

PERSPEKTIVE ZUKUNFTSFÄHIGKEIT – STEIGERUNG DER ROHSTOFF- UND MATERIALEFFIZIENZ

Herausgeber
KfW Bankengruppe
Palmengartenstraße 5-9
60325 Frankfurt am Main
Telefon 069 7431-0
Telefax 069 7431-2944
www.kfw.de

Redaktion
KfW Bankengruppe, Abteilung Volkswirtschaft

Autoren
Prof. Dr. Martin Faulstich, Anna Leippand,
Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)
Dr. Mario Mocker, ATZ Entwicklungszentrum
Ursula Lauber, Statistisches Bundesamt
Anke Brüggemann, Thomas Wied, KfW Bankengruppe

Die in dieser Sonderpublikation veröffentlichten Texte
geben die Meinung der einzelnen Autoren und ihrer
jeweiligen Institution wieder.

Redaktionsschluss: 10. August 2009

Frankfurt am Main, September 2009

Inhaltsverzeichnis

Vorwort von Dr. Ulrich Schröder , Vorsitzender des Vorstands der KfW Bankengruppe	3
Vorwort von Prof. Dr. Martin Faulstich , Vorsitzender des Sachverständigenrats für Umweltfragen	5
Vorwort von Roderich Egeler , Präsident des Statistischen Bundesamtes	7
Strategieelemente zur Steigerung der Ressourceneffizienz	
Prof. Dr. Martin Faulstich, Anna Leipprand, Sachverständigenrat für Umweltfragen	
Dr. Mario Mocker, ATZ Entwicklungszentrum	9
Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen	
Thomas Wied, Anke Brüggemann, KfW Bankengruppe.	33
Gesamtwirtschaftlicher Rohstoff- und Materialeinsatz in Deutschland	
Ursula Lauber, Statistisches Bundesamt	53

Vorwort von Dr. Ulrich Schröder, Vorsitzender des Vorstands der KfW Bankengruppe

Sicherung der Zukunftsfähigkeit durch Steigerung der Rohstoff- und Materialeffizienz.

Die Lage auf den Rohstoffmärkten war in den vergangenen Jahren hoch turbulent. Seit der Jahrtausendwende konnte eine stark wachsende Nachfrage aus den Schwellenländern – allen voran China – nach Rohstoffen beobachtet werden. Dies führte zu einem nie dagewesenen Druck auf die Angebotsseite und einem sprunghaften Anstieg der Rohstoffpreise. Mit Beginn der Finanzmarktkrise und der damit einhergehenden konjunkturellen Abkühlung sind die Rohstoffpreise wieder stark gesunken. Wir sollten uns aber darüber im Klaren sein, dass es sich hierbei nur um eine kurze Verschnaufpause handelt und die Preise mittelfristig wieder deutlich anziehen werden. Denn ein strukturelles Dilemma bleibt bestehen: Die Ressourcen dieser Erde sind auf lange Sicht begrenzt und die Nachfrage nach ihnen wird aufgrund einer wachsenden Weltbevölkerung weiter zunehmen. Nach Schätzungen der Vereinten Nationen wird die Weltbevölkerung von heute rund 6 Milliarden Menschen bis zum Jahr 2050 auf rund 9 Milliarden anwachsen. Die Zahl derer, die in Industriegesellschaften leben, wird sich im gleichen Zeitraum auf rund 4 Milliarden verdreifachen. Damit wird auch der Bedarf an industriell gefertigten Konsumgütern enorm zunehmen und entsprechend zu einem erheblichen Nachfragedruck auf den Rohstoffmärkten führen.

Vor diesem Hintergrund ist die Steigerung der Ressourceneffizienz sowohl unter Nachhaltigkeits- als auch unter Kosten- und Wettbewerbsgesichtspunkten eine Zukunftsaufgabe, die in ihrer Bedeutung der Herausforderung des Klimaschutzes entspricht. Dies gilt umso mehr für ein rohstoffarmes Land wie Deutschland, das auf den Import vieler Energie- und Materialrohstoffe angewiesen ist. Ein sparsamer Umgang mit Ressourcen trägt dazu bei, die Abhängigkeit von Rohstoffimporten dauerhaft zu verringern, die internationale Wettbewerbsfähigkeit durch Senkung der Energie- und Materialkosten zu verbessern und die Umwelt zu entlasten.

Nachdem die effiziente Energienutzung das Scherpunktthema der ersten Ausgabe der KfW-Publikationsreihe „Perspektive Zukunftsfähigkeit“ bildete (veröffentlicht im Januar 2009), soll mit der vorliegenden zweiten Ausgabe die Materialeffizienz in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt werden. Neben einer Analyse des gesamtwirtschaftlichen Rohstoffeinsatzes und des Materialflusses in Deutschland werden Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Deutschland vorgestellt. Ein weiterer Artikel widmet sich speziell der Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen.

Bedanken möchte ich mich an dieser Stelle noch einmal beim Sachverständigenrat für Umweltfragen und dem Statistischen Bundesamt, die mit ihren Beiträgen, die ihre jeweiligen

Erfahrungen und Sichtweisen widerspiegeln, ganz wesentlich zu dieser Publikation beigetragen haben.

Als Förderbank des Bundes und der Länder ist die KfW mit ihrer Umwelt- und Klimaschutzförderung, ihrer Mittelstands-, Innovations- und Bildungsförderung sowie der Finanziellen Zusammenarbeit mit Entwicklungs- und Transformationsländern auf wichtigen Handlungsfeldern der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie aktiv. Mit der KfW-Publikationsreihe „Perspektive Zukunftsfähigkeit“ wollen wir einen Beitrag leisten, den gesellschaftlichen Diskurs zu wichtigen Handlungsfeldern der Nachhaltigkeit voranzutreiben.

Vorwort von Prof. Dr. Martin Faulstich, Vorsitzender des Sachverständigenrats für Umweltfragen

Die Schonung natürlicher Ressourcen und die Steigerung der Ressourceneffizienz gehören zweifelsohne zu den wichtigsten Themen der Zukunft. Der derzeitige Verbrauch von Ressourcen und die damit verbundenen Umweltbelastungen sind mit dem Leitbild der Nachhaltigkeit nicht vereinbar. Steigende Preise signalisieren, dass die stark zunehmende weltweite Nachfrage in Verbindung mit begrenzten Reichweiten vieler Rohstoffe zu Knappheiten und Konflikten führen wird.

Die Politik in Deutschland und Europa hat die Zeichen der Zeit erkannt und entwickelt Strategien und Maßnahmen, um den nachhaltigen und effizienten Umgang mit natürlichen Ressourcen zu fördern. Die Ressourcenstrategie der EU von 2005 strebt eine Verringerung der negativen ökologischen Auswirkungen der Ressourcennutzung und eine erhöhte Ressourcenproduktivität an. Die Nachhaltigkeitsstrategie der deutschen Bundesregierung und die Strategie Ressourceneffizienz des Bundesumweltministeriums rücken ebenfalls die Steigerung von Energie- und Materialeffizienz ins Zentrum der Aufmerksamkeit.

Durch Forschungs- und Entwicklungsprojekte, den Aufbau von Netzwerken sowie durch neue Institutionen wie die deutsche Materialeffizienzagentur demea sollen neue Erkenntnisse gewonnen und viel versprechende Lösungsansätze verbreitet werden. Andererseits ist die Nutzung von Ressourcen ein Bereich, der politisch besonders schwer zu fassen und zu steuern ist. Ressourcenpolitik steht vor der schwierigen Aufgabe, global und komplex vernetzte Ströme vielfältiger Stoffe und Materialien zu beeinflussen. Zudem steht die Rohstoffnutzung, zumindest heute noch, in enger Verbindung zu Wohlstand und Wirtschaftswachstum. Politische Interventionen, die auf eine Begrenzung oder Reduktion des Ressourcenverbrauchs abzielen, stoßen deshalb schnell auf Widerstände.

Zusätzlich muss das Problem der internationalen Verteilungsgerechtigkeit berücksichtigt werden. Heute ist der Ressourcenverbrauch eines durchschnittlichen Europäers oder US-Amerikaners fünf- bis zehnmal so hoch wie der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch in Indien oder Afrika. Reiche Länder sind moralisch nicht in der Position, den Entwicklungs- und Schwellenländern ein „Aufholrecht“ abzuspreeken. Andererseits überschreitet die Menschheit mit ihrem ökologischen Fußabdruck bereits heute die Kapazität des Planeten; an einer Reduzierung der globalen Belastung führt deshalb kein Weg vorbei. Eine faire Verteilung müsste allen Menschen denselben Verbrauch zubilligen – dieses weltweite Pro-Kopf-Budget muss allerdings deutlich unter dem heutigen Verbrauch in den reichen Ländern liegen.

Um ein solches Ziel erreichen zu können, müssen unsere Gesellschaften und Volkswirtschaften mit den Ressourcen deutlich effizienter umgehen. Wir müssen lernen, Wohlstand auf der Basis eines deutlich geringeren Ressourcenverbrauchs zu schaffen. Dazu gibt es durchaus vielfältige Möglichkeiten. Auf der Seite der Produzenten lassen sich durch das Design von Produkten und die Optimierung industrieller Prozesse Ressourcen einsparen und problematische Rohstoffe durch weniger problematische ersetzen. Diese Potenziale müssen wir nutzen, nicht zuletzt auch deshalb, weil in diesen Innovationen bedeutende wirtschaftliche Chancen für die Zukunft liegen.

Effizienz- und Einsparstrategien können aber auch von der Seite des Verbrauchers her gedacht werden. Durch die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen wird zugleich eine Nachfrage erzeugt, die letztlich über die Wertschöpfungskette den Abbau und die Verarbeitung von Ressourcen induziert. Selbstverständlich müssen grundlegende Bedürfnisse der Menschen befriedigt werden. Die Nachfrageprofile in den heutigen reichen Industriegesellschaften gehen jedoch darüber hinaus und bergen zweifelsohne noch große Einsparpotenziale.

Es geht auch darum, die vielzitierten nachhaltigen Lebensstile zu definieren: Geben wir unser Einkommen für immer mehr materielle Güter aus, oder für mehr Bildung, Kultur, Gesundheit? Wollen wir Qualität oder Quantität? Kaufen wir Produkte, oder kaufen wir die Nutzung oder Leistung eines Produkts? Und wie lange und intensiv können Güter genutzt werden? Eine große Herausforderung besteht darin, die politischen Weichen so zu stellen, dass sich nachhaltige Lebensstile entfalten können. Dies erfordert Offenheit für so genannte radikale Innovationen und neue Systemlösungen aber auch die Bereitschaft, über gesellschaftliche und wirtschaftliche Zusammenhänge grundlegend nachzudenken.

