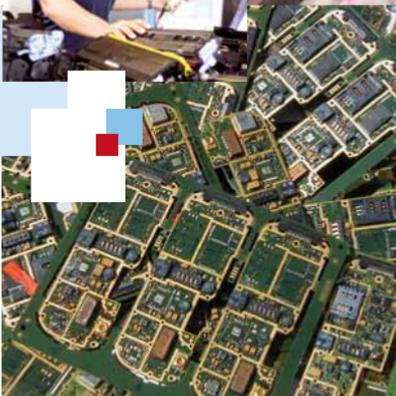




Rat für
NACHHALTIGE
Entwicklung

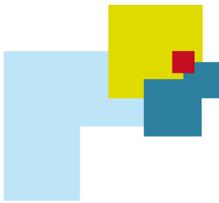


Wie Deutschland zum Rohstoffland wird

Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung
an die Bundesregierung

Was ist Nachhaltigkeit?

Nachhaltige Entwicklung heißt, Umweltgesichtspunkte gleichberechtigt mit sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berücksichtigen. Zukunftsfähig wirtschaften bedeutet also: Wir müssen unseren Kindern und Enkelkindern ein intaktes ökologisches, soziales und ökonomisches Gefüge hinterlassen. Das eine ist ohne das andere nicht zu haben.



Inhalt

Die Empfehlungen

1. Präambel	2
2. Eine große Vision: Rohstoffe 100 % im Kreislauf führen	4
Roadmap Rohstoffland: Knappheit als Herausforderung für Recyclingstrategien Abfallwirtschaft im Wandel der Zeit	
3. Grundsätze der Ressourcenschonung	10
Internationale Verankerung nationaler Strategien Produktverantwortung Wettbewerb Nachhaltigkeitsregeln Messgrößen Globale Dimension	
4. Auf dem Weg zu einer Roadmap „Rohstoffland Deutschland“	20

Anhang

Hintergrund – Informationen zu Technik, wirtschaftlicher und rechtlicher Machbarkeit

1. Notwendigkeit einer Definition	23
Zukunftstechnologien und strategische Rohstoffe Definition: Strategische Rohstoffe	
2. Wirtschaftliches und technisches Potenzial zum Recycling	29
Stand der Technik/Stand der Wissenschaft Möglichkeiten und Grenzen von Materialsubstitution Wirtschaftlichkeit der Recyclingtechnik	
3. Praxisbeispiele	35
4. Umsetzungshemmnisse	37

Literaturverzeichnis	39
----------------------	----

„Wie Deutschland zum Rohstoffland wird“

Empfehlungen des Rates für Nachhaltige Entwicklung vom 19. Mai 2011

1. Präambel

Obwohl die Idee der Nachhaltigkeit breite Zustimmung findet, ist der Umgang mit wichtigen Ressourcen immer noch vom Wegwerfen und „Weg-Verbrauchen“ geprägt. Besonders deutlich wird dies bei wichtigen Rohstoffen wie industriellen Basis- und Sondermetallen, die wir allenthalben zur modernen Kommunikation brauchen und denen geopolitische Bedeutung zukommt, für die aber noch kein wirkungsvolles Nachhaltigkeitsmanagement mit geschlossenen Kreisläufen auf den Weg gebracht ist. Das darf und kann so nicht bleiben.

Unter Federführung der Ratsmitglieder Dr. Eric Schweitzer und Olaf Tschimpke hat der Nachhaltigkeitsrat die vorliegende Empfehlung an die Bundesregierung erarbeitet. Die Empfehlung greift einen bisher vernachlässigten Baustein nachhaltiger Ressourcenpolitik heraus: die Kreislaufführung von metallischen und mineralischen Rohstoffen. Andere Bestandteile nachhaltiger Ressourcennutzung wie beispielsweise Ressourceneffizienz durch Materialsubstitution bleiben weiterhin wichtig, stehen aber in der vorliegenden Empfehlung nicht im Vordergrund. Industriemetalle und -minerale sind ebenso wichtig wie Wasser, Phosphor oder agrarische Rohstoffe. Für sie ist, wie bei den Massenrohstoffen, eine konsequente Recyclingstrategie zu entwickeln. Die globale Dimension der Gewinnung, der Verwendung und des Verbleibs der endlichen Rohstoffe wirft die Frage auf, wie eine gemeinsame, aber in hohem Maße differenzierte Strategie zur Rolle der Rohstoffe in einem nachhaltigen Wirtschaften entwickelt werden kann und

wie hierbei Fragen des Handels, der Transparenz von Gewinnung und Herkunft, zum Umweltschutz, der Menschenrechte wie auch der friedlichen Kooperation berücksichtigt werden können.

Der Dank des Nachhaltigkeitsrates gilt der Bereitschaft von Experten, ihr Wissen zum Teil ausführlich in Form von Stellungnahmen und wertvollen Hinweisen zur Verfügung zu stellen. Der Dank ist namentlich gerichtet an Johannes Lackmann und Sebastian Schmidt vom VDI Zentrum für Ressourceneffizienz, Dr. Christian Hagelüken, Umicore, Lorenz Erdmann vom Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, IZT, Prof. Michael Hüther und Dr. Hubertus Bardt vom Institut der Deutschen Wirtschaft Köln, IW, sowie Dr. Stefan Bringezu vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie für ihre schriftlichen Stellungnahmen und Beiträge. Wir danken ferner den Experten aus Umwelt-NGOs, der Wirtschaft sowie der Bundesregierung und ihren Behörden, die dem Nachhaltigkeitsrat als Gesprächspartner zum Teil mehrfach zur Verfügung standen. An einem Fachgespräch zum Entwurf dieser Empfehlung haben sich Dr. Hubertus Bardt, Dr. Andreas Bruckschen, Jürgen Giegrich, Dr. Christian Hagelüken und Dr. Kora Kristof beteiligt. Für ihre hilfreichen Kommentare sei ihnen ausdrücklich gedankt.

Kurzfassung

Der absolute Rohstoffverbrauch in Industrieländern ist angesichts der Tragfähigkeit der Erde zu hoch. Die Knappheit von Rohstoffen stellt eine Grenze für das Wirtschaften und den Konsum dar. Knappheit ist dabei nicht nur durch geologische Gegebenheiten oder wirtschaftlich-technische Grenzen von Extraktion oder Wiederverwertung begründet. Vielmehr gibt es regulative Schranken sowie ökologische und soziale Verhaltensgebote, die zur Knappheit eines Rohstoffes führen. Die reine Intensivierung von Explorationstätigkeiten und Zugang zu Primärrohstoffen wird Anforderungen an eine nachhaltige Rohstoffwirtschaft nicht gerecht. Vielmehr muss es zu einer absoluten Reduktion des Verbrauchs nicht erneuerbarer Rohstoffe und der Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Rohstoffverbrauch kommen.

- Deutschland kann zum Rohstoffland werden. Signifikante Verbesserungen der Ressourceneffizienz sind notwendig und möglich.

- Wir sind heute mehr denn je zuvor in der Lage, nicht erneuerbare Rohstoffe durch erneuerbare zu substituieren. Hierzu müssen wir eine Kreislaufwirtschaft aufbauen. Sie ist der Kernbestandteil einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft.
- Eine 100%ige Kreislaufführung von Rohstoffen ist eine handlungsleitende Vision für den Umbau der Wirtschaft. Das gilt insbesondere für die industriellen Basis- und Sondermetalle, für die es bisher kein Recycling und kein Nachhaltigkeitsmanagement gibt.

Die Empfehlung konkretisiert den Weg (die Roadmap) zum Aufbau einer Kreislaufwirtschaft für diese strategischen und geopolitisch bedeutsamen Rohstoffe. Die Produktverantwortung ist dabei ein zentrales Prinzip.

Gefordert werden sollen der diesbezügliche Wettbewerb bei Einhaltung sozialer und ökologischer Gerechtigkeit und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Implizit entsteht der Anreiz, Produkte schon bei der Herstellung und entlang der gesamten Wertschöpfungskette (sowohl produkt- als auch akteursbezogen) an den Anforderungen einer hochwertigen Wiederverwendung und Recyclingfähigkeit auszurichten.

Auch der Konsument ist angehalten, Kaufentscheidungen stärker an Kriterien der Wiederverwendbarkeit auszurichten und sich auf neue Geschäftsmodelle einzulassen – „Nutzen statt Besitzen“ wird dann zur Maxime einer vollständigen Kreislaufwirtschaft.

2. Eine große Vision: Rohstoffe 100 % im Kreislauf führen

Müssen wir nicht statt von Wachstum von einer Verlustwirtschaft sprechen, wenn wir uns den Umgang mit endlichen Ressourcen kritisch ansehen? Können wir uns auf Dauer eine Verlustwirtschaft leisten, die endliche Ressourcen wegwirft und den Reichtum an Ressourcen verringert? In deutschen Schulatlanten steht, dass Deutschland ein rohstoffarmes Land ist. Das ist falsch. In Deutschland gibt es Silber und Gold, Indium und Gallium, wertvolle Mineralien und lebenswichtige Nährstoffe in Hülle und Fülle – nur dass wir sie nicht als Rohstoff ansehen, sondern als Abfall behandeln. Noch.

Die konkrete Vision einer nachhaltigen Nutzung endlicher Rohstoffe geht weit über das heute politisch Machbare und Finanzierbare hinaus. Sie orientiert sich an der Einsicht, dass die Endlichkeit von Rohstoffen eine wirkliche Grenze für das Wirtschaften und den Konsum bedeutet, die schon lange vor ihrem Erreichen zu ökonomisch schädlichen und mindestens nicht wünschenswerten Effekten und erheblichen ökologischen Belastungen führt. Nur mit ökologisch-systemischem Denken schaffen wir Wege zu einem vollständigen Kreislauf, der in unser Wirtschaftssystem passt und es zugleich auch mit innovativen Anreizen fortentwickelt.

Deshalb schlagen wir allen Beteiligten in Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft vor, gemeinsam die konkrete Vision einer 100%igen Kreislaufwirtschaft¹ und des langfristigen Verzichts auf den Verbrauch endlicher, nicht erneuerbarer Rohstoffe zu verfolgen, auszuarbeiten und umzusetzen. Im Mittelpunkt stehen hierbei solche Rohstoffe wie zum Beispiel Silber, Tantal und andere, die für moderne Fertigungsprozesse zurzeit noch unverzichtbar sind, die jedoch in zu großen Mengen im Abfall belassen werden und nicht wiedergenutzt werden. Selbst für Basismetalle wie Kupfer (die heute bereits umfangreich recycelt werden) kann und muss das Recycling gesteigert werden. Für diese Stoffe ist also ein Nachhaltigkeitsmanagement aufzubauen.²

Mehrwegverpackungen, Recycling und Kreislaufwirtschaft sind Teil des umweltpolitischen Selbstverständnisses aller Konsumenten. Weltweit ist Deutschland bei der Sammlung und stofflichen Verwertung (Recycling) von Glas, Papier, Verpackungsmaterialien, Wertstoffen, Batterien, Kupfer und einigen anderen Stoffen Vorreiter. Diese Vorreiterrolle sieht sich heute einer großen Herausforderung gegenübergestellt. An die mittlerweile breit verankerte Kultur der Mülltrennung wollen wir anknüpfen.

1 Die Empfehlung beruht auf der Vision einer 100%igen Kreislaufführung der Stoffe innerhalb der Grenzen physikalischer Gesetzmäßigkeiten. Hierzu bedarf es einer Differenzierung nach Rohstoffen. Bei vielen Technologiemetallen liegt diese Grenze bereits bei 70 bis 80 %. In diesem Sinne wird 100 % gemäß einer Erschöpfung des physikalisch Machbaren verstanden.

2 Es soll an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen werden, dass mit der Auswahl der hier behandelten Rohstoffe kein Priorisieren von Sonder- versus Massenrohstoffe vorgenommen werden soll. An verschiedenen Stellen der Empfehlung werden andere Rohstoffe flankierend erwähnt – wie Kunststoff oder Baurohstoffe –, ein Nachhaltigkeitsmanagement dieser Rohstoffe ist ebenso erforderlich. Das gilt auch für einen erweiterten Ressourcenbegriff, der agrarische Rohstoffe, die Umweltmedien Boden, Wasser, Luft und Stoffströme (zum Beispiel Phosphorkreislauf) einschließt. Der Fokus auf Recycling insbesondere der Basis- und Sondermetalle ist in der Empfehlung gewählt worden, weil er sich besonders eignet, neue Bedingungen von Knappheit zu illustrieren.

