige Entwicklungen und Ressourcenknappheit - Welche Herausforderungen liegen vor uns? In: 12. Münsteraner Abfalltage, Tagungsband. Flamme S., Gallenkemper B, Rotter S, Kranert M, Nelles M (Hrsg.). Münster 2011.
- **Röhling S (2012).** Rohstoff Phosphat: Kurzinformation zu Produktion und Reserven. Deutsche Rohstoffagentur - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. [www.oeko-zukunftsakademie.at/Rohstoff\\_Phosphat\\_-\\_Kurzinformaton\\_zu\\_Produktion\\_und\\_Reserven.pdf](http://www.oeko-zukunftsakademie.at/Rohstoff_Phosphat_-_Kurzinformaton_zu_Produktion_und_Reserven.pdf)
- **Sander K (2008).** Climate Protection Potentials of EU Recycling Targets. Ökopol, Hamburg, 2008.
- **Schmidt G (2013).** Description and critical environmental evaluation of the REE refining plant LAMP near Kuantan/Malaysia - Radiological and non-radiological environmental consequences of the plant's operation and its wastes. Ökoinstitut, Darmstadt. [www.resourcefever.org/detail/items/description-and-critical-environmental-evaluation-of-the-ree-ref.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/description-and-critical-environmental-evaluation-of-the-ree-ref.html)
- **Schmidt-Bleek F (2004).** Der ökologische Rucksack: Wirtschaft für eine Zukunft mit Zukunft. Hirzel 2004.
- **Schüler D, Dehoust G (2010).** Climate Protection Potential in the Waste Management Sector. [www.resourcefever.org/detail/items/climate-protection-potential-in-the-waste-management-sector.html](http://www.resourcefever.org/detail/items/climate-protection-potential-in-the-waste-management-sector.html)
- **SERI, Sustainable Europe Research Institute (2013).** State-of-play of national consumption-based indicators. Authors: Giljum S, Lutter S, Bruckner M, Aparcana S. [http://ec.europa.eu/environment/enveco/resource\\_efficiency/pdf/FootRev\\_Report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/FootRev_Report.pdf) (2.07.2015).
- **SERI, Sustainable Europe Research Institute (2013a).** REdUSE Reducing Resources Use for a Sustainable Europe. Overview of data sources for environmental data. Version: 12 June 2013. [www.seri.at](http://www.seri.at)
- **SERI, Sustainable Europe Research Institute (2013b).** [www.seri.at](http://www.seri.at), siehe auch [www.materialflows.net](http://www.materialflows.net)
- **SRU Sachverständigenrat Umweltfragen (2012).** Umweltgutachten 2012.
- **Umweltbundesamt (2012).** Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2010
- **Umweltbundesamt (2012a).** Glossar zum Ressourcenschutz
- **Umweltbundesamt (2013).** Europäischer Vergleich der Treibhausgas-Emissionen. [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/europaeischer-vergleich-der-treibhausgas-emissionen](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/europaeischer-vergleich-der-treibhausgas-emissionen) (12.02.2014)
- **Umweltbundesamt (2013a).** Schwerpunkte. [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)
- **Umweltbundesamt (2013b).** Abfallaufkommen. [www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2320](http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2320)
- **U.S. Geological Survey (2014).** Mineral Commodity Summaries, February 2014. pp 128-129.
- **vdp (2015).** Verband deutscher Papierfabriken. vdp-Papierkompass 2015
- **Vereinigung Deutscher Gewässerschutz: Virtuelles Wasser; Band 75, siehe Literatur dort.**
- **Wackernagel M und Beyers B (2011).** Der Ecological Footprint - Die Welt neu vermessen. Europäische Verlagsanstalt, Hamburg 2013

# Die Erde braucht Freundinnen und Freunde



Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland engagiert sich seit vielen Jahren für einen umweltbewussten Umgang mit den Ressourcen unseres Planeten. Früher ging es um Mülltrennung und das Wiederaufarbeiten von Abfallstoffen. Heute ist es unser alltägliches Konsumverhalten und unsere Lebensweise, die den weltweiten Ressourcenverbrauch am stärksten beeinflusst.

Mit Broschüren wie dieser und unzähligen Gesprächen mit politischen Entscheidungsträgern, mit Studien, mit Ratgebern für Verbraucher und Aktionen für alle Altersklassen wollen wir Alternativen aufzeigen und das Bewusstsein schaffen, dass ein anderer Weg möglich ist.

Unterstützen Sie unsere Arbeit für einen nachhaltigen Wandel im Umgang mit unseren Ressourcen und werden Sie BUNDmitglied

**ganz einfach auf –**

**[www.bund.net/mitgliedwerden](http://www.bund.net/mitgliedwerden)**

Dieses Projekt wurde gefördert von:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

**Umwelt  
Bundesamt**

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 90381/669 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor/-innen.