Vorwort von Roderich Egeler, Präsident des Statistischen Bundesamtes

Zum zweiten Mal haben sich mit dieser Veröffentlichung drei Institutionen zusammengefunden, die mit ihren unterschiedlichen Aufgaben und Perspektiven einen Blick auf die Nachhaltigkeit der Entwicklung in Deutschland werfen wollen. Nachdem in der ersten Publikation dieser Reihe die Energieeffizienz im Fokus stand, ist es nunmehr die Rohstoff- und Materialeffizienz. Nahezu alle Produktions- und Konsumaktivitäten hängen direkt oder indirekt von der Nutzung natürlicher Ressourcen ab. Bei diesen Aktivitäten werden Materialien als Rohstoffe aus der Natur entnommen, die Fläche dient als Standort für wirtschaftliche Aktivitäten und bei der Abgabe von Rest- und Schadstoffen wird die Natur als Senke genutzt. Um – im Sinn einer nachhaltigen Entwicklung – auch künftigen Generationen ihre Handlungsspielräume zu erhalten, ist ein möglichst schonender Umgang mit Natur und Umwelt notwendig. Hierzu leistet ein zunehmend effizienterer Umgang mit Material und Rohstoffen einen wichtigen Beitrag.

Die Bundesregierung hat Nachhaltigkeit zu einem zentralen Leitprinzip für alle Politikbereiche gemacht, um die Entwicklungen in Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft dauerhaft tragfähig und zukunftsfähig zu gestalten. Die Wirksamkeit dieser Strategie – Erfolge wie auch Misserfolge – wird über ausgewählte Indikatoren gemessen. Ein herausragendes Merkmal der Berichterstattung zu den Nachhaltigkeitsindikatoren in Deutschland ist es, dass zu den Indikatoren quantitative Zielwerte und Zieljahre vorgegeben sind. Dies ermöglicht konkrete und auf die politischen Ziele bezogene Aussagen über den Entwicklungsstand jedes Indikators.

Seitdem die Nachhaltigkeitsstrategie im Jahr 2002 konzipiert wurde, unterstützt das Statistische Bundesamt eine faktenbasierte Nachhaltigkeitspolitik. Es stellt regelmäßig Daten und statistische Analysen über den Stand der Nachhaltigkeitsindikatoren zusammen und veröffentlicht seit 2006 alle zwei Jahre den Indikatorenbericht zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland. Auch der jüngste Indikatorenbericht vom November 2008 (www.destatis.de, Pfad Indikatoren, Nachhaltigkeitsindikatoren) folgt dem Grundsatz einer neutralen und fachlich unabhängigen Berichterstattung und liefert wesentliche Informationen als Grundlage der Willensbildung der Öffentlichkeit und des politischen und wirtschaftlichen Handelns.

Mit den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen verfügt das Statistische Bundesamt über ein geeignetes Instrumentarium, um Querbeziehungen insbesondere zwischen den wirtschaftlichen und umweltbezogenen Indikatoren der Nachhaltigkeitsstrategie systematisch zu untersuchen. Im Gegensatz zu einzelnen, unverbunden nebeneinander stehenden Indikato-

ren bilden diese Gesamtrechnungen ein konsistentes Berichtssystem über die Zusammenhänge zwischen Wirtschaft und Umwelt. Sie eignen sich daher besonders gut für die Unterstützung der Nachhaltigkeitspolitik, die eine integrative Betrachtung verschiedener Bereiche erfordert.

Eine Verbesserung der Rohstoff- und Materialeffizienz, das Thema des vorliegenden Bandes, ist eine wichtige Voraussetzung für eine geringere Umweltbelastung und eine nachhaltige Wirtschaft. Darstellung und Analyse der Rohstoffnutzung sind zentrale Elemente der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen und liefern die Basis für den Indikator „Rohstoffproduktivität“ im Indikatorenbericht zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland. Der Beitrag des Statistischen Bundesamtes zur vorliegenden Veröffentlichung zeigt die methodischen Grundlagen für die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Rohstoffproduktivität und stellt zentrale Ergebnisse vor.

Strategieelemente zur Steigerung der Ressourceneffizienz

1. Reduzierung des Ressourcenverbrauchs als Voraussetzung für Nachhaltigkeit

Zu den natürlichen Ressourcen zählen erneuerbare Rohstoffe (Biomasse), nicht-erneuerbare Rohstoffe (Mineralien und fossile Energieträger), aber auch Umweltmedien wie Luft, Wasser und Boden sowie Energieflüsse als „strömende Ressourcen“, wie etwa die Wind- und Sonnenenergie (Europäische Kommission 2005). Im engeren Sinn umfasst der Ressourcenbegriff die Bestandteile der natürlichen Umwelt, die als Ausgangsstoffe, also als Kapital für Produktionsprozesse, genutzt werden (Schütz und Bringezu 2008).¹ Aus der Nutzung und Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen entsteht materieller Wohlstand, sie sind die Grundlage für menschliches Leben und Wirtschaften.

Allerdings sind heute die Art und Weise, aber auch der Umfang der Ressourcennutzung nicht mit dem allgemein anerkannten Leitbild der Nachhaltigkeit vereinbar. Zum einen verursachen die Gewinnung, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung von Stoffen erhebliche Umweltbelastungen in Form von Abraum, Schadstoffbelastung, Produktionsabfällen und Emissionen von Treibhausgasen. Der Abbau benötigt oft große Mengen an Wasser und Energie, Rohstoffabbau und Transportinfrastruktur bedingen massive Eingriffe in Ökosysteme (SRU 2005).

Zum anderen ist ein Großteil der natürlichen Ressourcen nur in endlichem Maße vorhanden und nicht erneuerbar. Bei manchen Rohstoffen, etwa beim Öl, ist der Zeitpunkt bereits absehbar, an dem die derzeit gewinnbaren Vorkommen erschöpft sein werden. Die Vorkommen wichtiger Rohstoffe, zum Beispiel einiger Metalle, sind oft auf wenige Länder konzentriert, was zu Abhängigkeiten und Marktverzerrungen, aber auch zu Lieferengpässen bei Naturkatastrophen, Stromausfällen oder Streiks in diesen Ländern führen kann (BGR 2008). Das weltweite Bevölkerungswachstum in Verbindung mit steigenden Lebensstandards lässt die Nachfrage nach Ressourcen und damit die Preise steigen. Insgesamt werden Konflikte um den Zugang zu Ressourcen wahrscheinlicher. Auch die Nutzung der Biomasse als erneuerbarer Ressource stößt an Grenzen. Der Anbau von Energiepflanzen steht durch seinen Flächenbedarf bereits heute in Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau und zum Erhalt von Ökosystemen wie tropischen Regenwäldern, die essenzielle Funktionen für die biologische Vielfalt und als Treibhausgassenke erfüllen.

¹ Häufig wird der Ressourcenbegriff auch auf die Senkenfunktion von natürlichen Systemen und Umweltmedien (Boden, Wasser, Atmosphäre, Ökosysteme) ausgedehnt. Diese Betrachtungsweise führt dazu, dass die Grenze zwischen Ressourcenpolitik und Umweltpolitik verschwimmt, sie ist aber notwendig für die Analyse von Produkten und Prozessen in der Lebenszyklusperspektive.

Internationale Abhängigkeiten und Fragen der Verteilungsgerechtigkeit machen die globale Ressourcenpolitik zu einem komplexen, von vielfältigen Interessenskonflikten und -gegensätzen geprägten Feld. Der Ressourcenverbrauch pro Kopf ist global sehr ungleich verteilt. Heute ist der Ressourcenverbrauch eines durchschnittlichen Europäers oder US-Amerikaners fünf- bis zehnmal so hoch wie der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch in Indien oder Afrika; zählt man die „ökologischen Rucksäcke“,² z. B. Abraum aus Minen, hinzu, wird die Spanne noch deutlich größer (Beyers 2005). Als Industriestandort zählt Deutschland zu den größten Rohstoffkonsumenten der Welt. Während viele Bau- und Massenrohstoffe wie Kies, Sand, Kalkstein und Ton innerhalb des Landes aus heimischen Lagerstätten gewonnen werden können, müssen metallische Rohstoffe, verschiedene wichtige Industriemineralien und Energierohstoffe in großem Umfang aus dem Ausland eingeführt werden. Die mit dem Abbau von Rohstoffen und der Erschließung neuer Vorkommen verbundenen Belastungen treffen häufig die arme Bevölkerung in exportierenden Ländern, während die Erlöse aus dem Rohstoffexport oftmals von deren nationalen Eliten absorbiert werden.

Diese drei Problemfelder – Umweltbelastung, Versorgungssicherheit angesichts knapper Ressourcen sowie Verteilungsgerechtigkeit – stehen untereinander eng in Verbindung und prägen die aktuelle Diskussion. Eine nahe liegende Strategie zur Lösung dieser Probleme ist der sparsamere und effizientere Umgang mit den Ressourcen. Durch eine Reduzierung des Verbrauchs können Konflikte gemildert, Reichweiten verlängert und die Umweltbelastungen verringert werden. Um den Lebensstandard in den Industrieländern aufrechterhalten und ihn in den Schwellen- und Entwicklungsländern anheben zu können, kommt der Steigerung der Effizienz im Umgang mit den natürlichen Ressourcen deshalb eine entscheidende Bedeutung zu. Auch auf der betriebswirtschaftlichen Ebene gibt es gute Gründe, die Materialeffizienz zu steigern und dadurch Kosten zu senken (siehe Artikel der KfW Bankengruppe, S. 38ff.).

Dabei ist es für die Entwicklung politischer Strategien wichtig, zwischen der Steigerung der Ressourceneffizienz auf der betriebswirtschaftlichen und der volkswirtschaftlichen Ebene zu unterscheiden. Im ersten Fall geht es darum, auf der Ebene eines Produkts oder Fertigungsprozesses durch technologische Verbesserungen Material einzusparen, also das gleiche oder ein gleichwertiges Produkt mit geringerem Ressourceneinsatz bereitzustellen. Die volkswirtschaftliche Ressourceneffizienz zu erhöhen bedeutet, die gleiche oder eine höhere Wertschöpfung mit geringerem Ressourceneinsatz zu erreichen. Ziel muss es letztendlich sein, eine absolute Entkopplung des Ressourcenverbrauchs von der volkswirtschaftlichen

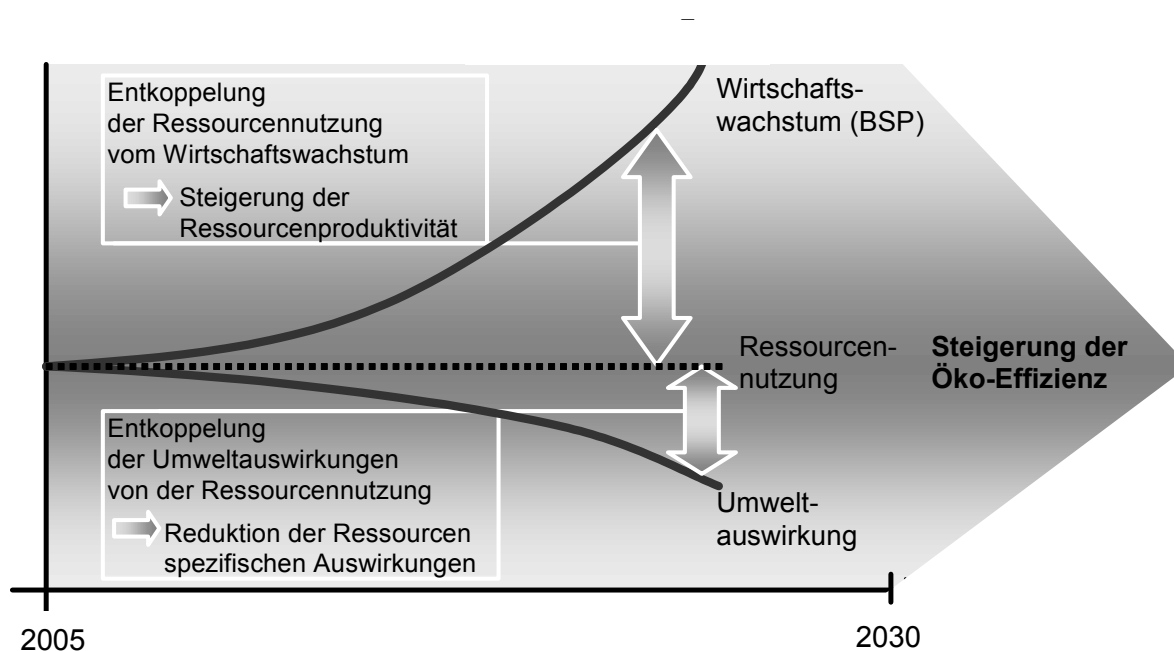
² Der ökologische Rucksack bezeichnet den lebenszyklusweiten Materialinput eines Produkts abzüglich der Eigenmasse und umfasst sowohl verwertete als auch nicht verwertete Materialien (Definition nach Schütz und Bringezu 2008).