Sie muss in umfassendem Sinn Eckpfeiler einer „Green Economy“ werden. Deutschland sollte hier seine Vorreiterrolle unter Beweis stellen und diese auch bei der Vorbereitung der UN-Konferenz zur nachhaltigen Entwicklung in Rio 2012 einbringen.

Der vorherrschende Trend des Rohstoffverbrauchs ist schädlich. Der absolute Rohstoffverbrauch in Industrieländern ist angesichts der Tragfähigkeit der Erde zu hoch. Ökologische Schäden durch den Rohstoffabbau wie Biodiversitätsverluste und Verstärkung des Klimawandels erfordern alternative Strategien hin zu einer absoluten Reduktion des Ressourcenverbrauchs. Hinzu kommt, dass der Abbau von Rohstoffen in vielen Fällen soziale Kosten verursacht, die nicht zu tolerieren sind. Der Coltanabbau in der Demokratischen Republik Kongo zeigt exemplarisch das Konfliktpotenzial des Rohstoffabbaus.

Um diese Vision zu einer Leitlinie für die Politik zu machen, sind mindestens zwei Bausteine einer nachhaltigen Rohstoffnutzung wichtig:

- Die Erarbeitung einer Roadmap, wie die Vision einer 100%igen Wiederverwertung von Primärrohstoffen und der verstärkte Gebrauch von Sekundärrohstoffen technisch, wirtschaftlich, ökologisch und sozial verträglich erreicht werden kann.
- Die Adressierung des Konsumenten- und Produzentenverhaltens sowie des Vertriebs. Kriterien des Produktdesigns wie die Haltbarkeit des Produktes, seine Weiter- und Wiederverwendbarkeit sollen besser in die Kaufentscheidung eingehen.

Beide Bausteine müssen Bestandteile einer Roadmap zum Rohstoffland Deutschland sein. Der Rat für Nachhaltige Entwicklung empfiehlt die breite und dialogische Erarbeitung einer solchen Roadmap. Erste Konturen werden hier aufgezeigt. Sie zeigen, dass die Vision einer 100%igen Wiederverwertung von wichtigen Rohstoffen keine völlige Utopie ist, sondern durch technische und soziale Innovationen sowie neue kreative Geschäftsmodelle erreicht werden kann.

Roadmap Rohstoffland: Knappheit als Herausforderung für Recyclingstrategien

Die Abfallpolitik und die Abfallwirtschaft Deutschlands sind einen beispielhaften Weg der Ökologisierung mit Erfolg gegangen. Hohe

Recyclingquoten bei Papier, Glas und Dosen und einigen anderen Materialien zeigen das. Trotzdem brauchen wir heute eine weitere, wesentliche Ergänzung des „Betriebssystems“ der Kreislaufwirtschaft.

Zu Beginn der 70er-Jahre musste man dringend eine Antwort auf Wegwerfgeräten, Müllberge und wilde illegale Ablagerungen finden. Das Abfallrecht führte damals zwingende Vorgaben ein, Siedlungsabfälle ohne Schäden zu lagern und ihr Volumen zu reduzieren. Heute ist der Anteil des Abfalles, der deponiert wird, auf unter 10 % gefallen. Eine große Menge von Abfällen wird verbrannt.³ Aber mit dem Deponieren und Verbrennen (thermische Nutzung) kann man dem Wegwerfdruck nicht Herr werden. Abfall besteht aus Rohstoffen, und die haben einen Wert. Dieser Wert ist Anreiz für die Verwertung und Wiederverwendung von Abfall. Abfall ist somit selbst ein Wertstoff. Die Kreislaufwirtschaft hat zum Ziel, Wertstoffe in Kreisläufen (wieder) zu nutzen. Für Papier und Glas ist die Kreislaufführung weit fortgeschritten, wenngleich gelegentliches Nachsteuern auch weiterhin erforderlich ist, um hohe Verwertungsquoten sicherzustellen. Die Verbrennung, wiewohl noch häufig praktiziert und als thermische Verwertung bezeichnet, ist nicht Kernbestandteil der Kreislaufwirtschaft.

Heute geht es aber um mehr. Wir müssen von der abfallwirtschaftlichen Kreislaufwirtschaft einiger ausgesuchter Stoffströme hin zu einer generellen Bewirtschaftung endlicher⁴ Rohstoffe kommen. Oft wird bereits in Politik und Wirtschaft über die Sicherung der zukünftigen Rohstoffversorgung der Industrie gesprochen. Aber die konventionellen Ansätze zur Rohstoffsicherung durch Bildung von Reserven, Sicherung von handelspolitischen Zugängen zu Rohstoffmärkten oder die außenwirtschaftliche Flankierung des Rohstoffbedarfs der deutschen Wirtschaft sind nicht weitgehend genug. Allein mit „Sicherung“ ist die Krise endlicher Ressourcen nicht zu bewältigen. Rein auf die produktionswirtschaftliche Mengenperspektive bezogene Konzepte sind nicht nachhaltig. Mehr noch, diese Ansätze sind letztlich sogar dann kontraproduktiv, wenn sie den Blick auf die Lösungskompetenz einer nachhal-

3 In vielen Ländern, auch in europäischen Mitgliedsstaaten, liegt die Deponierate aber immer noch unverändert hoch und es bestehen wenig Anreize zur Vermeidung von Abfällen.

4 Naturgemäß sind alle nicht erneuerbaren Rohstoffe endlich. Selbst wenn Rohstoffe geologisch verfügbar sind, kann der Aufwand der Gewinnung unverhältnismäßig groß sein – und Endlichkeit rückt zeitlich näher an die Gegenwart. Wenn im Zusammenhang der Empfehlung von Endlichkeit gesprochen wird, dann ist diese Endlichkeit an den Knappheitsbegriff geknüpft, der auf Seite 9 f. verwendet wird (siehe auch S. 23 Anhang).

tigen Rohstoffstrategie verstellen und die Illusion verlängern, dass die Verwendung von Rohstoffen auf fortwährendem Verbrauch basieren kann.

Die Zukunft liegt in der Minimierung des absoluten Rohstoffverbrauchs und in einer ganzheitlichen Betrachtung des Lebenszyklus eines Produktes, angefangen beim Produktdesign über die Produktion und Nutzung bis hin zur Erfassung der Produkte am Lebensende und ihre Rückführung in den Kreislauf. Dabei ist die Mehrfachverwendung, hochwertige Kreislaufführung und Wiederverwertung konsequent zu verfolgen. Erforderlich ist ein nachhaltiges Wirtschaften, das insbesondere auch jene Massenrohstoffe und seltenen Technologiemetalle für das Recycling mobilisiert, die bislang nicht genug oder noch gar nicht erfasst werden.

Abfallwirtschaft im Wandel der Zeit

70er-Jahre Große Mengen reduzieren: Das Wegwerfen bekämpfen, wilde Deponien schließen, Abfallberge abbauen, Ordnung in die Abfallpolitik bringen, mit großen Mengen an Abfällen umgehen und ihr Volumen reduzieren. Abfallpolitik als ordnungspolitische Aufgabe des Staates. Das war das abfallpolitische Paradigma.

80er-Jahre bis heute Große Mengen in Kreisläufen organisieren: Den Massenabfällen (Siedlungsmüll und Gewerbemüll) einen Preis geben und ihn zum Wertstoff machen. Vermeiden und Verwerten vor Beseitigen. Kreislaufwirtschaft zum Mitmachen für alle (Getrennsammlung, Verantwortung von Produzenten/Handel und Konsumenten). Abfallstrategien als Wirtschaftsfaktor etablieren. Wettbewerb als Innovator. Das ist das kreislaufwirtschaftliche Paradigma.

Zukunft Rohstoffland Deutschland Die Strategien gegen das Wegwerfen, für die Abfallvermeidung und die Verwertung von Abfällen müssen beibehalten und ausgebaut werden. Kleine Mengen, niedrige und im Wirtschafts- und Konsumsystem feinverteilte Mengen von Rohstoffen erschließen und aufkonzentrieren. Kern nachhaltigen Wirtschaftens. Transformation mit hohem Investitionsbedarf. Wettbewerb führt zu Innovation. Knappheit wird zum neuen Paradigma für die Ressourcenpolitik.

Eine Voraussetzung für die Abgrenzung und das Verständnis, warum man von „strategischen“ Rohstoffen spricht, ist das Verständnis von „Knappheit“:

- Von geologisch bedingten Knappheiten sprechen wir, wenn Vorkommen von Mineralien erschöpft sind oder Lagerstätten mit heutigen Techniken nicht erschließbar sind.
- Wirtschaftlich und technisch bedingte Knappheiten treten auf, wenn die Extraktion unrentabel ist oder die hohe Bedeutung für Schlüsselindustrien / Zukunftstechnologien zu hohen Marktpreisen führt. Sie können auch auftreten, wenn es keine Substitutionsmöglichkeiten gibt und die Möglichkeit zu Recycling aufgrund technischer, logistischer oder wirtschaftlicher Faktoren eingeschränkt ist. Dies kann auch in Verbindung stehen mit dissipativer Verteilung und Koppelproduktion verschiedener Rohstoffe.
- Politik, Regulation und ökologische Verhaltensgebote können Knappheit erzeugen. Dies kann sehr unterschiedliche Formen aufweisen. Stichworte sind: Protektionismus / Zölle, politisch instabile Abbauregionen / Krisenregionen, andere Versorgungsrisiken, Einhaltung von hohen umwelt- und sozialpolitischen bzw. menschenrechtlichen Standards, Umwelt und Gesundheit.

3. Grundsätze der Ressourcenschonung⁵

Internationale Verankerung nationaler Strategien

Deutschland ist ein international hoch vernetzter Industriestandort. Alle nationalen Strategien müssen dies berücksichtigen und nutzen.

Die EU-Rohstoffinitiative ist eine der sieben Leitinitiativen der Strategie Europa 2020 und umfasst unter anderem das Erstellen eines Fahrplans für ein ressourcenschonendes Europa im zweiten Quartal 2011.⁶ Die Europäische Kommission hat sich bereits zum weiteren inhaltlichen Vorgehen geäußert und bestärkt im Wesentlichen die in der Europäischen Rohstoffstrategie (2008)⁷ verankerten drei Säulen der Rohstoffversorgung⁸. Durch die Schwerpunktsetzung auf die Preisvolatilität auf den internationalen Rohstoffmärkten kommt allerdings dem Recycling (Teil der 3. Säule) bedauerlicherweise keine herausragende Rolle zu, obwohl das Strategiedokument einige zu befürwortende Vorhaben ausbuchstabierte, um Innovationen im Bereich Recyclingtechnologien zu fördern und Leckagen der Abfallströme zu minimieren sowie die Verbringung des Abfalls international transparenter zu machen.⁹

- 5 Die hier erwähnten Grundsätze und Nachhaltigkeitsregeln beziehen sich allgemein auf Ressourcennutzung. Daraus leiten sich aber auch Handlungsprinzipien ab, die insbesondere für den Umgang mit metallischen und mineralischen Rohstoffen gültig sind.
- 6 Die Leitinitiative „Ressourcenschonendes Europa“ beinhaltet neben den klassischen rohstoffpolitischen Herausforderungen auch Initiativen in den Bereichen Energie, Verkehr, Biodiversität, Wasser oder Fischerei. Der Ressourcenbegriff ist damit weit gefasst. Zur Vorbereitung des Fahrplans für ein ressourcenschonendes Europa sind folgende, kürzlich veröffentlichte Mitteilungen der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen zu erwähnen: KOM (2011) 21 „Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020“ und KOM (2011) 25 „Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungen“. Letzteres Dokument ist in zwei Teile gegliedert: Im ersten Teil wird die Entwicklung auf den weltweiten Grundstoffmärkten dargestellt und der zweite Teil nimmt Bezug auf die Europäische Rohstoffinitiative. Der zweite Teil bezieht sich unter anderem auf einen Bericht einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe zur Definition kritischer Rohstoffe (EU KOM 2010) und ist damit relevant für die vorliegende Empfehlung.
- 7 KOM (2008) 699 „Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern“.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:de:PDF>
- 8 „Faire und dauerhafte Versorgung mit Rohstoffen von den Weltmärkten“ (1. Säule), „Förderung einer nachhaltigen Versorgung in der EU“ (2. Säule) und „Steigerung der Ressourceneffizienz und Förderung des Recyclings“ (3. Säule). Der Rat für Nachhaltige Entwicklung weist darauf hin, dass Ressourceneffizienz und Recycling zentrale Elemente einer nachhaltigen Rohstoffversorgung sind und deshalb die begriffliche Zuordnung nicht mit derjenigen der EU-Rohstoffstrategie übereinstimmt.
- 9 Nach Ansicht des Bundesverbands der Deutschen Industrie e. V. seien im Recyclingbereich seit der

Das abgeschlossene Forschungsvorhaben „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes) hat sicherheitspolitische Herausforderungen von Rohstoffknappheit und die sozialen und ökologischen Auswirkungen der bisherigen Rohstoffbeschaffungs- und -verwendungspraxis untersucht. Im Folgeprozess erstellt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine nationale Ressourceneffizienzstrategie (ProgRes), die im Laufe des Jahres 2011 verabschiedet werden soll. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie hat im Herbst 2010 die nationale Rohstoffstrategie erstellt, die stark auf Außenwirtschaftskonzepte abzielt. Im Laufe des Jahre 2011 steht außerdem die Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes an. Der Nachhaltigkeitsrat befürwortet im Grundsatz die Novellierung des Gesetzes¹⁰. Damit wird die EU-Abfallrahmenrichtlinie umgesetzt, in der die Priorität für stoffliche Verwertung (Recycling) im Vergleich zur energetischen Verwertung durch die Umsetzung der fünfstufigen Abfallhierarchie vorgeschrieben wird. Grundsätzlich muss die Novelle im Sinne der Nachhaltigkeit Zukunftswege in ein vollständiges Recycling auch der Industriemetalle nicht verstellen. Eine Selbstblockade, ein sogenannter Lock-in, durch pfad- und finanzierungsabhängige Technologien muss vermieden werden. Sinnvoll ist die Ausweitung der Produktverantwortung. Im Zusammenhang mit der Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes stehen vor allem praktische und ökonomische Fragen der Überlassungspflichten und der Systemführerschaft im Vordergrund.