Gesamtleistung, also einen insgesamt sinkenden Ressourcenverbrauch zu erreichen. In der volkswirtschaftlichen Perspektive kommen nicht nur technologische Lösungen, sondern auch strukturelle Änderungen von Verbrauchsmustern als Strategieelemente infrage.

Dieser Beitrag stellt zunächst in Kapitel 2 die bestehenden politischen Strategien und Zielsetzungen für die Ressourceneffizienz auf der europäischen und nationalen Ebene vor. Kapitel 3 untersucht die Potenziale von Effizienzsteigerungen entlang der Wertschöpfungskette und beleuchtet strategische Ansätze zur Schonung von Ressourcen und zur Steigerung der Ressourceneffizienz mit einem konzeptionellen Schwerpunkt auf der Nachfrageseite. In Kapitel 4 werden Möglichkeiten der politischen Steuerung diskutiert.

2. Politische Ziele und Strategien in Deutschland und Europa

Die Strategie der EU für einen nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen (Europäische Kommission 2005) formuliert als Zielsetzung die Verringerung der negativen ökologischen Folgen der Ressourcennutzung bei wachsender Wirtschaft. Dies soll durch zweifache Entkopplung geschehen: eine Entkopplung der Ressourcennutzung vom Wirtschaftswachstum einerseits (*dematerialisation*) sowie eine Reduzierung der negativen Umweltfolgen der Ressourcennutzung andererseits, zum Beispiel durch Substitution von Materialien (*transmaterialisation*). Grafik 1 veranschaulicht diese zweifache Entkopplung. Auf quantifizierte Ziele verzichtet die EU-Strategie mit dem Hinweis darauf, dass der aktuelle Wissensstand und die verfügbaren Indikatoren hierfür nicht ausreichen.



Quelle: Bringezu 2006, Abb. 1, S. 8, eigene Übersetzung.

Grafik 1: Doppelte Entkopplung gemäß EU-Ressourcenstrategie

Die grundlegende Zielvorstellung deutscher Ressourcenpolitik ist in der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie formuliert: die Ressourcenproduktivität der deutschen Volkswirtschaft soll gegenüber dem Basisjahr 1994 verdoppelt werden. Langfristig soll sich die Verbesserung der Energie- und Rohstoffproduktivität an der „Faktor 4-Vision“³ orientieren (Bundesregierung 2002). Das Bundesumweltministerium plädiert in seiner „Strategie Ressourceneffizienz“ von 2008 dafür, langfristig über das Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie hinauszugehen und die Absenkung des absoluten Materialeinsatzes in den Blick zu nehmen (BMU 2008).

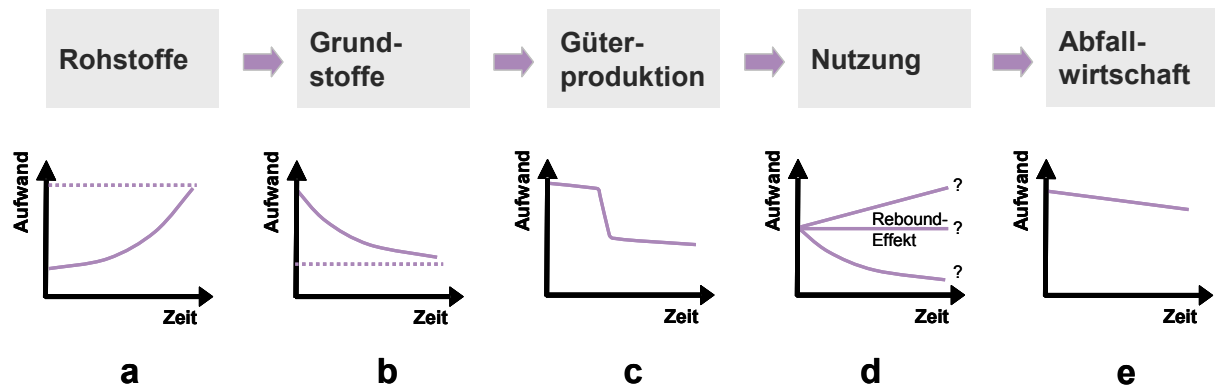
Sowohl auf der europäischen als auch auf der nationalen Ebene existieren weitere Strategiedokumente, die den Blick stärker auf die Versorgungssicherheit lenken: die „Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung“, die gemeinsam mit dem BDI entwickelt und im März 2007 verabschiedet wurden, und die Rohstoffinitiative der Europäischen Kommission (Bundesregierung 2007; Europäische Kommission 2008). Beiden geht es vorrangig darum, den Zugriff auf außereuropäische Rohstoffquellen zu sichern und Handelshemmnisse abzubauen. Die verstärkte Nutzung heimischer Rohstoffpotenziale ist insbesondere Ziel der EU-Rohstoffinitiative. Die Senkung des Primärrohstoffverbrauchs in der EU, Steigerung der Ressourceneffizienz, Einsatz von Sekundärrohstoffen und Erhöhung des Recyclinganteils sind ebenfalls Bausteine der Strategien, spielen aber eine weniger prominente Rolle. Unterschiedliche Interessen und Schwerpunkte werden durch das Nebeneinander dieser verschiedenen Strategien bereits deutlich.

3. Ressourceneffizienzpotenziale entlang der Wertschöpfungskette

Die Vision für die Zukunft muss eine möglichst vollständige Kreislaufwirtschaft sein, die eine begrenzte Materialmenge zwischen Nutzung und Aufbereitung/Rückgewinnung mit möglichst geringen Verlusten hin- und herführt. Grafik 2 stellt die Stationen der Wertschöpfungskette schematisch dar. Dem Abbau der Rohstoffe folgt die Produktion von Grundstoffen, aus denen wiederum Güter und Dienstleistungen hergestellt werden. Das Nutzerverhalten und die Nachfrage haben dabei einen bestimmenden Einfluss auf Art und Umfang der Produktion und damit auch auf die vor- und nachgelagerten Stufen der Kette. Abfälle oder nicht mehr benötigte Güter werden „entsorgt“, derzeit in Deutschland insbesondere durch Verwertung, Verbrennung und zu einem geringen Anteil durch Deponierung. Unter dem Begriff Abfallwirtschaft wird somit der Materialverbleib innerhalb des wirtschaftlichen Systems erfasst, auf den im Zusammenhang mit dem vom Statistischen Bundesamt geführten gesamtwirtschaftlichen

³ Mit der Formel "Faktor 4" wurde Mitte der neunziger Jahre eine neue Richtung des technischen Fortschritts und der Effizienzsteigerung gefordert, die eine Verdopplung des verteilbaren Wohlstands bei gleichzeitiger Halbierung des Naturverbrauchs ermöglicht (Weizsäcker et al. 1995).

Materialkonto an anderer Stelle ebenfalls eingegangen wird (siehe Artikel des Statistischen Bundesamtes, S. 57f.). Im Folgenden werden die Randbedingungen und Potenziale für eine Steigerung der Effizienz entlang der Wertschöpfungskette untersucht.



Quelle: eigene Darstellung.

Grafik 2: Schematische Darstellung der Stationen der Wertschöpfungskette mit den jeweiligen Randbedingungen für eine Steigerung der Effizienz

Rohstoffe

Grafik 2a verdeutlicht stark vereinfacht die auf eine einzelne Lagerstätte bezogenen Verhältnisse bei der Rohstoffgewinnung aus natürlichen Quellen. Verbesserungen der Effizienz sind prinzipiell möglich, im Laufe der Zeit ist aber davon auszugehen, dass der spezifische Aufwand immer weiter ansteigt, sei es weil die Konzentrationen an Nutzbaarem sinken, Verunreinigungen zunehmen, größere Mengen an Abraum zu beseitigen sind oder die Rohstoffe aus immer größeren Tiefen unter Tage gefördert werden müssen. Bei diesen Überlegungen ist zunächst unerheblich, ob der Aufwand in physischen oder monetären Einheiten quantifiziert wird. Die gestrichelte Begrenzungslinie in Grafik 2a steht für den maximalen Aufwand, ab dem aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen kein weiterer Abbau mehr erfolgt und die Lagerstätte als erschöpft gilt.

Grundstoffe

Grafik 2b skizziert in ähnlicher Art und Weise generelle Aspekte der Grundstoffproduktion. Durch stetige Verbesserungen von Prozessen und Verfahren wird normalerweise eine kontinuierliche Verringerung des spezifischen Aufwands erreicht. Allerdings bestehen hinsichtlich des Materialeinsatzes natürliche Grenzen in der Stöchiometrie⁴ der maßgeblichen Reaktionsgleichungen und in den thermodynamischen Gleichgewichten (gestrichelte Linie in Gra-

⁴ Die Stöchiometrie berechnet auf der Grundlage der atomaren Zusammensetzung chemischer Verbindungen die Mengenverhältnisse der beteiligten Stoffe bei chemischen Reaktionen. Für chemische Reaktionsgleichungen kann so die Menge an Ausgangsstoffen (Edukten) und Endprodukten bestimmt werden. In der Praxis laufen Reaktionen oft unvollständig ab, sodass die Edukte teilweise erhalten bleiben.

fik 2b). In einer technisch optimierten Produktion sind nur noch inkrementelle Verbesserungen in der Nähe dieser Begrenzungen möglich. Merkbare Effizienzsteigerungen ließen sich somit nur über die Substitution durch andere Materialien erreichen.

Güterproduktion

Bei der Herstellung von Gütern gibt es große Potenziale, die Materialeffizienz zu steigern. Der Artikel der KfW Bankengruppe (siehe S. 42ff.) gibt einen Überblick über solche Lösungsmöglichkeiten und präsentiert eindrucksvolle Beispiele. Auf dieser Stufe der Wertschöpfungskette können nicht nur inkrementelle Verbesserungen und Optimierungen, sondern auch Effizienz-„Sprünge“ erreicht werden (Grafik 2c). Zunächst kann die Materialeffizienz durch Optimierung der Konstruktion oder des Designs von Produkten bzw. durch Optimierung von Produktionsprozessen (Reduzierung des Verschnitts, innerbetriebliches Recycling) erhöht werden (Simon 2009). Wo möglich sollten weniger knappe, ökologisch unproblematische oder erneuerbare Ressourcen als Werkstoffe eingesetzt werden. Radikale Verbesserungen sind aber insbesondere durch solche Innovationen zu erwarten, die zu einem neuen Design von Produkten und Verfahren führen und bestimmte Funktionalitäten von Produkten auf ressourcenärmeren Weg bereitstellen. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die Kombination der verschiedenen Funktionalitäten „Drucken“, „Kopieren“, „Scannen“ und „Faxen“ in einem einzigen Gerät.

Viele solcher Maßnahmen gehen mit Kosteneinsparungen für die Produzenten einher und erschließen so auch wirtschaftliche Potenziale bzw. verbessern die Wettbewerbsfähigkeit der Hersteller. Ressourceneffizienz im Produktionsprozess muss deshalb zentraler, grundlegender Baustein von Effizienzstrategien sein, und die Fördermaßnahmen von Bund und Ländern, die solche Verbesserungen der Materialintensität unterstützen und zur Überwindung von Hemmnissen beitragen, sind notwendig und sinnvoll.

Nutzung

Um Wohlstand bei geringerem Ressourcenverbrauch zu sichern, müssen sich jedoch auch Nachfragemuster und die Art der Nutzung von Gütern ändern. Insbesondere geht es darum, den Verbrauch materialintensiver Güter und Dienstleistungen zu reduzieren. Zukünftige Entwicklungen von Verbrauchs- und Nutzungsmustern, die einen gleich bleibenden oder sogar steigenden Materialverbrauch hervorrufen (Grafik 2d), sind allerdings angesichts bisheriger Tendenzen nicht unwahrscheinlich. Die notwendige Trendumkehr stellt daher eine große Herausforderung für Politik und Gesellschaft dar.

Eine Möglichkeit besteht darin, die Lebensdauer von Produkten sowie ihre Nutzungsintensität zu erhöhen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Herstellungsphase in der Le-

benszyklusbilanz einen hohen Anteil einnimmt, und führt zu veränderten Anforderungen an Design und Produktionsablauf. Hersteller können zum Beispiel ihre Produkte langlebiger gestalten, indem sie verschleißfestere Bauteile wählen oder den Verschleiß auf preiswerte, leicht auszutauschende Elemente lenken. Bereits bei der Konstruktion muss stärker darauf geachtet werden, dass später die Demontage erleichtert wird, und dass Bauteile einzeln ausgetauscht und aufbereitet werden können (modulare Konstruktion). Diese Bauweise ist Voraussetzung für innovationsoffene Langzeitprodukte, bei denen materialintensive, aber kaum noch Neuerungen unterliegende Komponenten (z. B. Gehäuse, Trommel und Standgewichte einer Waschmaschine) möglichst lange genutzt werden, während andere Bauteile leicht und rasch an den technischen Fortschritt angepasst werden können (z. B. Motoren, Steuerungen, Bedienelemente).

Einen attraktiven Lösungsansatz bietet auch die Erhöhung der Nutzungsintensität von Produkten durch Leasing-Systeme. Beim Leasing bleiben die Hersteller Eigentümer der Produkte, der Kunde erwirbt lediglich ein Nutzungsrecht. Für den Hersteller werden durch das Leasing die Reparatur- und Recyclingfähigkeit seiner Produkte zu wertvollen Produkteigenschaften.

Die Nutzungs- und Lebensdauer von Produkten ist aber häufig nicht nur von innovativen technischen Eigenschaften abhängig, entscheidender ist oftmals, ob das Produkt zeitgemäß, modern, ästhetisch oder stilvoll aussieht. Mode- und Wertvorstellungen spielen hier eine wichtige Rolle. Zeitlose Designklassiker, wie etwa die Werke des Bauhauses, machen deutlich, dass bestimmte Formen auch nach Jahrzehnten noch unverändert attraktiv wirken. Der von Mies van der Rohe im Jahr 1929 entworfene Barcelona Chair ist beispielsweise heute noch in den Kundenbereichen vieler Banken zu sehen.

Obwohl derartige Lösungskonzepte bereits seit einiger Zeit auf dem Tisch liegen (Börlin und Stahel 1987; Stahel 1989; Faulstich und Schenkel 1993), ist bisher keine signifikante Transformation in Richtung Leasing-Gesellschaft zu beobachten. Aktuelle wirtschaftliche Anreize scheinen langlebige Produkte und Leasing- oder Sharing-Konzepte nicht oder nur sehr begrenzt zu begünstigen. Reformen im wirtschaftlichen System werden deshalb notwendig sein, um eine ressourcenarme Kreislaufwirtschaft zu unterstützen. Das aktuelle, auf kurzfristige Renditen fokussierte Wirtschaftsverständnis wird dies vermutlich nicht leisten können.

Eine Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Ressourcenverbrauch könnte aber auch dadurch erreicht werden, dass sich die Nachfragemuster verschieben und die Verbraucher ihr Geld für andere, weniger materialintensive Güter bzw. Dienstleistungen ausgeben. Als Grundlage für solche Überlegungen können Untersuchungen der Umweltauswirkungen von Produkten und Dienstleistungen dienen, wie etwa die Studie „Environmental Impacts of Products (EIPRO), die von der Europäischen Kommission 2006 veröffentlicht wurde (Tukker

ducts (EIPRO), die von der Europäischen Kommission 2006 veröffentlicht wurde (Tukker et al. 2006).

Die Studie vergleicht die Umweltauswirkungen verschiedener Produktgruppen bzw. Produktkategorien anhand verschiedener ökologischer Indikatoren pro ausgegebenem Euro. Zunächst kann aus dieser Aufstellung der wichtige Schluss gezogen werden, dass Dienstleistungen (wie etwa Restaurants oder Friseursalons) nicht pauschal weniger ressourcenintensiv sind als materielle Güter, da die Bereitstellung solcher Dienstleistungen oft auf der Nutzung von Gütern und Energie basiert. Die Ergebnisse der Studie deuten aber darauf hin, dass eine Verschiebung der Nachfrage von ressourcenintensiven Kategorien wie Lebensmittel, Transport und Kleidung in Richtung Gesundheit und Bildung Verbesserungen der Umweltauswirkungen um einen Faktor 2 erreichen könnten. Dabei sind begrenzte Nachfrageelastizitäten zum Beispiel im Bereich Lebensmittel bereits berücksichtigt.

Grundsätzlich sind Maßnahmen notwendig, die den so genannten Rebound-Effekt in Grenzen halten. Dieser Effekt beschreibt die Tatsache, dass prozentuale Einsparungen an einer Stelle im System durch eine Steigerung der Gesamtproduktion oder durch erhöhten Verbrauch an anderer Stelle teilweise oder ganz ausgeglichen werden und sich deshalb nicht in einem sinkenden absoluten Verbrauch niederschlagen. Positive Effekte durch Einsparungen auf der Stufe der Güterproduktion oder auch durch verändertes Verbraucherverhalten können also durch den Rebound-Effekt geschmälert oder aufgehoben werden. Ohne Gegensteuerung können Effizienzverbesserungen sogar zu einem Mehrverbrauch führen. Zur Kontrolle des Rebound-Effekts kann zum Beispiel eine Globalsteuerung über Preismechanismen beitragen (siehe Kapitel 4.2).

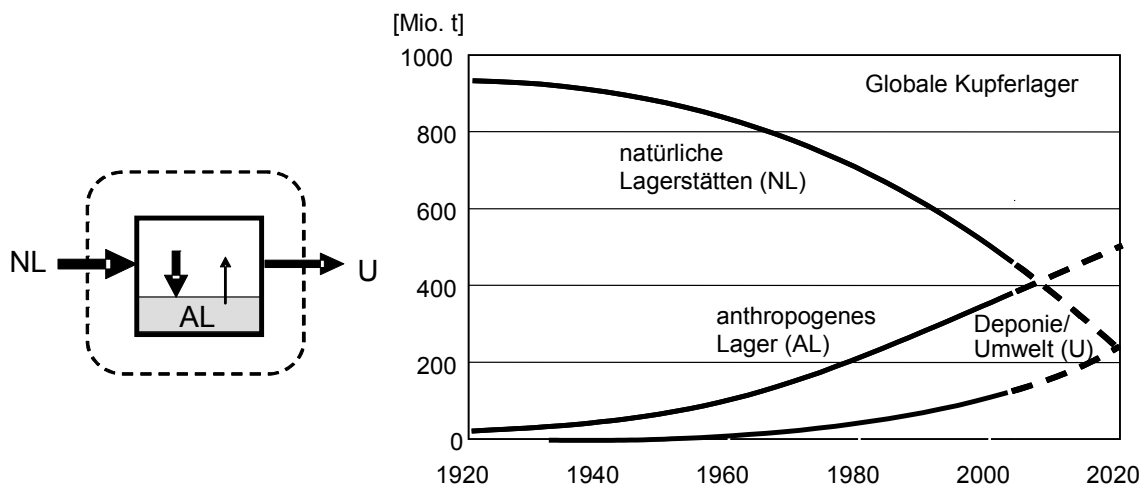
Abfallwirtschaft

Die Abfallwirtschaft befasst sich mit dem langfristigen Verbleib von Materialien im System nach ihrer Nutzung. Beispielsweise gelangen jährlich schätzungsweise 35.000 Mg⁵ Kupfer zusammen mit dem Restmüll in die Entsorgung, welche sich abhängig vom Abfallbehandlungsverfahren beispielsweise in Schlacken und Filterstäuben aus der Müllverbrennung anreichern und so zunächst einer weiteren Nutzung entzogen werden (SRU 2005). Es besteht aber eine deutliche Abgrenzung gegenüber den als Materialabgabe anzusehenden Emissionen in verschiedene Umweltkompartimente, denn die deponierten Stoffe stehen prinzipiell für die Wiedergewinnung zur Verfügung. Obgleich der absolute Aufwand verglichen mit dem Rohstoffabbau bei gering konzentrierten und möglicherweise kontaminierten Abfällen zunächst höher sein kann, ist doch von einem sinkenden spezifischen Aufwand auszugehen

⁵ 1 Mg (Megagramm) entspricht 1.000 kg bzw. einer metrischen Tonne (t).

(Grafik 2e). Zum einen verbessern sich die Verhältnisse durch Effizienzsteigerungen in der Aufbereitungstechnik stetig. Zum anderen trägt auch die im Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik geforderte Aussonderung umweltproblematischer Stoffe aus den produzierten Gütern auf lange Sicht zur Aufwandsreduzierung bei (SRU 2005).

Diese Wiedergewinnung von Stoffen aus Deponien sollte als wesentlicher Teilbereich einer Strategie angesehen werden, für die sich der Begriff „Urban Mining“ etabliert hat (z. B. Obernosterer et al. 2000; Weber-Blaschke et al. 2007). Damit ist gemeint, den gesamten anthropogenen Materialbestand als Ressourcenpotenzial anzusehen bzw. auch zu nutzen und auf diese Weise den konventionellen Bergbau zu ergänzen. Grafik 3 verdeutlicht diese Sichtweise am bereits erwähnten Beispiel Kupfer. Hier wird angenommen, dass sich global im so genannten anthropogenen Lager (d. h. im Gebäudebestand usw.) sowie in Deponien inzwischen eine größere Menge dieses Elements als in den verbliebenen natürlichen Lagerstätten befindet.