Produktverantwortung

Produktverantwortung ist zentral im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz¹¹ verankert. Damit obliegt es grundsätzlich zunächst dem Hersteller, die Produkte so zu gestalten, dass bei der Herstellung und beim Gebrauch möglichst wenig Abfälle entstehen. Weiter hat der Hersteller die Verantwortung, für eine umweltverträgliche Verwertung, die Minimierung von Schadstoffen und Beseitigung der Abfälle nach Gebrauch des Produktes zu sorgen, wobei es dem Gesetzgeber obliegt, den

Rohstoffstrategie (2008) wenig Fortschritte erzielt worden; verwiesen wird dabei insbesondere auf die Unzulänglichkeit der Rohstoffstrategie, den illegalen Export von Sekundärrohstoffen zu verhindern, wie aus einem Artikel des Bundesverbands der Deutschen Entsorgungswirtschaft e. V. im Europaspiegel (2/2011) hervorgeht.

¹⁰ Entwurf der Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes vom 31.3.2011.

<http://www.bmu.de/abfallwirtschaft/abfallpolitik/kreislaufwirtschaft/doc/47201.php>

¹¹ § 22 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz von 1996

genauen Geltungsbereich festzulegen. Die Produktgestaltung unter Ökodesignkriterien wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen müssen. Explizit wird im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz auch der Vorrang von Sekundärrohstoffen bei der Herstellung von Produkten als Teil der Produktverantwortung begriffen. Mit der Novelle des Gesetzes soll die aus Europa vorgegebene fünfstufige Abfallhierarchie (Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwertung, Recycling, sonstige Verwertung, Beseitigung) generell umgesetzt werden. Ausnahmen können durch einzelne Lebenszyklusrechnungen zugelassen werden.

Im Sinne einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft muss die Produktverantwortung strikt umgesetzt und ausgeweitet werden. Produktverantwortung muss zur Rohstoffverantwortung werden. Verbleibt der Rohstoff als Wertstoff in der Verantwortung des Herstellers oder Verkäufers, sind die Anreize für eine nachhaltige Produktgestaltung („Design for Disassembly“) und die Wiedergewinnung qualitativ hochwertiger Sekundärrohstoffe implizit gegeben. Der Hersteller hat also einen Anreiz, Produkte für die qualitativ hochwertige Wiederwendung und Kreislaufführung zu gestalten und nicht nur die Verwertung zu finanzieren. Die Diskussion um die Wertstofftonne ist ein Beispiel für die praktische Konsequenz der Produktverantwortung. Hier muss die Aufgabe gelöst werden, dass bei der Einführung der Wertstofftonne nicht nur die Sammlung, sondern auch das hochwertige Recycling aller Wertstoffe sichergestellt ist.

Mit der Ausweitung der Produktverantwortung ergeben sich auch Anreize für neue Geschäftsmodelle: Rohstoffe bleiben im Eigentum des Herstellers/Verkäufers. Mit den Konzepten „Nutzen statt Besitzen“ oder „Produkt-Service-System“¹² treten Dienstleistungsmodelle an die Stelle des „Kaufens, um zu besitzen“. Ein prominentes Beispiel für die Konzeptidee ist das Leasing eines Autos. Um sicherzustellen, dass der Wertverlust durch die Nutzung so gering wie möglich gehalten wird, kann der Besitzer dem Nutzer entstandene Schäden in Rechnung stellen. Andere Beispiele, die bereits jetzt Praxisanwendung finden, sind Druckerleasing, Werkzeugverleih, Mietmöbel oder Kleiderverleih. Durch Nutzungsvereinbarungen kann der Umgang mit Abnutzungserscheinungen geregelt werden. Diese Geschäftsmodelle sollten auf andere

¹² Nießbrauch wäre ein geeigneter Begriff, der diese Konzepte umfasst, der aber in der Umgangssprache wenig Verwendung findet.

geeignete Produkte wie Mobiltelefone oder Haushaltsgeräte ausgeweitet werden. Damit würde ein Anreiz sowohl beim Hersteller als auch beim Nutzer gesetzt, die Produkte tatsächlich zu sammeln und weiterzunutzen bzw. am Lebensende des Produktes dem Recyclingprozess zuzuführen, um schließlich eine hochwertige Wiederverwertung sicherstellen zu können. Die Erfassung von Abfällen ist nach wie vor unvollständig. Das ist ein Hemmnis für die Ausweitung des Recyclings. Neue Dienstleistungsmodelle können helfen, den Übergang eines Produktes/Abfalles von einem Besitzer zum nächsten transparent und im Hinblick auf das Recycling nutzbar zu machen. Genau solche Ansätze führen zu einer ressourcenintensiveren Nutzung von Produkten, und weniger Rohstoffe müssen aufgewendet werden, um den gleichen Nutzen zu erzielen. Zudem werden dadurch im Dienstleistungsbereich neue Arbeitsplätze geschaffen. Darüber hinaus würde die Verantwortungsbenennung beim Hersteller und Handel auch dazu führen, dass die Abfallprodukte auch in ausreichender Masse und in angemessener Spezifität dem Prozess zugeführt werden. Innovationszyklen sind produktspezifisch und beeinflusst von der Lebensdauer des Produktes. Aus der Produktverantwortung ergeben sich dementsprechend differenzierte logistische Anforderungen des Recyclingprozesses.

Wettbewerb

Die Empfehlung fußt auf der Vision, Deutschland mit einer 100%igen Kreislaufführung zum Rohstoffland zu machen. Wirtschafts-, Sozial- und Umweltinteressen können im Hinblick auf das Rohstoffland Deutschland zusammengehen, wenn der politische Wettbewerb um Lösungskompetenzen im Vordergrund steht und den Status-quo-Wettbewerb entlang von Besitztümern, Zuständigkeiten und vermeintlichen Grenzen ablöst. Es geht dabei also nicht um die Frage private versus kommunale Entsorgung. Vielmehr muss Wettbewerb gewährleistet sein – unter der Prämisse ökologischer und ökonomischer Standards. Ordnungspolitik zur Sicherung von ökologischer und sozialer Gerechtigkeit muss dabei einen festen Platz behalten. Der Staat wird weiterhin die Aufgabe haben, den Rahmen für Umverteilung zu stecken und sicherzustellen, dass externe Kosten internalisiert werden. Als Recycling-Vorreiter muss Deutschland hier seine Nachhaltigkeitskompetenz (Sustainability –

„Made in Germany“) ¹³ unter Beweis stellen. Staatliche Aufgabe ist es, den Ordnungsrahmen für ein nachhaltiges Wirtschaften der Marktakteure auf der Basis einer langfristigen Vision fortzuentwickeln. Die Fortschreibung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie 2011/2012 soll dafür die Weichen stellen.

Nachhaltigkeitsregeln

Ressourcenschutz, Ressourceneffizienz und Klimaschutz gehören heute zu den besonders dringlichen gesellschaftlichen Aufgaben. Der Verbrauch der Ressourcen ist zu hoch und muss absolut verringert werden. Natürliche Ressourcen sind Grundlage unseres menschlichen Seins und bilden das wichtigste Fundament unseres wirtschaftlichen Handelns und unseres Wohlstandes. Der Verbrauch der natürlichen Ressourcen gefährdet allerdings unsere Lebensgrundlagen und lässt gravierende Folgen für die Umwelt befürchten. Steigende Rohstoffpreise erhöhen den politischen Handlungsdruck. Die weltweite Nachfrage nach natürlichen Ressourcen und damit auch nach Rohstoffen steigt. Im Jahr 2050 werden voraussichtlich neun Milliarden Menschen auf unserer Erde leben – über zwei Milliarden mehr als heute. Sie alle brauchen Wasser, Energie, Rohstoffe. Eine Gegenüberstellung der Massenverhältnisse gibt eine Vorstellung von den Größenverhältnissen: Derzeit liegt der jährliche Ressourcenverbrauch in Deutschland bei rund 40 Tonnen pro Einwohner – gerecht wäre ein Pro-Kopf-Verbrauch von sechs Tonnen. ¹⁴ Ohne eine deutliche Steigerung der Ressourceneffizienz wird allein China bereits im Jahr 2031 voraussichtlich rund 90 % der Weltproduktion an Papier und Stahl verbrauchen. Bei Rohöl wären es, rein rechnerisch, sogar 110 %. Die Angst vor Abhängigkeiten und willkürlicher Verknappung nimmt dabei zu – auch in Deutschland, einem Land, das bei Erdöl und Metallerzrohstoffen fast vollständig importabhängig ist.

¹³ Sustainability – „Made in Germany“ ist der Titel des Peer Review der deutschen Nachhaltigkeitspolitik (2009), der vom Rat für Nachhaltige Entwicklung im Auftrag der Bundesregierung durchgeführt wurde und der an die Visions- und Innovationskraft der deutschen Wirtschaft für Nachhaltigkeit appelliert.

¹⁴ Die Angaben variieren studienabhängig. So gehen Behrens et al. (2007) von 35 Tonnen pro Jahr und Person aus (siehe auch Weisz et al. 2006 oder <http://seri.at/de/news/2009/09/24/overconsumption>), andere Berechnungen kommen zu einem Verbrauch von 44 Tonnen pro Jahr und Person (Fischer-Kowalski et al. 1997). Der Zielwert von sechs Tonnen pro Jahr und Person wird unter anderem von Ekins et al. (2009) erläutert. Grundsätzlich soll dieses Beispiel nur zur Illustration der Verbrauchsverteilung dienen. Für Aussagen über die qualitative Zusammensetzung der Rohstoffe eignet sich der reine Mengenvergleich nicht.

Die nachhaltige Nutzung von Ressourcen verlangt, neben Effizienzsteigerungen langfristig die Ressourcen absolut zu schonen. Von den Managementregeln der Nachhaltigkeit der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie¹⁵ sind die folgenden als Kompass für nachhaltige Rohstoffpolitik zu bezeichnen:

- Regel der Schonung und der Minimierung des Gebrauchs: Nicht erneuerbare Naturgüter (wie mineralische Rohstoffe oder fossile Energieträger) dürfen auf Dauer nur in dem Umfang genutzt werden, wie ihre Funktionen durch andere Materialien oder durch andere Energieträger ersetzt werden können.
- Regel der Entkoppelung und Effizienz: Energie- und Ressourcenverbrauch sowie die Verkehrsleistung müssen vom Wirtschaftswachstum entkoppelt werden.¹⁶ Zugleich ist anzustreben, dass der wachstumsbedingte Anstieg der Nachfrage nach Energie, Ressourcen und Verkehrsleistungen durch Effizienzgewinne mehr als kompensiert wird.

¹⁵ Fortschrittsbericht 2008. http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/___Anlagen/2008-11-17-fortschrittsbericht-2008.html

¹⁶ Wie Hagelüken & Meskers (2010) zeigen, findet zwar eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Verbrauch der Basisrohstoffe statt. Dies gilt aber nicht für Technologiemetalle, also Edel- und Sondermetalle.