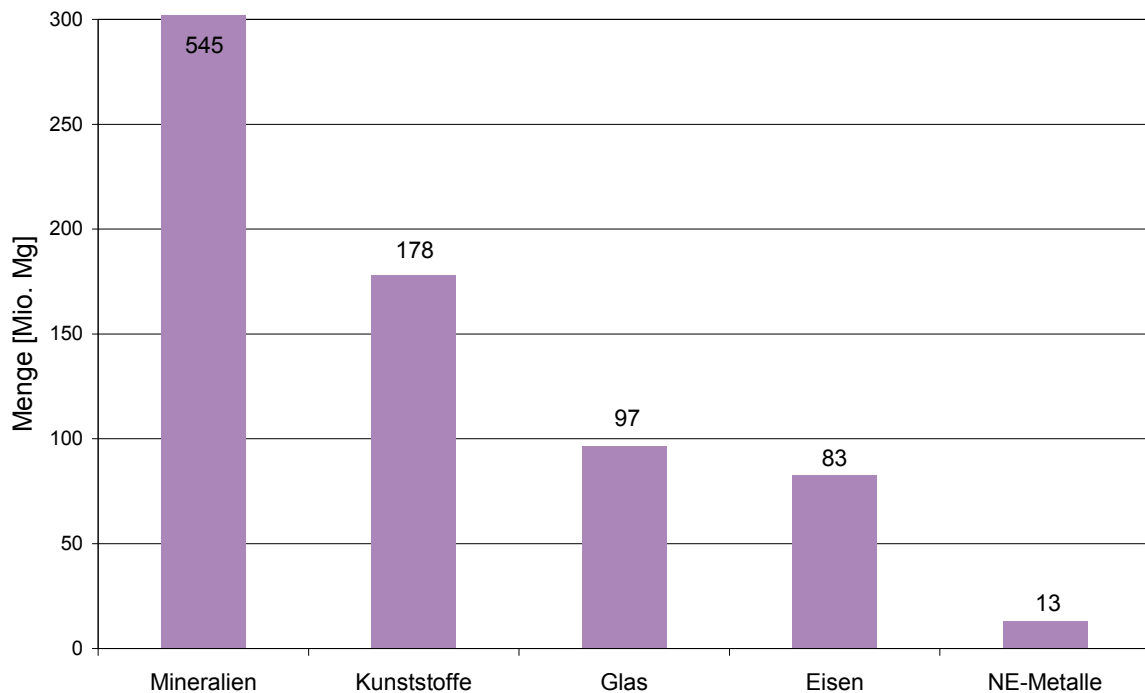


Quelle: Rechberger 2004 zitiert in Brunner 2005, Folie 12.

Grafik 3: Natürlicher und anthropogener Bestand am Beispiel des Kupfers

In der deutschen Abfallwirtschaft wurden nach einer ersten Abschätzung auf Grundlage von Literaturdaten seit 1975 etwa 2,5 Mrd. Mg an Siedlungsabfällen, Bauschutt und gewerblichen Abfällen deponiert, wovon ca. 960 Mio. Mg auf die Siedlungsabfälle entfallen (Bilitewski 2000, Görner und Hübner 2002, UBA 2006). Diese Daten dienten als Grundlage für eine überschlägige Mengenermittlung abgelagerter Stoffgruppen. Dazu wurden Abfallanalysen verschiedener Epochen herangezogen. Die Ergebnisse einer ersten groben Abschätzung sind in Grafik 4 dargelegt (Mocker et al. 2009). Aufgrund der vor 1975 nicht erfassten Abfälle sind die Mengen eher als untere Begrenzung zu verstehen. In ähnlicher Weise lässt sich abschätzen, dass in der Vergangenheit größenordnungsmäßig weit mehr als 10 Mio. Mg an

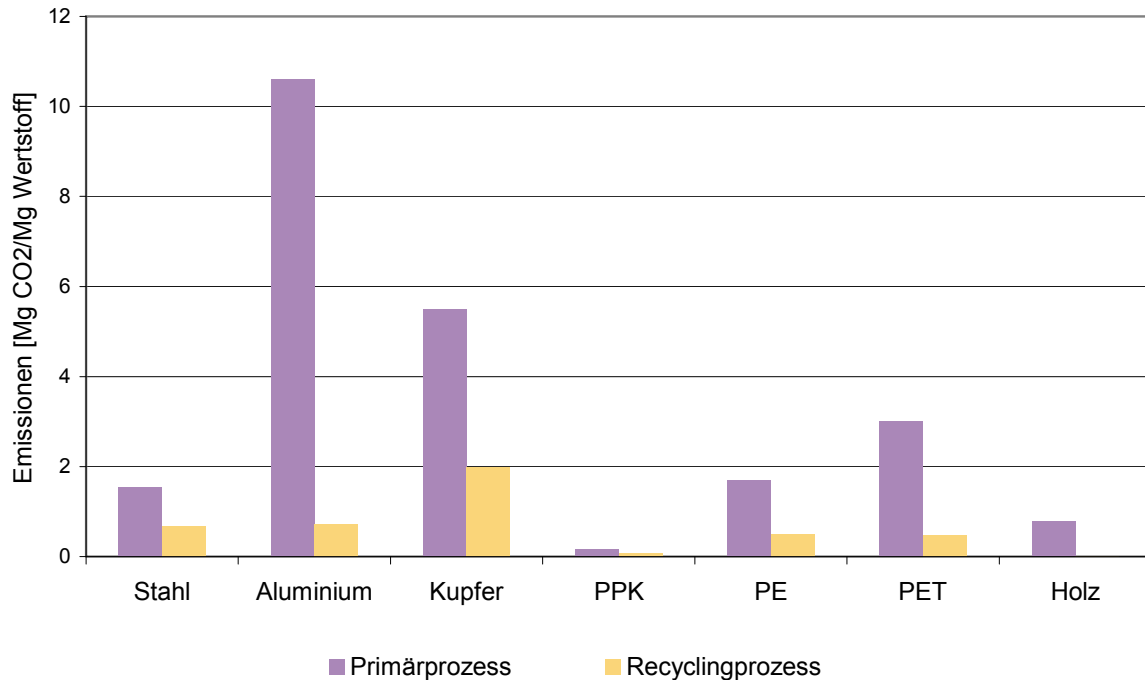
Klärschlamm-Trockensubstanz abgelagert wurden und mit dieser Abfallart mehr als 1 Mio. Mg Phosphat (umgerechnet auf P_2O_5) deponiert wurde.



Quelle: Mocker et al. 2009.

Grafik 4: Bundesweite Mengenabschätzung einzelner Stoffgruppen auf Abfalldeponien

Die Ressourcenschonung stellt aber nicht den einzigen Vorteil der Rückgewinnung von Stoffen im Sinn der Kreislaufwirtschaft dar. Die Verwendung von Recyclingmaterial ist meist mit erheblich geringeren Umweltbelastungen verbunden als die Herstellung aus natürlichen Rohstoffen. Grafik 5 verdeutlicht diesen Zusammenhang am Beispiel der CO_2 -Emissionen (UMSICHT 2008).



Quelle: UMSICHT 2008.

Grafik 5: CO₂-Emissionen von Primär- und Recyclingprozessen im Vergleich (PPK: Papier, Pappe, Karton; PE: Polyethylen; PET: Polyethylenterephthalat)

Schlussfolgerungen

Wegen tendenziell steigender Mengen an Abraum und dem ursächlichen Zweck der Rohstoffbereitstellung bietet der Rohstoffabbau kaum Ansätze für eine spürbare Reduzierung des Materialeinsatzes. In der Grundstoffproduktion sind Effizienzsteigerungen bis in die Nähe der stöchiometrischen bzw. thermodynamischen Begrenzungen möglich. Aufgrund weitgehend optimierter Prozesse in einer hoch entwickelten Gesellschaft werden sich diese Verbesserungen aber in vielen Fällen auf einen inkrementellen Bereich beschränken.

Erhebliche Potenziale lassen sich dagegen durch Effizienz-Sprünge im Wertschöpfungsbe- reich Güter und Dienstleistungen oder durch gezielte Veränderungen der Verhaltensmuster bei Verbrauch und Nachfrage erschließen. Mögliche Steuerungsinstrumente werden im fol- genden Kapitel vorgestellt.

In dem Maße, wie solche Instrumente greifen und für spürbare Veränderungen sorgen, wird auch die Vision einer echten Kreislaufwirtschaft greifbarer, in der das Gros der Materialbe- wegungen zwischen Grundstoff- und Güterproduktion stattfindet. Die Einbindung der Abfall- wirtschaft in eine umfassende Ressourcenpolitik ist dafür unabdingbar. Die Umkehrung der Stoffströme aus der Deponie in die Grundstoff- und Güterproduktion könnte auf diesem Weg ihren Beitrag leisten und den konventionellen Rohstoffabbau ergänzen. Wenn die für Rück- gewinnungsprozesse notwendige Energie aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt würde,

wäre in Bezug auf die Ressourcennutzung eine weitgehende Annäherung an die Nachhaltigkeit gelungen.

4. Strategische Ansätze und politische Instrumente

Das Thema Ressourcennutzung stand seit dem Beginn der 1970er-Jahre immer wieder auf der Agenda; bisher konnte aber keine umfassende Ressourcenpolitik umgesetzt werden. Gründe hierfür sind unter anderem (SRU 2005):

- der mangelnde Konsens über die Notwendigkeit, Wünschbarkeit und Machbarkeit einer politischen Steuerung der Ressourcennutzung,
- die Schwierigkeit, hochkomplexe, global vernetzte und sich dauernd ändernde Ströme zehntausender verschiedener Materialien zu erfassen,
- der Umstand, dass Rohstoffe als entscheidende Basis des Wohlstands angesehen und Interventionen entsprechend tabuisiert werden, sowie
- die Überfrachtung mit normativen Imperativen (environmental justice, fair shares), die zwar durchaus als legitimationsverstärkende Argumente der Ressourcenpolitik dienen können, aber als politische Ziele nur schwer zu realisieren sind.

Die Ressourcenpolitik zielt auf den Beginn der Wertschöpfungskette, also den Eintritt von Ressourcen in das wirtschaftliche System ab. Wie in Kapitel 3 gezeigt, setzen entsprechende Maßnahmen aber an bestimmten Punkten der Kette besonders effizient an. Insofern muss die Ressourcenpolitik von einer Lebenszyklusperspektive ausgehen und letztendlich die Integration der Ressourcenperspektive in eine Vielzahl von Politikfeldern erreichen.

Damit ist überdies eine große Anzahl von Akteuren betroffen, was die politische Umsetzung von Gesetzesvorhaben und die Durchführung in der Praxis zu einem komplizierten Unterfangen macht. Wie in der Energieeffizienzpolitik bestehen auch im Bereich der Ressourcenschonung eine Reihe von Hemmnissen und Widerständen, die die Erschließung von Effizienzpotenzialen erschweren. Zu diesen Hemmnissen gehören zum Beispiel Kapitalmangel von Unternehmen, der diese an Investitionen in Effizienz hindert, Informationsdefizite oder sektorale Anreizstrukturen, die es für einzelne Akteure nicht ausreichend attraktiv machen, ihren Materialeinsatz zu senken.⁶ Die Konzentration von Marktmacht bei wenigen Akteuren

⁶ Z. B. Bonussysteme ohne Bezug zum Materialverbrauch; Trennung von Investitionsplanung und Kostenrechnung in Betrieben; andere Prioritäten der Kunden von Zulieferbetrieben (Bleischwitz et al. 2009).

auf den internationalen Märkten, die politische Macht etablierter Industrien und die Pfadabhängigkeit durch bestehende Infrastrukturen können radikale Innovationen behindern (Bleischwitz et al. 2009). Ohne staatliche Interventionen und Steuerung können deshalb die Ziele der Ressourcenpolitik nicht erreicht werden.

Vorschläge und Konzepte für eine nachhaltige Ressourcenpolitik werden in der Wissenschaft seit Jahrzehnten diskutiert; über viele Aspekte herrscht in der Literatur weit gehende Einigkeit. Einige zentrale Bausteine werden im Folgenden skizziert. Die Herausforderung besteht in erster Linie darin, diese Ansätze ausreichend zu konkretisieren und ihre Anwendung politisch durchzusetzen.

4.1 Weiterführende politische Zielsetzungen

Zielformulierungen spielen in der Umweltpolitik eine wichtige Rolle, da sie der Maßstab sind, an dem die Wirksamkeit konkreter Maßnahmen überprüft werden kann. Während in der internationalen Klimapolitik nationale Reduktionsverpflichtungen bereits zentraler, hart umkämpfter Gegenstand der Verhandlungen sind, tut sich die Ressourcenpolitik noch schwer damit, konkrete Ziele zu formulieren, die dann in politische Handlungen umgesetzt werden können (siehe Kapitel 2). Ziele der Ressourcenpolitik sind bisher in der Regel nicht verbindlich, häufig qualitativ formuliert, nicht ausreichend ehrgeizig und fokussieren eher auf Produktivitätssteigerung als auf die Senkung des absoluten Verbrauchs.

Es ist jedoch wichtig, dass politische Strategien und Maßnahmen neben der Steigerung der Produktivität auch die Reduzierung des absoluten Verbrauchs im Blick behalten. Durch den Anstieg der Wirtschaftsleistung besteht die Tendenz, dass Produktivitätssteigerungen durch insgesamt erhöhte Produktion kompensiert werden (Rebound-Effekt). Ziel der Politik sollte die absolute Senkung der Rohstoffentnahme sein, zumindest für diejenigen Rohstoffe, die knapp sind oder hohe Umweltbelastungen hervorrufen.

Um tatsächlich ein nachhaltiges Wirtschaftssystem zu schaffen, ist die aktuelle inkrementelle Steigerung der Ressourcenproduktivität mit Sicherheit nicht ausreichend. Das Faktor-10 Konzept geht davon aus, dass bis zum Jahr 2050 der Verbrauch von nicht nachwachsenden natürlichen Ressourcen auf fünf bis sechs Tonnen pro Jahr und Person begrenzt werden muss, um Nachhaltigkeit zu erreichen (Schmidt-Bleek 1993; 2009). In den OECD-Ländern müsste die Ressourcenproduktivität hierfür etwa um das Zehnfache erhöht werden, während die ärmeren Länder ihren Bedarf noch ausdehnen könnten. Insgesamt könnte so der Verbrauch nicht-erneuerbarer Ressourcen um etwa 50 % verringert werden. Zusätzlich könnte ein Zielwert für die landwirtschaftlich genutzte Fläche pro Kopf sinnvoll sein, um die

mit Landnutzung verbundenen Umweltbelastungen und Knappheiten trotz des erwarteten Anstiegs der Weltbevölkerung zu kontrollieren (Bringezu 2009).

Zudem müssen Zielsetzungen oder Indikatoren letztendlich wohl ressourcenspezifisch formuliert werden, um operationalisierbar zu sein. Es kann auch notwendig werden, Teilbeiträge einzelner Branchen zu ermitteln und mit politischen Maßnahmen zu erschließen, damit die Zielsetzungen für die Schlüsselakteure in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft fassbar werden (Öko-Institut 2007). Im Einklang mit dem Konzept einer stoffbezogenen Umweltpolitik ließen sich prioritäre Stoffgruppen oder Branchen identifizieren, an denen besonders effizient und transparent angesetzt werden kann (SRU 2005).

4.2 Steuerungsinstrumente der Ressourcenpolitik in Deutschland

Nachfolgend werden einige ausgewählte Steuerungsinstrumente der Ressourcenpolitik vorgestellt und diskutiert.

Produktverantwortung

Die Stoffströme unserer Volkswirtschaft konnten bisher nicht signifikant reduziert werden. Um den Input an Ressourcen und damit auch den entstehenden Abfall nachhaltig zu reduzieren, müssen Maßnahmen bei der Produktion ansetzen bzw. den gesamten Lebenszyklus eines Produkts im Blick haben. Das Prinzip Produktverantwortung kann eine Brücke zwischen Herstellung und Entsorgung schlagen und einen entscheidenden Beitrag zur Ressourcenschonung und Abfallvermeidung leisten.

Von einer umfassenden und effektiven Umsetzung der Produktverantwortung können wichtige Impulse ausgehen. Zu den erhofften Wirkungen zählen die Reduzierung des Stoffeinsatzes und damit auch der Abfallströme, bessere Recyclingfähigkeit und Reparaturfähigkeit von Produkten, längere Nutzungsdauer und neue Nutzungskonzepte wie Leasing oder „Sharing“. Auch positive gesamtwirtschaftliche Wirkungen könnten erzielt werden, etwa im Hinblick auf die Beschäftigung.

Diesen theoretischen Wirkungen der Produktverantwortung gegenüber nehmen sich die Erfolge bisheriger gesetzlicher Regelungen bescheiden aus. Bisher ist es nicht gelungen, das Potenzial der Produktverantwortung zur Umgestaltung von Produktions- und Verbrauchsmustern zu erschließen. Dies liegt zum einen an der Ausgestaltung der Gesetze selbst, zum anderen auch an ökonomischen Rahmenbedingungen, die den Anreizen der Produktverantwortung entgegenwirken bzw. diese in den Hintergrund drängen. Produktverantwortung reduziert sich derzeit vor allem auf die Kostenverantwortung für die umweltgerechte Abfallentsorgung und die teilweise Verwertung. Zudem wird diese eingeschränkte Produktverantwor-

tung durch den massenhaften Export von Gebrauchtfahrzeugen und Elektroaltgeräten ausgehöhlt (SRU 2008). Notwendig ist deshalb eine Diskussion darüber, mit welchen Instrumenten die Produktverantwortung umfassender ausgestaltet und wirksam umgesetzt werden kann.

Ressourcensteuern

Durch die Ausgestaltung des Steuersystems kann das Verhalten von Produzenten und Verbrauchern maßgeblich beeinflusst werden. Umweltsteuern auf Rohstoffe dienen der Internalisierung externer Effekte und letztendlich der Reduzierung des Verbrauchs. Angesichts der Tatsache, dass in den vergangenen Jahrzehnten die Arbeitsproduktivität weit stärker gestiegen ist als die Material- und Energieproduktivität (BMU 2008), erscheint eine Weiterentwicklung der ökologischen Steuerreform sinnvoll, durch die der Faktor Arbeit verbilligt wird und gleichzeitig Anreize zur Einsparung von Material geschaffen werden. Die Ökologisierung des Steuersystems wird von Experten nach wie vor als zentrales Instrument für die Überwindung des Konflikts zwischen Umweltverbrauch und Wohlstandsvermehrung gesehen (Ekins 2000; Müller-Fürstenberger und Stephan 2009). Zudem können monetäre Instrumente weit reichende Innovationswirkungen erzielen, wenn sie anspruchsvoll ausgestaltet werden, also die Steuersätze ausreichend hoch sind (SRU 2008).

Der Weiterentwicklung der ökologischen Steuerreform stehen allerdings weit verbreitete Vorbehalte in der Bevölkerung sowie der Widerstand nationaler Wirtschaftsakteure entgegen, die Wettbewerbsnachteile bei der Einführung nationaler Steuern befürchten. Globale Ressourcensteuern oder Nutzungsentgelte auf international gehandelte Rohstoffe würden internationale Wettbewerbsverzerrungen vermeiden, werden derzeit aber allenfalls als langfristige Perspektive diskutiert (Bleischwitz und Bringezu 2009). Die Bundesregierung strebt zwar grundsätzlich die Optimierung eines „marktwirtschaftlichen Ordnungsrahmens“ an (BMU 2006), ein verstärkter Rückgriff auf monetäre Instrumente ist bisher aber leider nicht zu beobachten.

Konkrete Möglichkeiten, die Ressourcenschonung in Deutschland durch steuerliche Anreize zu fördern, sind differenzierte Mehrwertsteuersätze oder eine Baustoffbesteuerung. Das Projekt MaRess – Materialeffizienz und Ressourcenschonung, das durch BMU und UBA gefördert und vom Wuppertal-Institut koordiniert wird, untersucht unter anderem diese beiden Steuerungsansätze (Bleischwitz et al. 2009). Durch differenzierte Mehrwertsteuersätze, die nach ihrer Materialintensität gestaffelt sind, könnten ressourcenärmere Produkte oder Dienstleistungen gefördert werden. Auch die geringere Besteuerung arbeitsintensiver Dienstleistungen könnte zur Ressourcenschonung beitragen, da sie Anreize für Produktdauerverlängerung und Kaskadennutzung setzen könnte. Mit der Besteuerung von Baustoffen wur-

den in einigen europäischen Ländern positive Erfahrungen gemacht; und die Gefahr einer Einschränkung der Wettbewerbsfähigkeit wird in den stark regional geprägten Baustoffmärkten für beherrschbar gehalten. Eine detaillierte Analyse und Folgenabschätzung verschiedener Politikoptionen aus dem MaRes-Projekt wird bis Ende 2010 erwartet.

Produktbezogene Regulierung

Ordnungsrechtliche Instrumente der Produktpolitik können gezielt einzelne Branchen und Produktgruppen adressieren und die Erschließung ihrer Effizienzpotenziale unterstützen (SRU 2008). Regelungen, die sich am Produkt und seinem Lebenszyklus orientieren, bieten eine Reihe von Steuerungsvorteilen. Sie beziehen sich auf die Designphase, in der die Produkteigenschaften und die Prozessketten konzipiert werden. Sie können auf dieser Ebene – also bei den Herstellern des Endprodukts – einen Innovationswettbewerb in Gang setzen. Als Nachfrager von Vorprodukten fungieren diese Hersteller potenziell als die „gate keeper“ der Stoffströme und können so auch Verbesserungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette initiieren. Die Last des Innovationsprozesses liegt dabei vorwiegend bei den Vorproduzenten, erleichtert damit aber auch anspruchsvolle Steuerungsleistungen bei den verarbeitenden Unternehmen und ihren Einkaufsabteilungen.