Messgrößen

Der Indikator der Nachhaltigkeitsstrategie zur Rohstoffproduktivität ist eine der wichtigsten Leitgrößen zur nachhaltigen Entwicklung, zumal die bis 2020 angestrebte Steigerung der Rohstoffproduktivität (Verdoppelung) mit den bisherigen Mitteln offenbar nicht erreicht werden wird. Die Aussage des Indikators Rohstoffproduktivität wird im Wesentlichen durch den statistischen Löwenanteil der Baurohstoffe und des Einsatzes von Kohle gesteuert. Hier fehlt eine Feinsteuerung im Hinblick auf die für die Realwirtschaft in Deutschland erforderlichen Stoffströme.¹⁷

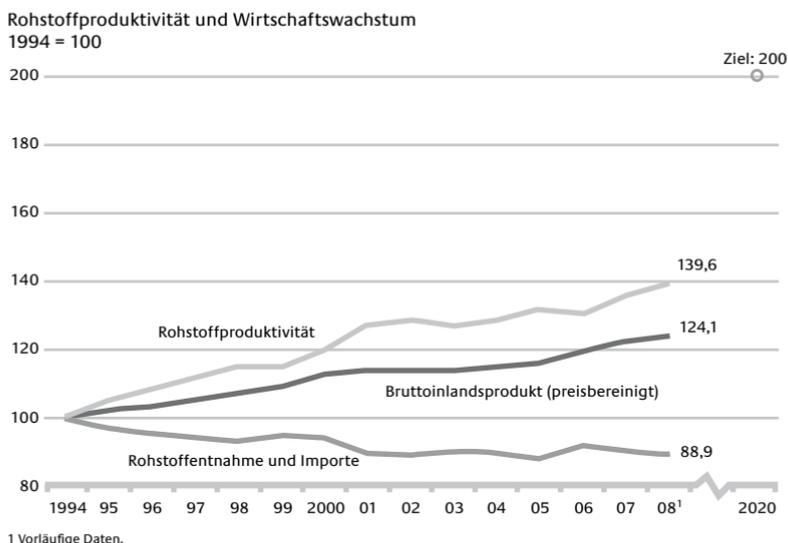


Abbildung 1: Nachhaltigkeitsindikator zu Ressourcenschonung: „Rohstoffproduktivität und Wirtschaftswachstum“ (Quelle: Statistisches Bundesamt, Indikatorenbericht 2010)

¹⁷ Baurohstoffe werden in der Empfehlung nur am Rande erwähnt. Nichtsdestotrotz ist dies ein wichtiges Handlungsfeld der Ressourceneffizienz. Auch im Hinblick auf die Baurohstoffe hat der Nachhaltigkeitsrat in einer Studie „Nachhaltig aus der Krise“ (Görlach et al. 2009) zu Beiträgen einer ökologischen Finanzreform unter Bezugnahme auf die erfolgreichen „Aggregates Levy“ im Vereinigten Königreich auf die Möglichkeit der Einführung von Ressourcensteuern hingewiesen.

Der inländische Materialverbrauch¹⁸ als exportbereinigter Konsumindikator pro Kopf ermöglicht durch die Berücksichtigung aller Importe und Exporte, alle Materialien abzubilden, die derzeit in Deutschland verbraucht werden. Für die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union wird seine Berechnung derzeit von Eurostat vorbereitet, für Deutschland liegen die Daten bereits vor. Der Indikator ist damit eine wichtige Ergänzung zur Rohstoffproduktivität. Um auch indirekte Rohstoffentnahmen abzubilden, die durch Importe verursacht werden, gibt es Überlegungen, den globalen Gesamtmaterialverbrauch¹⁹ abzubilden, die Datenerhebung ist hier jedoch noch nicht so weit fortgeschritten wie beim Indikator des inländischen Materialverbrauchs.²⁰

Die Nachhaltigkeitsstrategie soll das Recycling voranbringen und ihren Indikator Rohstoffproduktivität zu einer Referenz in den Fachpolitiken (Wirtschaft, Abfall, Umwelt) ausbauen. In diesen Fachpolitiken sollen weitere, differenzierte Indikatoren entwickelt werden. Sie sollen transparent anzeigen, ob und wie das Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie erreicht werden kann. In diesem Sinne geht das Bestreben, zukünftig Netto-recyclingquoten für verschiedene Rohstoffkategorien (Eisenmetalle, Nichteisenmetalle, Glas, Papier, Kunststoffe, Holz, Textilien und mineralische Abfälle) darzustellen, in die richtige Richtung.²¹ Der tatsächliche Anteil des recycelten Materials am gesamtwirtschaftlichen Materialverbrauch sollte als ein weiterer Fachindikator angegeben werden. Diese Indikatoren der Teil- und Fachpolitiken können die Wirksamkeit der Nachhaltigkeitsstrategie erhöhen. Fachpolitische Ansätze zur Ressourceneffizienz würden aufgewertet und würden auch im Kontext einer „nachhaltigen Wirtschaft“ (UNCSD 2012: „Green Economy“) erkennbar.

Der Nachhaltigkeitsrat empfiehlt für eine Roadmap zum „Rohstoffland Deutschland“ die Festlegung von hohen Erfassungsquoten nicht nur für Massenrohstoffe wie Papier, Glas, Kunststoffe und Metalle (Kupfer, Stahl, Aluminium), sondern auch für strategisch wichtige Rohstoffe für

¹⁸ Indikator: Domestic Material Consumption in Rohstoffäquivalenten pro Kopf

¹⁹ Indikator: Total Material Consumption

²⁰ Der Stand der Indikatorenentwicklung ist ausführlicher in einem bisher unveröffentlichten Hintergrundpapier des Umweltbundesamtes dargestellt.

²¹ Wie aus einem bisher nicht veröffentlichten Hintergrundpapier des Umweltbundesamtes hervorgeht, wird diese differenzierte Darstellung des Indikators derzeit im Rahmen der unter Federführung des Bundesumweltministeriums entwickelten Ressourceneffizienzstrategie (ProgRes) angestrebt.

Schlüsseltechnologien wie Edelmetalle, Halbedelmetalle und Seltene Erden. In einem zweiten Schritt sollten dann Standards für Recyclingprozesse bestimmt werden.²² Methoden, Messgrößen und statistische Grundlagen sind hierfür zu entwickeln. Dies erfordert, dass strategische Entscheidungen für Innovationspfade gut und transparent vorbereitet werden.²³

Auch auf europäischer Ebene wird derzeit eine Roadmap „Ressourceneffizienz“ im Rahmen der EU-Rohstoffinitiative erarbeitet. Geplant ist die Fertigstellung für das zweite Quartal 2011 und ist im Zusammenhang mit der Erstellung einer nationalen Roadmap eine rahmengebende Referenz.

Globale Dimension

Die Extractive Industry Transparency Initiative (EITI) wird maßgeblich durch die deutsche Entwicklungszusammenarbeit finanziert. Transparenz der Zahlungsflüsse ist ein wichtiger Schritt, der bisher aber nicht verpflichtend ist. Vor diesem Hintergrund kann das Dodd-Frank-Gesetz²⁴ in den USA ein Beispiel für Vorreiterregulierung werden. Im Absatz 1504 sind Rechnungslegungspflichten für Rohstoffunternehmen, die an US-amerikanischen Börsen notiert sind, über ihre Zahlungen an die Regierungen rohstoffreicher Länder auf Länder- und Projektbasis vorgesehen. Ziel ist es, die Korruption in diesem Industriezweig zu minimieren. In der Konkretisierung findet diese Diskussion in Deutschland bisher nicht statt – das sollte geändert werden. Die Europäische Kommission plant Anfang Sommer 2011 die Überarbeitung der Richtlinie 2004/109/EG zu Transparenzanforderungen an Wertpapieremittenten. Der Nachhaltigkeitsrat unterstützt die Bemühungen einer Rechtsetzung auf europäischer Ebene, die eine detaillierte Offenlegung der Zahlung und

²² Diese Forderung trägt dem Umstand Rechnung, dass Recycling von Sondermetallen technologisch noch in den Kinderschuhen steckt, sodass die Festlegung von Recyclingquoten für bestimmte Rohstoffe beim derzeitigen Stand der Technik noch nicht sinnvoll ist. Ein erster und notwendiger Schritt, um Recyclingquoten zu erhöhen, ist die Optimierung der Erfassung, die deshalb zunächst eingefordert wird.

²³ Ein Beispiel: Recycling ist nicht in jedem Fall die beste Lösung. Für bestimmte Verfahren kann es technologische Grenzen geben (zum Beispiel Recycling von Li-Ionen-Batterien durch Schmelzprozesse), bei anderen Produkten machen giftige Inhaltsstoffe das Recycling bedenklich, wenn nicht unmöglich (zum Beispiel bei bromierten Kunststoffen oder Antimon als Härter). Für eine dritte Gruppe mag der Einstieg in die Kreislaufführung unsinnig sein, weil ihr Ersatz durch andere Stoffe oder Verfahren wahrscheinlich und machbar ist.

²⁴ Dodd-Frank Wall Street Reform and Public Consumer Protection Act, Public Law 111-203, July 21, 2010

Gewinne für jedes einzelne Rohstoffextraktionsprojekt und Extraktionsland durch die durchführenden Unternehmen sicherstellt. Ein solches Vorgehen unterstützt die Bemühungen der deutschen Rohstoffpolitik, eine stabile Rohstoffversorgung und transparente Weltmarktpreise für Rohstoffe zu gewährleisten.

Ein weiterer Aspekt der Transparenz sind Herkunftsnachweise für Rohstoffe. Dabei ist die Herkunft allein noch nicht ausreichend. Vielmehr muss eine Zertifizierung Aussagen über die Einhaltung von sozialen und ökologischen Mindeststandards machen. Wenn soziale und ökologische Kriterien der Rohstoffgewinnung Investitionsentscheidungen beeinflussen, kann dadurch auch die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen gesteigert werden. Der Nachweis qualitativer Mindeststandards für Sekundärrohstoffe ist dabei eine komplementäre Maßnahme, um Vertrauen und Investitionssicherheit zu schaffen. Wie oekom research in ihrem Corporate Responsibility Review aus dem Jahr 2011 ausführt, besteht aber noch ein großer Forschungsbedarf im Hinblick auf die Analyse der sozialen und umweltbezogenen Auswirkungen von Rohstoffinvestments und die Entwicklung von Methoden zur Bewertung von deren ESG-Qualität²⁵. Der Nachhaltigkeitsrat regt an, diese Forschungslücke zu schließen und Konzepte der Nachverfolgbarkeit der Produzenten bzw. der Wertschöpfungsketten von Produkten zu entwickeln und zu erweitern. Gleichzeitig können und müssen die Produzenten selbst diese Daten zur Verfügung stellen bzw. erheben und dürfen diese Aufgabe nicht allein den Bemühungen der Gesellschaft überantworten.

Transparenz und Zugriff auf die Zulieferkette ist ein weiterer Anreiz für Recycling vor dem Hintergrund eines erweiterten und verbindlichen Begriffs der Produktverantwortung. Der Hersteller hat damit ein verstärktes Interesse an Risikominimierung und damit verbunden auch der Reinheit des Rohstoffes. Hierzu gibt es viele gute Ansätze, aber keine konzertierte Aktion. Die geforderte Roadmap wäre ein erster Schritt, um aus den Pixeln ein strategisches Bild zu entwerfen.

Ein Ordnungsrahmen muss ferner sicherstellen, dass soziale und ökologische Kosten internalisiert werden sowie sicherheitspolitische Risiken sichtbar gemacht und minimiert werden. Gegebenenfalls bedarf es hier ökonomischer Anreize oder Standards für Abfallexporte.

²⁵ ESG steht für „Environment, Social & Governance“. Durch sogenannte Key Performance Indicators (KPI) für diese drei Bereiche könnten Investitionsentscheidungen stärker an Nachhaltigkeit ausgerichtet werden.

4. Auf dem Weg zu einer Roadmap „Rohstoffland Deutschland“

Nachhaltigkeitsregeln müssen zum Grundsatz der Rohstoffpolitik und Rohstoffwirtschaft werden. Da sich die Managementregeln der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie vor allem auf den Umgang mit Massenrohstoffen beziehen, müssen sie erweitert werden. Qualitativ hochwertige, nicht erneuerbare Rohstoffe sind häufig aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften nachgefragt. Zumeist werden sie nur in geringen Mengen benötigt. Die Kreislaufführung dieser Rohstoffe muss anders adressiert werden, als dies bisher der Fall für Massenrohstoffe war. Zentral ist dabei die Berücksichtigung der verschiedenen Dimensionen von Knappheit.

Innovations- und Investitionszyklen müssen gezielt berücksichtigt werden, damit sie nutzbar werden. Der Nachhaltigkeitsrat hat in seiner Empfehlung zur fiskalischen Nachhaltigkeitspolitik darauf aufmerksam gemacht, dass stabile Finanzmärkte die Voraussetzung für langfristige Investitionen in Zukunftstechnologien sind. Die Volatilität der Rohstoffpreise steht dazu im Widerspruch. Eine Rohstoffstrategie, die nur auf die Sicherung des Zugangs zu Primärrohstoffen abzielt, ist nicht nachhaltig. Eine nachhaltige Rohstoffstrategie zielt auf die Internalisierung von sozialen und ökologischen Kosten sowie sicherheitspolitischen Risiken ab. Alternativen zum Primärrohstoffkonsum wie Substitution durch erneuerbare Rohstoffe, Reduktion des absoluten Rohstoffverbrauchs und die Kreislaufführung von Rohstoffen – sprich der verstärkte Einsatz von Sekundärrohstoffen – können der Unsicherheit auf den Märkten entgegenwirken.

Eine rechtlich bindende und anerkannte Definition für strategische Rohstoffe ist eine Voraussetzung dafür, dass Verantwortlichkeiten für den Umgang mit diesen Rohstoffen festgelegt oder gefordert werden können. Sie sollte damit auch Bestandteil einer Roadmap werden. Eine Definition strategischer Rohstoffe ist im besten Fall so konkret, dass auf ihrer Grundlage ein Handlungsleitfaden für die Verhältnismäßigkeit im Umgang mit deren Knappheit erstellt werden kann.

Eine Roadmap muss differenzieren zwischen den Bereichen Stand der Technik und Stand der Umsetzung:

Im Bereich der meisten Industriemetalle sind die Recyclingtechniken in Deutschland schon weit fortgeschritten. Das geht bis hin zur Rückgewinnung von Metallen aus der Schlacke von Müllverbrennungsanlagen. Es betrifft alle gängigen Basismetalle wie Kupfer, Aluminium, Blei, Zinn, Zink oder Nickel. Doch auch strategische Rohstoffe wie Platin aus Autokatalysatoren, aber auch Selen, Indium oder Tellur können recycelt werden. Entwicklungsbedarf bei diesen Stoffen besteht vor allem bezogen auf Anforderungen, die sich aus komplexeren Produktbausätzen ergeben.

Auch wenn es möglich ist, viele strategische und Industriemetalle zu recyceln, müssen die Erfassungsquoten im Post-Consumer-Segment erheblich gesteigert werden, um sich einer 100%-Wiederverwertung anzunähern. Dies gilt insbesondere für strategische Metalle wie die Metalle der Seltenen Erden oder Indium, die europaweit im End-of-Life-Segment nur marginal mit Quoten unter 1 % recycelt werden.

Forschung und Entwicklung zu verfahrenstechnischem Wissen in diesem Bereich sind trotz einiger technischer Lösungen weiterhin notwendig. Zudem muss der Staat die Barriere hemmender Akteurskonstellationen durchbrechen und Marktanreize schaffen. In diesem Sinne sind verlässliche Markteinschätzungen und Ideen für neue Geschäftsmodelle Bestandteile einer Roadmap.

Die Wirtschaftlichkeit fast aller Recyclingtechnologien ist mittel- bis langfristig positiv einzuschätzen – darin sind sich die Experten einig. Unklarheit besteht darüber, wann der Zeitpunkt der Wirtschaftlichkeit erreicht ist. Eine Roadmap soll Wege aufzeigen, diesen Zeitpunkt in absehbare Nähe zu rücken. Konkret wird sie zeigen müssen, wie Unsicherheiten auf den Rohstoffmärkten und der fortbestehenden Preisvolatilität begegnet werden soll. Anreizstrukturen sind dann geeignet, wenn sie darauf abzielen, sowohl Massenindustriemetalle als auch strategische Metalle wiederzuverwerten, und dazu führen, die Recyclingkette weitestgehend zu schließen. 100 % Kreislaufführung setzt dementsprechend eine Erfassungsquote von 100 % voraus. Dazu sind material-spezifische Verwertungsquoten anzugeben. In diesem Sinne schlägt der Nachhaltigkeitsrat eine Qualifizierung des Rohstoffindikators der Nachhaltigkeitsindikatoren vor.

Die Realisierung hoher Erfassungsquoten ist aber keine rein logistische Herausforderung. Das Kundenverhalten muss durch eine Roadmap

ebenso adressiert werden. Verhaltenssteuernde Anreize können zum Beispiel das Angebot neuer Geschäftsmodelle oder die Bereitstellung von Produktinformationen über die gesamte Wertschöpfungskette bedeuten.

Der demografische Wandel verändert die Anforderungen an bestehende Infrastruktur. Eine Roadmap muss anregen, die Dimensionierung der Entsorgungsinfrastruktur neu zu justieren. Die Entwicklung einer Roadmap muss aber auch die Frage nach der gesellschaftlichen Übernahme von Entsorgungskosten in entvölkerten ländlichen Gebieten stellen.

Um eine Roadmap auf konkrete und umsetzbare Ideen zu bauen, muss sie anschlussfähig sein an die Interessenvielfalt gesellschaftlicher und politischer Akteure. Durch ein dialogisches Verfahren zur Erstellung eines solchen Fahrplans wird dieser Forderung Rechnung getragen.

Hintergrund – Informationen zu Technik, wirtschaftlicher und rechtlicher Machbarkeit

Wie sind die Voraussetzungen, um die Vision „Rohstoffland Deutschland“ umzusetzen? Wie ist der Stand der Technik bei der Sammlung, Aufbereitung und Wiedernutzung von Massenrohstoffen und Industriemetallen einzuschätzen? Wie ist die Wirtschaftlichkeit dieser Technologien zu bewerten und was ist der politische „Stand der Möglichkeiten“? Die folgenden Ausführungen legen einen Schwerpunkt auf Industriemetalle, da es hier im Vergleich zu Recycling von Kunststoffen nicht so viele Erkenntnisse gibt. Diese zum Teil seltenen Rohstoffe liegen aus diesem Grund auch im Fokus des politischen Interesses.

1. Notwendigkeit einer Definition

Eine rechtlich bindende und anerkannte Definition für strategische Rohstoffe liegt nicht vor. Gleichwohl ist sie eine Voraussetzung dafür, dass Verantwortlichkeiten für den Umgang mit diesen Rohstoffen festgelegt oder gefordert werden können. Dabei geht es in erster Linie um die Aufstellung einer solchen Liste, die allerdings nicht als abgeschlossen zu verstehen ist, sondern dynamischen Prozessen entsprechend angepasst werden kann. Eine Definition muss die Einordnung von Rohstoffen in Knappheitskategorien gewährleisten und stellt damit einen Leitfaden für den Umgang mit Rohstoffen dar. Eine wichtige Referenz für die Identifizierung strategischer Rohstoffe ist der Bericht der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Europäischen Kommission zur Definition kritischer Rohstoffe (EU KOM 2010)²⁶:

„To qualify as critical, a raw material must face high risks with regard to access to it, i.e. high supply risks or high environmental risks, and be of high economic importance. In such a case, the likelihood that impediments to access occur is relatively high and impacts for the whole EU economy would be relatively significant.“ (EU KOM 2010)

²⁶ Die Europäische Kommission verwendet statt „strategische Rohstoffe“ den Ausdruck „kritische Rohstoffe“, um den militärischen Charakter des Terms zu vermeiden.

Die Mitteilung KOM (2011) 25 der EU-Kommission zu Grundstoffmärkten und Rohstoffen liefert ebenfalls keine vollständig neue Definition, sondern beschreibt eher wesentliche Elemente einer Definition, und die Parameter, die Knappheit bestimmen. Der Zeitbezug ist allerdings neu: „Als kritisch werden Rohstoffe bezeichnet, bei denen das Risiko eines Versorgungsengpasses in den nächsten zehn Jahren besonders groß ist und die als besonders wichtig für die Wertschöpfungskette betrachtet werden. Das Risiko von Versorgungsengpässen steht im Zusammenhang mit der Konzentration der Produktion auf einige Länder und die geringe politische und wirtschaftliche Stabilität mancher Lieferanten.“

Die beiden Definitionen beinhalten aus Sicht des Nachhaltigkeitsrates wesentliche Elemente. Sie lassen aber einen weiten Interpretationsspielraum und sollten deshalb aus Sicht des Nachhaltigkeitsrates präzisiert werden. Ein Vorschlag mit konkreteren Eckpunkten kommt vom VDI ZRE:

„Im Folgenden werden strategische Rohstoffe definiert als Rohstoffe, die zwingend (d. h. nicht gleichwertig substituierbar) für Technologien benötigt werden, die für die deutsche Wirtschaft zukünftig eine hohe Bedeutung (Weltmarktanteile) haben werden und im Inland nicht oder nur sehr begrenzt verfügbar sind. Dies betrifft neben altbewährten Technologien, die weiterhin eine wichtige Rolle spielen, insbesondere Zukunftstechnologien.“

Da hier nicht alle Dimensionen der Nachhaltigkeit widerspiegelt werden, ist auch diese Definition nicht ausreichend.

Verschiedene Autoren und Institutionen legen unterschiedliche Kriterien zur Bestimmung der strategischen Bedeutung von Rohstoffen an. Annäherungen gründen häufig auf Annahmen und Projektionen für das Nachfrageprofil der Zukunft. Der anstehende Paradigmenwechsel ergibt sich vor allem aus den Eigenschaften der Zukunftstechnologien, die stärker als zuvor auf Miniaturisierung, Digitalisierung und neue, komplexere Materialverbünde gründen. Dabei entscheidet häufig eine spezifische Rohstoffeigenschaft über den besonderen Nutzwert – und nicht sein massenhafter Einsatz.

Aus diesem Grund müssen die heute projizierbaren Zukunftstechnologien genau untersucht werden, damit die Rohstoffnachfrage morgen skizzierbar wird. Vor dem Hintergrund der sich herauschälenden

Zielvorgabe einer „Green Economy“ gilt dies insbesondere für jene Technologien, die Teil dieser nachhaltigen Wirtschaftsweise werden sollen. Der folgende Abschnitt stellt dar, wie verschiedenen Experten die Nachfrage nach Zukunftstechnologien mit der Definition strategischer Rohstoffe verknüpfen.

Zukunftstechnologien und strategische Rohstoffe

Eine viel zitierte Studie, die vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) gemeinsam mit dem Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) durchgeführt wurde (Angerer et al. 2009), überprüft im Sinne einer Vorsortierung ausschließlich solche Rohstoffe, die in sogenannten Zukunftstechnologien verwendet werden (siehe auch Tabelle 1). Der erste Schritt ist damit die Identifikation von Zukunftstechnologien, was selbst wieder eine Auswahl und das Verwenden von Kriterien und Projektionen impliziert.

Rohstoff	Hauptverwendungsgebiete
Aluminium	Einsatz u. a. in der Konstruktionstechnik, Elektrotechnik, Elektronik
Gallium	Dünnschicht-Photovoltaik, IC (Mikrochips), WLED
Indium	Displays, Dünnschicht-Photovoltaik
Kobalt	Elektromobilität
Kupfer	Effiziente Elektromotoren, RFID; Massenrohstoff
Lithium	Akkumulatoren (Elektromobilität)
Neodym	Permanentmagnete (Windkraftanlagen, Elektromotoren)
Platin	Brennstoffzellen, Katalyse
Silber	RFID, bleifreie Weichlote
Tantal / Coltan	Mikroelektronik, Mobiltelefone, Laptops
Tellur	Dünnschicht-Photovoltaik
Selen	Dünnschicht-Photovoltaik
Wolfram	Legierungen, Röntgendiagnostik
Zinn	Bleifreie Weichlote, transparente Elektroden

Tabelle 1: Beispiele für Rohstoffe, die in der Expertendiskussion als strategische Rohstoffe gelten

Die Europäische Kommission (2010) hat in ihrem Papier in Anlehnung an die Studie von Angerer et al. auch eine Zuordnung von Rohstoffen zu Zukunftstechnologien vorgenommen. Darüber hinaus identifiziert die Europäische Kommission im Vergleich zu Angerer et al. (2009) eine größere Anzahl strategischer Rohstoffe, da auch Industriemetalle, die in konventionellen Technologien eingesetzt werden, berücksichtigt werden (Abbildung 2). Diesem Papier wird allgemein viel Bedeutung beigemessen und es ist in der politischen und wissenschaftlichen Diskussion eine häufig angeführte Referenz.