Produktbezogene Umweltregulierungen erfahren derzeit international eine rasche Verbreitung, insbesondere im Hinblick auf die Steigerung der Energieeffizienz. So haben inzwischen mehr als fünfzig Länder Mindesteffizienzstandards zumindest für einzelne Elektrogeräte eingeführt, zahlreiche weitere Länder sind dabei dies zu tun (Steenblik et al. 2006). Mit der Ökodesign-Richtlinie existiert auf europäischer Ebene ein produktpolitisches Instrument, das eine umfassende Lebenszyklus-Betrachtung zu Grunde legt und verschiedene ökologische Kriterien berücksichtigt. Für bestimmte Produkte können unter der Richtlinie Standards durch Verordnungen oder durch freiwillige Vereinbarungen gesetzt werden. Bisher existieren Regelungen unter anderem zum Standby-Betrieb und zu Haushaltslampen, im Juli 2009 hat die Europäische Kommission vier weitere Ökodesign-Verordnungen zur Erhöhung der Energieeffizienz von Industriemotoren, Umwälzpumpen, Fernseh- sowie Kühl- und Gefriergeräten erlassen. Von den neuen Regelungen werden signifikante Einsparungen beim Stromverbrauch erwartet. Allerdings umfasst die Richtlinie bisher nur energiebetriebene (demnächst auch energieverbrauchsrelevante) Produkte, und die Maßnahmen konzentrieren sich bisher auf die Energieeffizienz. Hier wäre eine Weiterentwicklung sinnvoll, die auch die Materialintensität berücksichtigt und so breiter zur Ressourcenschonung beiträgt (Bongardt und Haberland 2009).

Einen anspruchsvollen, umfassenderen Regelungsansatz bietet auch das japanische Top-Runner-Programm, bei dem produktgruppenspezifische Standards festgelegt werden, die

sich an den effizientesten der aktuell auf dem Markt verfügbaren Produkte orientieren und die entsprechend dem technischen Fortschritt dynamisch weiterentwickelt werden.

Insgesamt hat sich die regulative, auf Produkte bezogene Detailsteuerung zu einem wichtigen Baustein innovationsorientierter Umweltpolitik entwickelt. Er muss allerdings im Rahmen einer allgemeiner wirkenden ökonomischen Tendenzsteuerung über den Preismechanismus wirken. Steuerliche Anreize und produktbezogene Vorgaben müssen in die gleiche Richtung wirken und dürfen keine widersprüchlichen Signale an Hersteller und Verbraucher senden.

Öffentliche Beschaffung

Eine umweltorientierte Beschaffungspolitik ist eine sinnvolle und notwendige Ergänzung marktbasierter und ordnungsrechtlicher Lösungen. Auf die öffentliche Beschaffung entfallen rund 16 % des Bruttoinlandsprodukts (BIP) der EU und 13 % des BIP in Deutschland. Wird diese enorme staatliche Nachfragemacht durch eine konsequent ökologische Ausgestaltung der Beschaffung von Waren und Dienstleistungen ausgenutzt, kann die öffentliche Hand einen erheblichen Beitrag zur Diffusion von Umweltinnovationen leisten.

Das Potenzial der öffentlichen Beschaffung wird in Deutschland allerdings bislang nur unzureichend ausgeschöpft. Zu den wesentlichen Hindernissen zählen unter anderem die höheren Kosten „grüner“ Produkte, Unsicherheit über die rechtliche Zulässigkeit sowie ein Mangel an Informationen (SRU 2008).

Information und Kennzeichnung

Informationen über die Umweltauswirkungen von Produkten, zum Beispiel in Form von Produktkennzeichnungen, sollen die Verbraucher in die Lage versetzen, ihre Präferenzen für ökologisch vorteilhafte Produkte (sofern vorhanden) in Kaufentscheidungen umzusetzen. Die so erhöhte Nachfrage soll Unternehmen einen unmittelbaren Anreiz bieten, die Umweltbilanz ihrer Produkte und Prozesse zu verbessern.

An Methoden für eine Ausweisung der Klima- und Ressourcenbilanz von Produkten wird weltweit gearbeitet. Ökologische Fußabdrücke⁷ oder ökologische Rucksäcke sind Bilder, die den Ressourcen- und Umweltverbrauch kommunizierbar und anschaulich machen. Ähnlich wie Nährwerte könnte auch der Ressourcenverbrauch auf Produktverpackungen dargestellt

⁷ Der ökologische Fußabdruck ist ein Indikator für den Naturverbrauch bzw. die Umweltbelastung, die durch einzelne Menschen oder die Bevölkerung eines Landes verursacht wird. Er misst die Größe der produktiven Land- und Wasserflächen, die notwendig ist, um die Ressourcen, die diese Menschen konsumieren, bereitzustellen und ihren Abfall aufzunehmen. Siehe z. B. www.footprintnetwork.org.

und als Prozentsatz eines nachhaltigen Pro-Kopf-Verbrauchs ausgedrückt werden (Hinterberger 2009).

Umweltkennzeichnung birgt sicherlich ein gewisses Potenzial und ist im Sinne der Transparenz und Verbraucherinformation in jedem Fall zu begrüßen. Allerdings ist dieses Potenzial aus verschiedenen Gründen in seiner Wirksamkeit vermutlich begrenzt. Zunächst ist die Umweltbilanz von Produkten für Käufer in den meisten Fällen nur ein Aspekt unter vielen und kann hinter anderen Faktoren (z. B. Preis, Werbung, Mode) zurücktreten. Umfragen deuten darauf hin, dass Menschen dazu neigen, das eigene Kaufverhalten in Bezug auf Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit zu überschätzen, und dass vor allem dann umweltbewusste Kaufentscheidungen getroffen werden, wenn diese mit einem persönlichen Vorteil verbunden sind (z. B. gesündere Lebensmittel aus biologischer Landwirtschaft, langfristiger finanzieller Vorteil durch Nutzung energieeffizienter Geräte). Zudem fühlen sich Verbraucher zunehmend durch die Vielfalt an Kennzeichnungen überfordert (BMU 2008).

Umweltkennzeichnung allein wird wohl nur eine begrenzte Wirksamkeit entfalten – im Zusammenspiel mit anderen Instrumenten, insbesondere preislichen Anreizen, kann sie aber eine wichtige Rolle spielen. Die Methoden für die Umweltkennzeichnung sollten deshalb weiterentwickelt werden, mit dem Ziel einer möglichst weitgehenden Komplexitätsreduktion und einer Verbesserung der Verständlichkeit für die Adressaten.

4.3 Ressourcenschutz auf der internationalen Ebene

Die Umweltbelastungen durch Ressourcennutzung machen sich auf verschiedenen Ebenen bemerkbar und reichen von verheerenden Zerstörungen der lokalen Umwelt in Bergbaugebieten bis zur Schädigung des globalen Klimas durch die Verbrennung fossiler Energieträger. Auch die Frage der Versorgungssicherheit kann aufgrund der sich dynamisch entwickelnden geostrategischen Gegebenheiten und der ungleichen Verteilung der Ressourcenvorkommen nicht auf nationaler Ebene gelöst werden. Rohstoffreiche Länder sind oft nicht in der Lage oder willens, die Einkünfte aus dem Abbau für eine nachhaltige Entwicklung zu nutzen und negative soziale Folgen zu vermeiden, und importierende Industrieländer bzw. Investoren und Konzerne haben oft nur ein eingeschränktes Interesse daran, sich mit diesen Problemen zu befassen (Röttters 2009).

Die politische Steuerung des Ressourcenverbrauchs bzw. die Kontrolle negativer Umweltauswirkungen in einer globalisierten Welt mit komplexen Materialströmen und Handelsbeziehungen muss deshalb letztendlich auf der internationalen Ebene erfolgen. Dies stellt eine große Herausforderung an die internationale Gemeinschaft dar.

Während im Bereich Klimaschutz auf globaler Ebene heute bereits politische und institutionelle Strukturen existieren, stehen wir beim globalen Ressourcenmanagement noch ganz am Anfang. Ein erster Schritt wurde im Jahr 2007 mit der Einrichtung eines internationalen Wissenschaftlergremiums, des *International Panel for Sustainable Resource Management* (IPSRM), unter dem Dach des Umweltprogramms der Vereinten Nationen UNEP unternommen.⁸ Es soll die Umweltbelastungen durch Ressourcennutzung in der Lebenszyklusperspektive wissenschaftlich bewerten, und Strategien und Ansätze zur Verringerung dieser Belastungen erarbeiten.

Damit aus den erwarteten Ergebnissen und Empfehlungen des IPSRM politische Konsequenzen gezogen werden können, bedarf es jedoch entsprechender internationaler Institutionen. Bleischwitz und Bringezu (2007) schlagen eine internationale Konvention zum nachhaltigen Ressourcenmanagement vor, die von einer internationalen Agentur unterstützt werden soll. Die Erfahrungen aus den Bemühungen um ein internationales Klimaschutzregime und den damit verbundenen langwierigen, zähen und schwierigen Verhandlungen lassen keinen Zweifel daran, dass eine internationale Ressourcenkonvention nur mit großen Anstrengungen und politischem Durchhaltevermögen ins Leben gerufen werden kann.

In der Zwischenzeit können Industrieländer wie Deutschland einen Beitrag zur Entspannung der angespannten Rohstoffsituation leisten, zum Beispiel in dem sie Strategien zur Begrenzung und Reduktion der Ressourcennutzung entwickeln, indem sie Transparenz in Bezug auf Umwelt- und soziale Auswirkungen z. B. durch Zertifizierungssysteme fördern, und indem sie im Rahmen ihrer Entwicklungszusammenarbeit stärker auf nachhaltiges Ressourcenmanagement und gerechte Verteilung der Erlöse in den Exportländern hinarbeiten (Bleischwitz und Bringezu 2007; Bleischwitz und Bringezu 2009).

5. Fazit und Ausblick

Die aktuelle Krise führt uns vor Augen, dass unsere Wirtschaftssysteme nicht nachhaltig sind – weder finanziell noch ökologisch. Dabei hängen Wirtschafts- und Umweltkrise miteinander zusammen: durch die Nutzung natürlicher Ressourcen als Ausgangsmaterial für Produktion und als Senke für Abfälle und Emissionen, die in den gängigen Wirtschaftsmodellen nach wie vor nicht ausreichend berücksichtigt wird und nicht in die Preisgestaltung internalisiert ist. Wir werden die sozialen, ökonomischen und ökologischen Probleme aber nicht getrennt voneinander lösen können. Die zentralen Fragen lauten: Wie können wir in Zukunft ein gutes Leben für alle Menschen auf diesem Planeten ermöglichen, ohne dabei die natürlichen Le-

⁸ <http://www.unep.fr/scp/rpanel/>.

bensgrundlagen zu zerstören? Und was bedeutet das für die Struktur und Dynamik unserer Wirtschaften?

Weltweit sind die Regierungen dabei, Konjunkturprogramme zur Belebung der Wirtschaft zu beschließen und umzusetzen. Dabei sind Ansätze eines „Green New Deals“ zu beobachten, die allerdings insbesondere in Deutschland und Europa bei Weitem nicht ausreichen. Dabei wäre es dringend notwendig, die erheblichen öffentlichen Ausgaben zur Stützung der Wirtschaft gleichzeitig dazu zu nutzen, den Übergang hin zu einer ressourcenarmen, energieeffizienten und kohlenstoffarmen Wirtschaft zu gestalten.