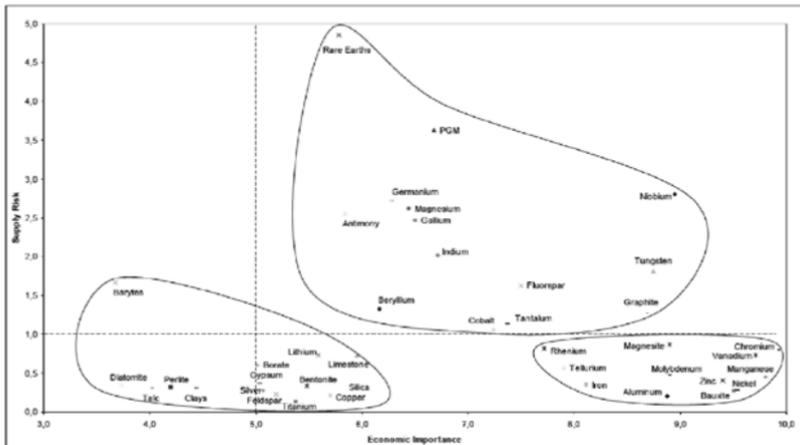


Abbildung 2: Identifikation strategischer Rohstoffe (Quelle: Europäische Kommission, 2010)

Überschneidungen lassen sich auch mit anderen Studien finden. So identifiziert Hagelüken (2010) einen steigenden Bedarf an Tellur, Selen und Gallium aufgrund der erwarteten Nachfragesteigerungen der Dünnschicht-Photovoltaik und einen steigenden Bedarf an Lithium, Kobalt und Seltenen Erden aufgrund weltweiter Ausbauziele im Bereich Elektromobilität. Weiterentwicklungen in der Optoelektronik führen dem Autor zufolge zu einem verstärkten Einsatz von Silizium, Tellur, Gallium, Selen, Germanium und Indium, wobei er hier konstatiert, dass einige Rohstoffe (zumindest innerhalb ihrer Rohstoffgruppen) ersetzbar sind (weitere Listungen finden sich auch bei Faulstich et al. 2010, Bardt 2008 oder dem UNEP International Panel for Sustainable Resource Management).

Eine Definition strategischer Rohstoffe ist im besten Fall so konkret, dass auf ihrer Grundlage ein Handlungsleitfaden für die Verhältnismäßigkeit im Umgang mit deren Knappheit erstellt werden kann. Eine beispielhafte Ausführung soll dies verdeutlichen:

Kupfer ist ein Massenrohstoff. Bei der Gewinnung von Kupfer können als Kuppelprodukte andere, seltenere Rohstoffe abgebaut werden, deren alleiniger Abbau nicht wirtschaftlich wäre. Zu diesen Kuppelmetallen gehören z. B. Silber, Gold, Selen, Kobalt oder Tellur. Ein verstärkter Einsatz von Kupfer als Sekundärrohstoff verringert die Abbaurate des Primärrohstoffes, was im Extremfall zu einer Knappheit bei den entsprechenden Kuppelmetallen führen kann. Erdmann (2011) weist darauf hin, dass End-of-Life-Recycling die Bedarfslücke kurzfristig nur ansatzweise schließen kann, da der Rücklauf der Rohstoffe zeitverzögert stattfindet. Langfristig hingegen kann Recycling eine wichtige Strategie sein. Während einige Kuppelmetalle nur in wenigen Produkten eingesetzt werden (Seltene Erden), gibt es andere Kuppelmetalle, die in verschiedenen Produktkategorien eingesetzt werden. Dazu gehört zum Beispiel Silber, das sowohl in konventionellen als auch in Zukunftstechnologien Anwendung findet. Dazu gehört auch Indium, ein Kuppelmetall von Zinn, Zink und Blei, das zunehmend Bedeutung gewinnt durch den Einsatz in verschiedenen Technologien der zukünftigen „Green Economy“. Die Bedeutung von Neodym liegt in seiner Verwendung als stärkster Werkstoff für Dauermagnete insbesondere in Windkraftanlagen begründet. Es gibt aber auch Windkraftanlagen, die ohne Neodym und andere Seltene Erden auskommen und damit einen höheren Wartungsaufwand in Kauf nehmen (Beispiel Enercon).

Mischkunststoffe können unter Umständen die Funktion von strategischen Industriemetallen übernehmen. Deshalb müssen sie auch betrachtet werden.

Die Faktoren, die Knappheit verursachen (einschließlich umwelt-, gesundheits- oder sozialschädlicher Faktoren), sowie die Frage, ob und in welcher Form Substitute verfügbar sind, bedingen spezifische politische Reaktionen. Die Frage nachhaltiger Rohstoffpolitik kann weder verallgemeinerbar mit der Forderung nach höheren Recyclingquoten beantwortet werden noch mit alleinigen Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen hinsichtlich Substitutionsmöglichkeiten.

Vor dem Hintergrund verschiedener methodischer Herangehensweisen zur Identifizierung strategischer Rohstoffe sowie der oben dargestellten Definitionsvorschläge wird im Folgenden der Vorschlag des Rates für Nachhaltige Entwicklung vorgestellt.

Definition: Strategische Rohstoffe

Grenzmarkierungen für die Verfügbarkeit von Rohstoffen sind die vielfältigen Dimensionen von Knappheit. Eine Definition für strategische Rohstoffe muss diese Eckpunkte der Knappheit zum Gegenstand machen.

Der Vorschlag vom Zentrum für Ressourceneffizienz des VDI (VDI ZRE)²⁷ wird im Folgenden als Grundlage verwendet und um Aspekte ergänzt, die in den Dokumenten der Europäischen Kommission berücksichtigt werden. Dies betrifft insbesondere die ökologische und soziale Dimension der Nachhaltigkeit:

Im Folgenden werden strategische Rohstoffe definiert als Rohstoffe, die zwingend (d. h. nicht gleichwertig substituierbar) für Technologien benötigt werden, die für die deutsche Wirtschaft zukünftig eine hohe Bedeutung (Weltmarktanteile) haben werden und im Inland nicht oder nur sehr begrenzt verfügbar sind. Dies betrifft neben altbewährten Technologien, die weiterhin eine wichtige Rolle spielen, insbesondere Zukunftstechnologien. Die Verfügbarkeit der Rohstoffe ist dabei durch Knappheit begrenzt. Rohstoffe, deren Abbau oder Verwendung Umwelt-, Gesundheits- oder soziale Mindeststandards verletzt, fallen unter die Dimension „Knappheit aufgrund von Nachhaltigkeitsregeln“ und gelten entsprechend als nicht verfügbar.

²⁷ Wortlaut der ZRE-Definition: „Im Folgenden werden strategische Rohstoffe definiert als Rohstoffe, die zwingend (d. h. nicht gleichwertig substituierbar) für Technologien benötigt werden, die für die deutsche Wirtschaft zukünftig eine hohe Bedeutung (Weltmarktanteile) haben werden und im Inland nicht oder nur sehr begrenzt verfügbar sind. Dies betrifft neben altbewährten Technologien, die weiterhin eine wichtige Rolle spielen, insbesondere Zukunftstechnologien.“

2. Wirtschaftliches und technisches Potenzial zum Recycling

Stand der Technik/Stand der Wissenschaft

Im Bereich der meisten Industriemetalle sind die Recyclingtechniken insbesondere in Deutschland schon weit fortgeschritten. Das geht bis hin zur Rückgewinnung von Metallen aus der Schlacke von Müllverbrennungsanlagen. Es betrifft alle gängigen Industriemetalle wie Kupfer, Aluminium – kaum ein Nicht-Eisen-Metall lässt sich so leicht verwerten wie Aluminium –, Blei, Gold, Silber, Zinn, Zink, Nickel etc. Es betrifft aber teilweise auch strategische Rohstoffe wie z. B. Platin aus Autokatalysatoren. Bei all diesen Stoffen bezieht sich der Entwicklungsbedarf im Recyclingbereich v. a. auf die komplexeren Produktbausätze. Der Recyclinganteil beim Einsatz von Stahl, Blei und Kupfer liegt bei über 50 %, der von Nickel liegt bei 40 %. Dagegen lag die Recyclingquote von Lötzinn (im Jahr 2003) nur bei rund 10 % (VDI ZRE 2011).

Faulstich et al. (2010) listen die Recyclingquoten für verschiedene Rohstoffe, darunter auch die oben exemplarisch herausgesuchten Stoffe: Für Kupfer zeigen sie den Unterschied der Recyclingquoten je nach Region: Während die Recyclingquote für Kupfer aus Pre- und Post-Consumer-Abfällen laut U.S. Geological Survey (USGS) 35 % und die Post-Consumer-Quote laut EU-Kommission 20 % beträgt, gibt die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe eine Recyclingquote für Kupfer von 54 % in Deutschland an. Damit liegt Deutschland beim Recycling von Kupfer deutlich über dem internationalen Durchschnitt. Indium oder Metalle der Seltenen Erden wie Neodym werden europaweit im Post-Consumer-Segment in nicht nennenswerten Größenordnungen recycelt. Hier gibt es politischen Handlungsbedarf, das Recycling für diese Rohstoffe zu fördern oder alternative Strategien bereitzuhalten.

Auch das International Panel for Sustainable Resource Management vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen, UNEP, hat weltweite Recyclingquoten für verschiedene Rohstoffe zusammengestellt. Danach haben nur wenige Metalle derzeit eine End-of-Life(EoL)-Recyclingrate von mehr als 50 % (z. B. Eisen und Platin) und somit eine relativ hohe Effizienz des Post-Consumer-Recyclingsystems.

Beispiel Kupfer: EoL-Recyclingrate Ende 2009: 25 bis 50 % je nach Land und Produkten. Hier wird das Fehlen einer adäquaten Recyclinginfrastruktur für WEEE als Hauptproblem verlorener Rohstoffe wie Kupfer, aber auch Silber, Gold, Palladium etc. gesehen.

Beispiel Palladium: EoL-Recyclingrate Ende 2009: 60 bis 70 % (globaler Durchschnitt) – industrielle Raten bis zu 90 %, Palladiumgewinnung aus E-Schrott aber nur 5 bis 10 %. Fehlende Infrastruktur für Produkte (Sammlung und Pre-Treatment).

Beispiel Indium: Große Nachfragesteigerungen erwartet; wie bei den meisten anderen „specialty metals“ beträgt die Recyclingrate <1 %.

Die oben bereits angedeutete logistische Herausforderung, die mit Recyclingbemühungen verbunden ist, wird deutlich, wenn man Pre- und Post-Consumer-Quoten miteinander vergleicht. Am Beispiel Zink wird das deutlich: Bei den Pre-Consumer-Abfällen werden laut USGS über 50 % des Rohstoffs recycelt. Nach der Produktnutzung durch den Konsumenten werden nur noch 8 % des Zinks in den Kreislauf als Sekundärrohstoff zurückgeführt.

Hagelüken (2010, 2011b) unterstreicht diesen Sachverhalt. So seien in der Elektronik und bei Katalysatoren Edelmetalle wie Gold, Platin und Palladium zu Treibern für Recycling geworden. Beim Recycling der Edelmetalle können mit modernster Technik viele der strategischen Metalle wie Selen, Indium oder Tellur als Nebenprodukte recycelt werden. So schätzt der Autor ein, dass die Recyclingindustrie auf gutem Wege ist, die technischen Prozesse hinsichtlich der Spannbreite der zu recycelnden Metalle wie auch der Recyclingerträge zu optimieren. Das IZT (Behrendt & Lorenz 2010) hat sowohl einzelne Produkte als auch einzelne Rohstoffe näher betrachtet und Argumente für den Handlungsbedarf hinsichtlich der Förderung von Recycling zusammengetragen. Die Zusammenstellung verdeutlicht die Notwendigkeit politischer Steuerung, aufgrund derer priorisierte Entscheidungen getroffen werden können.

Erdmann (2011) hebt hervor, dass es bezüglich des Recyclings einiger strategischer Metalle noch keine etablierten Verfahren gebe – neben dem verfahrenstechnischen Wissen seien die Akteurskonstellationen ungünstig, es fehle an Marktanreizen, verlässlichen Markteinschätzungen und Geschäftsmodellen.

Experten (z. B. Behrendt & Lorenz 2010) sehen die größten technischen Herausforderungen in erster Linie darin, dass der gesamte Recyclingprozess an spezifische Produkteigenschaften angepasst sein muss. Geringe Konzentrationen der rückzugewinnenden Rohstoffe sowie ihre dissipative Verteilung und die Materialzusammensetzung komplexer Produkte wie Fahrzeuge oder Computer stellen hohe Anforderungen nicht nur an die metallurgischen Prozesse, sondern auch an die Sammlung, Sortierung und Zerlegung der Produkte. Hagelüken geht so weit, logistische Aufgaben als größte Herausforderung zu bezeichnen.²⁸ Gerade das Beispiel Mobiltelefone zeigt, dass in der Praxis kaum Recycling stattfindet – trotz etablierter Technik.

Er fordert, dass spezifische Einflussfaktoren der Reihe nach adressiert werden. Die Stufen seien als notwendige Bedingung für die nächste Stufe zu verstehen. Alle Bedingungen müssen schließlich erfüllt werden (Hagelüken 2011a):

- Technische Rezyklierbarkeit (Grundvoraussetzung)
- Zugänglichkeit des relevanten Bauteils
- Ökonomische Rezyklierbarkeit
 - Intrinsisch (z. B. Autokatalysatoren)
 - Extern (durch Politik) geschaffen (z. B. Bierflasche oder Hausmüll)
- „Erfassungstatbestand“ (Sammlung)
- Einsteuerung und Verbleib in Recyclingkette
- Optimale technisch-organisatorische Auslegung der Recyclingkette
- Vorhandensein ausreichender Recyclingkapazitäten

In ihrem ausführlichen Informationspapier zur Konkretisierung der Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „r³ – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische

²⁸ „The biggest challenge to overcome are the insufficient collection of consumer goods and inefficient handling within the recycling chain.“ (Hagelüken 2010, S. 309)

Metalle und Mineralien“ identifizieren die Verfasser unter Hauptautorenschaft von Prof. Faulstich (Faulstich et al. 2010) auch unter Bezugnahme auf die Papiere von Angerer et al. 2009 und der Europäischen Kommission 2010 den Bedarf an Forschung und Entwicklung unter anderem für das Recycling strategischer Metalle und Industriemineralien und die Gewinnung von Wertstoffen aus dem Rückbau von Infrastruktur. Dabei differenzieren sie auch nach verschiedenen Prozessstufen, wie Hagelüken sie anspricht.

Möglichkeiten und Grenzen von Materialsubstitution

Das Knappheitsargument wird in der wissenschaftlichen und politischen Diskussion unterschiedlich bewertet. Sowohl Materialsubstitution als auch Recycling haben einen Einfluss auf Knappheit und somit Auswirkung auf die Verfügbarkeit von Rohstoffen. Vielfach wird argumentiert, man müsse die Substitutionsmöglichkeit von Rohstoffen bewerten und der Recyclingoption gegenüberstellen. Substitution hingegen bedeutet häufig das Ersetzen ganzer Funktionseinheiten. Im Fall der Metalle der Seltenen Erden werden häufig substituierbare Rohstoffe gekoppelt abgebaut, sodass eine rein technische Substituierbarkeit durch vergleichbare Stoffeigenschaften noch keine praktische Substitution bedeuten muss. Schließlich muss auch das Substitutionsmaterial einer Nachhaltigkeitsprüfung standhalten. Hier ist zum Beispiel bei Nanomaterialien die Umweltverträglichkeit festzustellen. Zusätzlich sollte die Rezyklierbarkeit auch Kriterium für „gleichwertige Substitution“ sein. Schließlich sollten Substitute im besten Fall erneuerbar sein.²⁹ Die Frage, inwiefern erneuerbare Rohstoffe auch als Massenrohstoffe zur Verfügung stehen, muss ebenso beantwortet werden.³⁰

Selbst ohne Substitutionsmöglichkeit sind politische Fördermaßnahmen zum verstärkten Recycling nicht zwangsläufig zu rechtfertigen. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Einsatz des Stoffes auf wenige Produktgruppen beschränkt ist. Andere Experten argumentieren, dass

²⁹ Dies ist eine Forderung, die über die Forderungen der Managementregeln der Nachhaltigkeitsstrategie hinausgeht.

³⁰ Das „Cradle-to-Cradle“-Prinzip (Braungart & McDonough 2008) skizziert die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft und die damit verbundene Gestaltung von Produkten zur Nutzung der Effektivität natürlicher Systeme, bietet aber bisher keinen umfassend praktikablen Weg der Umsetzung. Um für die Idee Mitsstreiter zu gewinnen, eignet sich die Marke „Cradle-to-Cradle“ allerdings gut. Es gibt vielfältige Vorstellungen davon, welche erneuerbaren Materialien sich tatsächlich eignen könnten, um Massensubstitute zu erzeugen.

die Recyclingförderung bestimmter strategischer Metalle selbst bei unwirtschaftlichem Recycling, bei spezifischem Produkteinsatz und unschädlicher Umweltwirkung in einer politisch bedingten Knappheitssituation gerechtfertigt sei.

Unterschiedlich bedingte Knappheit macht die Nutzung von Alternativen der Primärrohstoffbeschaffung für eine nachhaltige Rohstoffwirtschaft notwendig. Dabei spielen Effizienzstrategien, Substitution und Recycling eine bedeutende Rolle und müssen durch konkrete rechtliche Rahmenbedingungen ermöglicht und gefördert werden. Langfristige Folgen von Alternativstrategien wie Materialsubstitution können aus methodischen Gründen nur sehr eingeschränkt eingeschätzt und bewertet werden. Die Roadmap für das Rohstoffland Deutschland sollte hierauf eingehen und ein Verfahren vorsehen, welches Schritte zur Überprüfung von Alternativen vorgibt.

Wirtschaftlichkeit der Recyclingtechnik

Grundsätzlich sind sich die Experten einig, dass die Wirtschaftlichkeit fast aller Recyclingtechnologien mittel- und langfristig positiv einzuschätzen ist. Unklarheit besteht aber darüber, wann der Zeitpunkt der Wirtschaftlichkeit erreicht ist. Es ist Aufgabe der Politik, diesen Zeitpunkt in absehbare Nähe zu rücken.

Die Wirtschaftlichkeit von Recyclingtechniken ist von verschiedenen Einflussfaktoren abhängig. Darunter fallen Kosten entlang der gesamten Wertschöpfungskette und die Preisentwicklung auf den internationalen Rohstoffmärkten. Einigkeit herrscht unter Experten, dass die Preisvolatilität weiter ansteigt.

In seiner Stellungnahme für den Nachhaltigkeitsrat weist das VDI Zentrum für Ressourceneffizienz darauf hin, dass Preisvolatilität auch dann Effizienzinvestitionen und Recycling verhindere, wenn das Preisniveau im Durchschnitt eine Wirtschaftlichkeit gewährleistet.

Erdmann (2011) hebt hervor, dass nur durch eine weitgehend geschlossene Recyclingkette mit hohen und qualifizierten Ausbeutungsgraden der zur erwartenden eingeschränkten Verfügbarkeit strategischer (Halb-)Metalle und der damit einhergehenden Preisvolatilität begegnet werden kann.

Bardt (2008) vom Institut der Deutschen Wirtschaft, IW, argumentiert, dass sich die Rohstoffkosten in der Produktion über eine verbesserte Ressourceneffizienz drücken lassen, nicht aber durch den verstärkten Einsatz von Sekundärrohstoffen, da deren Preisentwicklung parallel zum Preis für Primärrohstoffe verläuft (ein Markt sowohl für nicht substituierbare als auch für substituierbare Rohstoffe). Preise sinken nur durch das insgesamt größere Angebot auf den Märkten. Bardt zieht daraus folgende Schlussfolgerung: „Voraussetzung für einen breiteren Einsatz von Alternativ- und Sekundärrohstoffen ist daher in vielen Fällen, dass es durch technischen Fortschritt zu einer signifikanten Preissenkung kommt.“

Hinzu kommen einige besondere Faktoren. Darunter fällt zum Beispiel die Koppelproduktion seltener Metalle, deren Gewinnung ohne den Abbau des Massenmetalls nicht wirtschaftlich wäre. Eine signifikante Steigerung der Recyclingraten der Massenmetalle würde folglich zu einer Verknappung der Kuppelmetalle führen (vgl. auch Faulstich et al. 2010). Für sich allein genommen könnte dies zu einer Barriere für die Kreislaufwirtschaft werden. Allerdings ist hiervon kaum auszugehen, sofern gleichzeitig auch seltenere und wenig konzentrierte Rohstoffe dem Recyclingprozess zugeführt werden, wovon bei der konkreten Vision zum Rohstoffland Deutschland ausgegangen werden kann.

Vor dem Hintergrund komplexer Materialverbunde ist ein wichtiger Einflussfaktor der Gehalt strategischer Metalle in Produkten: Je höher die Konzentration von Edelmetallen im Produkt, desto wirtschaftlich attraktiver ist auch das Recycling.

Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung für zukünftige Recyclingtechnologien, die dem Anspruch einer Roadmap für das Rohstoffland Deutschland gerecht würde, liegt nicht vor.

Ein Beispiel für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde von Kang & Schoenung (2006) erstellt. In ihrem Artikel „Economic Analysis of Electronic Waste Recycling“ stellen sie die Modellierung der Kosten und Erträge einer Recyclinganlage in Kalifornien dar. Auch wenn diese Modellierung bereits einige Jahre zurückliegt und auf einen bestimmten Fall bezogen ist, lassen sich doch einige Erkenntnisse für den vorliegenden Zweck erschließen:

Bei der Zuordnung der Kosten sind Materialkosten mit ca. 37% der höchste Kostenfaktor, vor Arbeitskosten (ca. 27%). Innerhalb des Recyclingprozesses war der eigentliche Recyclingschritt (hier: cathode ray tubes, CRT) mit 30% die kostspieligste Prozesseinheit. Zählt man Sammlung, Sortierung, Zerlegung, Separation und Reduktion zusammen, kommt man auf einen Kostenanteil von 47% der Gesamtkosten. Die Anteile der Gewinne zeigen, in welchem Maße politische Steuerung Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Recycling nehmen kann. So haben sich die größten Gewinnanteile wie folgt aufgeteilt: 60% der gesamten Einnahmen waren die Recyclinggebühren, die der Verbraucher gezahlt hat (CRT ist in Kalifornien recyclingpflichtig), 27,9% der Einnahmen wurden durch die zweitbeste Einnahmequelle abgedeckt, nämlich die Einkünfte über die Metallrückgewinnung. Das Verhältnis von Profit zu Effizienz (Profit-Effizienz-Ratio) war am besten bei Edelmetallen, nämlich 41,1 (im Vergleich dazu 0,8 für CRT-Monitore und 0,4 bei Plastikrecycling).

Die Modellierung unterstreicht, dass die Qualität der Produkte sowie der Anteil der Wertstoffe im Produkt hoch sein sollte. Der eigentliche Recyclingschritt ist zwar ein gewichtiger Kostenfaktor. Die Prozesse in der gesamten Recyclingkette sind aber mindestens genauso ausschlaggebend. Schließlich wirft das Beispiel die Frage auf, inwiefern gesetzliche Rahmenbedingungen flexibel genug sind, um den Marktanforderungen zu begegnen und keine widersinnigen Förderstrukturen zu etablieren.

3. Praxisbeispiele

Die folgenden Praxisbeispiele für Recyclingtechnologien illustrieren die Bandbreite der bereits heute realisierten technischen Möglichkeiten – vom Recycling von Massenstoffen wie Kunststoffgranulaten oder Kupfer bis hin zum Recycling von Edelmetallen und anderen seltenen Technologiemetallen.

Interseroh („recycled resource“) als Beispiel für „Upcycling“

Das Ziel von Recyclingprozessen ist es, mit dem Sekundärrohstoff einen gleich- oder höherwertigen Stoff zu gewinnen („upcycling“). Wenn dies gelingt, ist Recycling besonders innovativ. Das Ziel war die Vermeidung sowie die ökologisch und ökonomisch sinnvolle Verwertung von Verpackungsabfällen. Diese Verwertung erfolgt beispielsweise durch Kunststoffartentrennung und -weiterverarbeitung zu Regranulaten. Für

den konkreten Herstellungsprozess werden ausschließlich Sekundärrohstoffe aus der Haushaltssammlung („Gelbe Tonne“) oder Industrie genutzt und durch ein einzigartiges Verfahren in Materialien verwandelt, deren Qualität nahezu vergleichbar mit den Parametern der Neuware ist, d. h. denselben Anforderungen gerecht wird wie Primärrohstoffe. Folglich findet kein Down-, sondern vielmehr ein „Upcycling“ statt. Einsatzmöglichkeiten für die Kunststoffgranulate sind insbesondere Verkaufsverpackungen, Flaschenkästen, Farbeimer, Mehrweg-Transportverpackungen oder Teile für die Automobilindustrie. Insbesondere der Einsatz für Mehrweg-Transportverpackungen hat den Vorteil, dass Einweg-Verkaufsverpackungs-Abfall als Rohstoff für Mehrweg-Transportverpackungen dient. Als reproduzierbarer Sekundärrohstoff aus jederzeit vorhandenen gebrauchten Kunststoffen sind diese Granulate zudem relativ planungssicher in Menge und Preis.

Umicore als Beispiel für Recycling von Sondermetallen

Umicore gehört zu den weltweit größten Recyclingunternehmen für Edelmetalle. Die Anlage bei Antwerpen gewinnt Edelmetalle sowie weitere Industrie- und strategische Metalle in marktfähiger Qualität wieder. Darunter fallen die Edelmetalle Silber, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium und Ruthenium, die seltenen Metalle Indium, Selen, Tellur, aber auch Halbmetalle wie Antimon und Basismetalle wie Blei, Kupfer und Nickel. Die Anlage von Umicore ist damit Teil einer Antwort auf befürchtete Knappheit von Koppelmetallen, wenn Basismetalle im großen Umfang recycelt werden. Außerhalb Europas sind insbesondere japanische Anlagen am weitesten entwickelt, um auch seltene strategische Rohstoffe rückzugewinnen, wie die Anlagen des Unternehmens DOWA Eco-System Environmental Management & Recycling.

Aurubis als Beispiel für Recycling eines Massenmetalls

Nicht nur Kunststoffverbindungen können im großen Umfang recycelt werden. Aurubis ist der größte Kupferproduzent Europas und im Kupferrecycling international führend. Das Unternehmen produziert jährlich etwa eine Million Tonnen Kupferkathoden und daraus diverse Kupferprodukte. Dabei erfolgt ein wesentlicher Anteil – rund ein Drittel – der Kupfererzeugung durch die Verarbeitung von heterogenen Recyclingmaterialien wie Kupfer- und Kupferlegierungsschrotten, kupferhaltigen Rückständen aus Gießereien und Halbzeugwerken,

Shreddermaterialien sowie Galvanikschlämmen, Schlacken, Aschen und Filterstäuben.

Das Beispiel von Aurubis zeigt, dass „urban mining“ recyclingtechnisch möglich ist. Jetzt müssen die politischen Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit die Vision einer 100%igen Kreislaufwirtschaft möglich wird und die Rohstofflager unserer Städte genutzt werden.

4. Umsetzungshemmnisse

Es gibt verschiedene Hemmnisse, die die Umsetzung einer 100%igen Kreislaufwirtschaft erschweren, auch wenn die technologischen Möglichkeiten bereits vorhanden sind. Aufgabe der Politik ist es, diese Barrieren zu identifizieren und mit geeigneter Gesetzgebung zu adressieren. Darunter fallen folgende Barrieren:

Der Investitionsbedarf für Recycling ist schwer zu benennen. Einig sind sich die Experten darin, dass er hoch ist. Klare Ziel- und Rahmenbedingungen erhöhen die Investitionssicherheit.

Ungeeignete Technologien stellen ebenso ein Umsetzungshindernis dar. Gerade um qualitativ hochwertige Ressourcen und nicht nur Massenströme zu recyceln, werden Hightech-Recyclingtechnologien benötigt, um „Downcycling“ zu verhindern. Damit sich die besten Lösungen durchsetzen können, müssen die Rahmenbedingungen für den Wettbewerb richtig gesetzt werden.³¹

Unzureichendes Schnittstellenmanagement – niedrige Erfassungsquoten auch durch die dissipative Nutzung von Rohstoffen sowie technisch schwer zugängliche Bauteile – kann verbessert werden, wenn das Schnittstellenmanagement auf die gesamte Wertschöpfungskette angepasst und optimiert ist. Dazu gehört auch ein Monitoring der Stoffströme.

31 Die derzeitige Diskussion in Deutschland wird unter anderem bestimmt durch die Idee, flächendeckend eine Wertstofftonne einzuführen. Rechtliche Grundlage ist die Verpackungsverordnung, die entsprechend fortentwickelt werden müsste. Das Umweltbundesamt führt zur Unterstützung dieses Prozesses ab dem Frühjahr 2011 ein Planspiel mit breiter Stakeholderpartizipation durch, um verschiedene Ausgestaltungsoptionen hinsichtlich Organisation sowie Finanzierung der Sammlung, Sortierung und Verwertung von Abfall und Wertstoffen zu testen. http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2011/pdf/pd11-012_die_wertstofftonne_kuerzere_wege_fuer_ein_hochwertiges_recycling.pdf

Literaturverzeichnis

- Angerer, G., Erdmann, L. et al. (2009) Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Schlussbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Fraunhofer ISI und IZT.
- Bardt, H. (2008) Sichere Energie- und Rohstoffversorgung: Herausforderung für Politik und Wirtschaft? IW-Positionen 36, Beiträge zur Ordnungspolitik aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln.
- Behrens, A., Giljum, S., Kovanda, J. und Niza, S. (2007) The material basis of the global economy. World-wide patterns in natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies, in: Ecological Economics, 64, S. 444–453.
- Behrendt, S. und Erdmann, L. (2010) Querschnittstechnologien – Innovationssprünge für Ressourceneffizienz, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin.
http://www.izt.de/fileadmin/downloads/pdf/EP_Querschnittstechnologien_F_26_8_2010_.pdf
- Braungart, M. und McDonough, W. (2008) Die nächste industrielle Revolution. Die Cradle to Cradle-Community. Europäische Verlagsanstalt, Hamburg.
- Ekins, P., Meyer, B. & Schmidt-Bleek, F. (2009) Reducing Resource Consumption. A Proposal for Global Resource and Environmental Policy. gws Discussion Paper 2009/5, Osnabrück.
- Erdmann, L. (2011) Kurzgutachten. Entwicklung von Recyclingtechniken für Industriemetalle und strategische Rohstoffe. Stellungnahme zur Vorlage an den Rat für Nachhaltige Entwicklung, Berlin/Esslingen, 31.01.2011.
- Europäische Kommission (2010) Defining Critical Raw Materials.
http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/report-b_en.pdf
- Faulstich, M. et al. (2010) r³ – Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Informationspapier zum Forschungs- und Entwicklungsbedarf der gleichnamigen BMBF-Förderprogramme.
http://www.r-zwei-innovation.de/_media/Informationspapier_BMBF_Foerdermassnahme_r3.pdf
- Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H., Winiwarter, V. und Zangerl-Weisz, H. (1997) Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. G+B Verlag.
- Hagelüken, C. (2010) Precious Elements and Resources, in: Mc Graw Hill Yearbook of Science and Technology.

Hagelüken, C. (2011a) Platin, Gold und andere Technologiemetalle. Präsentation im Rahmen des Workshops „Grenzenlose Verfügbarkeit strategischer Metalle“, Tutzing, 31. Januar bis 1. Februar 2011.

Hagelüken, C. (2011b, noch im Druck) Secondary raw material sources, in: Sinding-Larsen, R. und Wellmer, F.-W. (Hrsg.) Non-renewable Resource Issues, Geoscientific and Societal Challenges, International Year of the Planet Earth Series. Springer, Heidelberg/Berlin/New York.

Hagelüken, C. und Meskers, C. E. M. (2010) Complex Life Cycles of Precious and Special Metals, in: Graedel, T. und van der Voet, E. (Hrsg.) Linkages of Sustainability. Strüngmann Forum Report, Vol. 4, MIT Press, Cambridge.

Kang, H.-Y. und Schoenung, J. M. (2006) Analysis of Electronic Waste Recycling: Modeling the Cost and Revenue of a Materials Recovery Facility in California, in: Environmental Science and Technology, Vol. 40, Nr. 5, 1672–1680.

oekom research (2011) oekom Corporate Responsibility Review 2011. Nachhaltigkeit in Unternehmensführung und Kapitalanlagen – eine Bestandsaufnahme. München, März 2011.

Cörlach, Meyer-Ohlendorf und Kohlhaas (2009) Nachhaltig aus der Krise. Analyse möglicher Beiträge einer ökologischen Finanzreform. Erstellt im Auftrag des Rats für Nachhaltige Entwicklung. RNE texte Nr. 28, September 2009.

UNEP International Panel for Sustainable Resource Management (2010) Metal Stocks in Society. http://www.unep.org/MetalStocks/documents/pdf/MetalStocksInSocietyScienceSynth_full_en.pdf

VDI ZRE (2011) Entwicklung von Recyclingtechniken für Industriemetalle und strategische Rohstoffe. Stellungnahme zur Vorlage an den Rat für Nachhaltige Entwicklung, Berlin, 19.01.2011.

Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Hubacek, K. und Fischer-Kowalski, M. (2006) The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption, in: Ecological Economics, 58(4), S. 676–698.

Ratsmitglieder

Hans-Peter Replik, Vorsitzender

Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung a.D., Mitglied des Bundestages a.D. und Rechtsanwalt

Marlehn Thieme, Stellvertretende Vorsitzende

Mitglied im Rat der Evangelischen Kirche in Deutschland (EKD),
Direktorin der Deutschen Bank

Dr. Heinrich Graf von Bassewitz

Landwirt, Bundesbeauftragter für ökologischen Landbau des Deutschen Bauernverbandes (DBV) und Mitglied des DBV-Präsidiums

Dr. Ursula Eid

Parlamentarische Staatssekretärin im Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung a.D.

Dr. Joachim Faber

Mitglied des Vorstands der Allianz SE Asset Management

Dr. Hans Geisler

Sächsischer Staatsminister für Soziales, Gesundheit, Jugend und Familie a.D.

Walter Hirche

Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesumweltministerium a.D., Minister a.D. in Niedersachsen und Brandenburg, Präsident Deutsche Unesco-Kommission

Dr. Franz-Josef Overbeck

Bischof von Essen

Prof. Dr. Lucia A. Reisch

Professorin an der Copenhagen Business School und der Zeppelin Universität Friedrichshafen

Max Schön

Geschäftsführender Gesellschafter der Max Schön Verwaltungsgesellschaft mbH & Co. Service KG, Präsident der Deutschen Gesellschaft „The Club of Rome“, Vorsitzender des Aufsichtsrats der DESERTEC Foundation

Dr. Eric Schweitzer

Vorstandsmitglied ALBA Group, Präsident der Berliner Industrie- und Handelskammer

Olaf Tschimpke

Präsident des Naturschutzbund Deutschland (NABU)

Michael Vassiliadis

Vorsitzender der Industriegewerkschaft IG BCE

Hubert Weinzierl

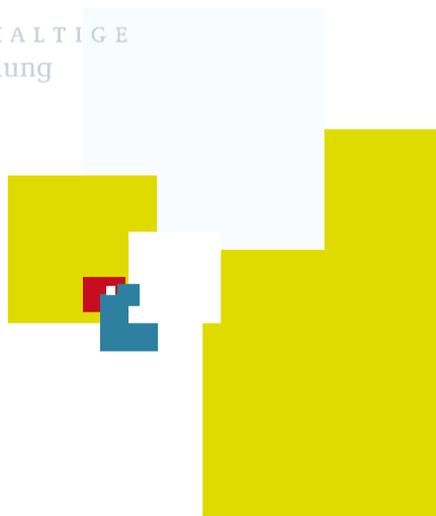
Präsident des Deutschen Naturschutzrings (DNR),
Vorsitzender des Kuratoriums der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)

Prof. Dr. Angelika Zahrt

Ehrenvorsitzende des Bundes für Umwelt und Naturschutz (BUND)



Rat für
NACHHALTIGE
Entwicklung



Der Rat für Nachhaltige Entwicklung

Der Rat für Nachhaltige Entwicklung wurde im Juni 2010 von der Bundeskanzlerin Angela Merkel neu berufen, nachdem er erstmalig im April 2001 von Bundeskanzler Gerhard Schröder berufen worden war. Ihm gehören 15 Personen des öffentlichen Lebens an. Die Aufgaben des Rates sind die Entwicklung von Beiträgen für die Umsetzung der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, die Benennung von konkreten Handlungsfeldern und Projekten sowie Nachhaltigkeit zu einem wichtigen öffentlichen Anliegen zu machen.

Weitere Empfehlungen und Veröffentlichungen sind in der Schriftenreihe des Rates erschienen. Die Gesamtliste sowie die Möglichkeiten zum Download und zur Bestellung stehen bereit unter: www.nachhaltigkeitsrat.de > *Dokumente* > *Bestellservice*

Impressum

© 2011 Rat für Nachhaltige Entwicklung
c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Grafik-Design: www.bert-odenthal.de
Lektorat: Petra Thoms, Berlin
© Fotos Titel: ALBA Group, www.albagroup.de
Druck: Druckverlag Kettler – www.druckverlag-kettler.com
Gedruckt auf Recymago (aus 100 % Altpapier)

Rat für Nachhaltige Entwicklung
www.nachhaltigkeitsrat.de
info@nachhaltigkeitsrat.de