Angesichts einer wachsenden Weltbevölkerung und stark steigender Nachfrage nach Ressourcen und Konsumgütern in den Schwellenländern reichen inkrementelle Verbesserungen der Energie- und Ressourceneffizienz, wie beispielsweise Wirkungsgradsteigerungen im Kraftwerksbau oder im Automobilbau, nicht mehr aus. Was wir brauchen, sind radikale technische, soziale und organisatorische Innovationen.

Wir sind gut beraten, wenn wir in der Krise nicht an überholten Strukturen festhalten, sondern uns auf neue Lösungen einlassen – mit Kreativität, Mut und Tatkraft, aber auch mit kritischem Sachverstand und Reflektion. Wir haben die Chance, eine positive Zukunft für die Menschheit zu gestalten, wenn wir die Synergien nutzen, die solche Innovationen bieten: für eine gesunde Wirtschaft und einen gesunden Planeten.

Prof. Dr. Martin Faulstich, Anna Leipprand, Sachverständigenrat für Umweltfragen

Dr. Mario Mocker, ATZ Entwicklungszentrum

(E-Mail: anna.leipprand@uba.de)

Literatur

- Beyers, B. (2005): Konfliktvermeidung. Faktor X - die globale Dimension. Fact Sheet. Aachener Stiftung Kathy Beys. http://www.aachener-stiftung.de/uploads/media/globale_situation_final.pdf (28.07.2009).
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2008): Bundesrepublik Deutschland - Rohstoffsituation 2007. Hannover: BGR. Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien Heft XXXVII.
- Bilitewski, B. (2000): Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre, Springer-Verlag, Berlin.
- Bleischwitz, R. und S. Bringezu (2009): Aus dem Fluch einen Segen machen. politische ökologie 115-116, S 42–45.
- Bleischwitz, R. und S. Bringezu (2007): Globales Ressourcenmanagement. Konfliktpotenziale und Grundzüge eines Global Governance-Systems. Bonn: Stiftung Entwicklung und Frieden, Policy Paper 27. http://www.sef-bonn.org/download/publikationen/policy_paper/pp_27_de.pdf (27.07.2009).
- Bleischwitz, R., Jacob, K., Bahn-Walkowiak, B., Petruschke, T. und K. Rennings (2009): Ressourcenpolitik zur Gestaltung der Rahmenbedingungen. Paper 3.1 des Projekts "Materialeffizienz und Ressourcenschonung (MaRess). Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie. Projekt im Auftrag des BMU / UBA. http://ressourcen.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/RE-Paper_3-1.pdf (23.7.2009).
- BMU (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2008): Umweltbewusstsein in Deutschland 2008. Reihe Umweltpolitik. Berlin: BMU.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2006): Ökologische Industriepolitik. Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung. Berlin: BMU.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2008): Strategie Ressourceneffizienz. Impulse für den ökologischen und ökonomischen Umbau der Industriegesellschaft. Berlin: BMU.

Bongardt, B. und T. Haberland (2009): Rohstoffe in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Leiser Startschuss für einen politischen Marathon. politische ökologie 115–116, S. 46–47.

Börlin, M. und W. R. Stahel (1987): Wirtschaftliche Strategie der Dauerhaftigkeit. Betrachtungen über die Verlängerung von Produkten als Beitrag zur Vermeidung von Abfällen. Zürich: Schweizerischer Bankverein.

Bringezu, S. (2006): Materializing Policies for Sustainable Use and Economy-wide Management of Resources: Biophysical Perspectives, Socio-Economic Options and a Dual Approach for the European Union. Wuppertal Papers, No. 160, S. 37.

Bringezu, S. (2009): Targets for Global Resource Consumption. Vortrag, Factor X: Policies, strategies and instruments towards a sustainable resource use. Workshop des Umweltbundesamtes, 18. Juni 2009, Berlin.

Brunner, P.H. (2005): Ressourcenstrategie – Orientierung durch ein heuristisches Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik. Vortrag am 24. November 2005, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin. Internet: http://www.iwa.tuwien.ac.at/AWS_2264.htm/Aktuelle%20Vortraege/2005/AS%20Ressourcen%20Brunner.pdf (Recherchedatum: 10.10.2007).

Bundesregierung (2007): Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung.

Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.

Ekins, P. (2000): Economic Growth and Environmental Sustainability. The prospects for green growth. London, New York: Routledge.

Europäische Kommission (2008): Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern. KOM(2008) 699. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2005): Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. KOM(670) endg. Brüssel: Europäische Kommission.

- Faulstich, M. und W. Schenkel (1993): Strategien und Instrumente zur Abfallvermeidung. In: Akademie für Landesplanung und Raumforschung (Hrsg.): Aspekte einer raum- und umweltverträglichen Abfallentsorgung, Teil II. Forschungs- und Sitzungsberichte Band 196. Hannover: Verlag der ALR, S. 12–50.
- Görner, K. und K. Hübner (Hrsg.) (2002): Abfallwirtschaft und Bodenschutz. Berlin: Springer-Verlag.
- Hinterberger, F. (2009): The Limits of Resource Use. Vortrag, Factor X: Policy, strategies and instruments towards a sustainable resource use. Workshop des Umweltbundesamtes, 18. Juni 2009, Berlin.
- Mocker, M., Franke, M., Stenzel, F. und M. Faulstich (2009): Von der Abfallwirtschaft zur Ressourcenwirtschaft, In: Flamme, S., Gallenkemper, B., Gellenbeck, K., Bidlingmaier, W., Kranert, M., Nelles, M., Stegmann, R. (Hrsg.): Tagungsband der 11. Münsteraner Abfallwirtschaftstage, Münster, 10.–11. Februar 2009, S. 27–33.
- Müller-Fürstenberger, G. und G. Stephan (2009): Appelle allein reichen nicht. politische ökologie 115–116, S. 48–50.
- Obernosterer, R.; Lampert, C. und P. H. Brunner (2000): Der Stoffhaushalt ländlicher Regionen im urbanen Schatten. Brandenburger Umweltberichte (BUB) 9, S. 67–73.
- Öko-Institut (2007): Ressourcenfieber - mit kühlem Kopf zu nachhaltigen Lösungen. Freiburg, Darmstadt, Berlin: Öko-Institut. Standpunkt Öko-Institut. <http://www.oeko.de/oekodoc/600/2007-146-de.pdf> (22.7.2009).
- Rötters, S. (2009): Des einen Freud, des anderen Leid. politische ökologie 115–116, S. 22–24.
- Schmidt-Bleek, F. (2009): Wo bleibt die Faktor-10-Revolution? DNR-Themenheft II/2009, S. 4–5.
- Schmidt-Bleek, F. (1993): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS, das Maß für ökologisches Wirtschaften. Berlin: Birkhäuser Verlag.
- Schütz, H. und S. Bringezu (2008): Ressourcenverbrauch von Deutschland - aktuelle Kennzahlen und Begriffsbestimmungen. Dessau: Umweltbundesamt. Texte 02/08. www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3426.pdf (28.07.2009).
- Simon, F.-G. (2009): So geht's. Materialeffizienz in der Praxis. DNR-Themenheft II/2009, S. 10–11.

- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2008): Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2005): Auf dem Weg zur Europäischen Ressourcenstrategie: Orientierung durch ein Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik. Berlin: SRU. Stellungnahme 9.
- Stahel, W. R. (1989): Technische Langzeit-Systeme als Beitrag zur Abfallvermeidung. In: Institut für ökologisches Recycling (Hrsg.): Ökologische Abfallwirtschaft. Umweltvorsorge durch Abfallvermeidung. Berlin: Eigenverlag, S. 322–334.
- Steenblik, R., Vaughan, S. und P. Waide (2006): Can Energy-Efficient Electrical Appliances be Considered "Environmental Goods"? Paris: OECD. OECD Trade and Environment Working Paper 2006-04.
- Tukker, A., Huppes, G., Guinée, J., Heijungs, R., Koning, A. d., Oers, L. v., Suh, S., Geerken, T., Holderbeke, M. v. und B. Jansen (2006): Environmental Impacts of Products (EIPRO). Sevilla: IPTS.
- UBA (Umweltbundesamt) (2006): Abfallaufkommen und Abfallentsorgung in Deutschland 1996 bis 2004 (Stand Juli 2006), http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/abfallstatistik/dokumente/Abfallstatistik_96-04.pdf, letzter Aufruf am 16.04.2009.
- UMSICHT (Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik) / INTERSEROH AG (2008): Recycling für den Klimaschutz, Ergebnisse der Studie von Fraunhofer UMSICHT und INTERSEROH zur CO₂-Einsparung durch den Einsatz von Sekundärstoffen, Köln, 2008
- Weber-Blaschke, G., Pacher, C., Greiff, K. und M. Faulstich (2007): Ressourcenstrategien in Deutschland. In: Kranert, M. (Hrsg.): Vom Abfall zur Ressource. 85. Abfallkolloquium 2007. München: Oldenbourg Industrieverlag. Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft 91, S. 23–50.
- Weizsäcker, E. U. v., Lovins, A. B. und L. H. Lovins (1995): Faktor vier. Doppelter Wohlstand - halbirter Naturverbrauch. München: Droemer Knaur.

Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen

1. Einleitung

In den Jahren 2004 bis 2008 vervielfachten sich an den internationalen Märkten die Rohstoffpreise. Bedingt war die Entwicklung durch ein Zusammentreffen von knappen Förderkapazitäten und dem wachsenden Rohstoffbedarf von Schwellenländern wie China und Indien. Dieser enorme Preisanstieg führte sowohl die große Abhängigkeit von natürlichen Ressourcen vor Augen als auch deren Knappheit. Zwar fielen die Rohstoffpreise im Zuge der weltweiten Wirtschaftskrise zwischenzeitlich auf das Niveau von Anfang 2005, am aktuellen Rand sind aber bereits wieder deutliche Preissteigerungen zu verzeichnen. Bei einem erneuten Anziehen der Weltkonjunktur und der damit verbundenen Rohstoffnachfrage ist mittelfristig mit weiteren Preissteigerungen zu rechnen. Daher dürfen die Lektionen aus den letzten Jahren nicht vergessen werden: eine zukunftsfähige Volkswirtschaft muss ressourcen- und materialeffizient sein.

Dies trifft insbesondere auf die deutsche Wirtschaft zu, welche in hohem Maß von der Einfuhr strategisch wichtiger Rohstoffe abhängig ist. Beispielsweise besteht bei den Metallrohstoffen und vielen bedeutenden Industriemineralien eine nahezu vollständige Importabhängigkeit.¹ Steigende und volatile Rohstoffpreise, welche mit Engpässen bei der Förderung und einer weiteren Verknappung und Konzentration der Vorkommen einhergehen, stellen daher für die deutsche Wirtschaft einen besonderen Risikofaktor dar. Um diesen zu minimieren und zukünftig wettbewerbsfähig zu bleiben, wird die Reduktion des betrieblichen Materialverbrauchs durch effizientere Nutzung für die Unternehmen immer wichtiger. Dennoch schreitet die Erschließung bestehender Potenziale nur langsam voran.

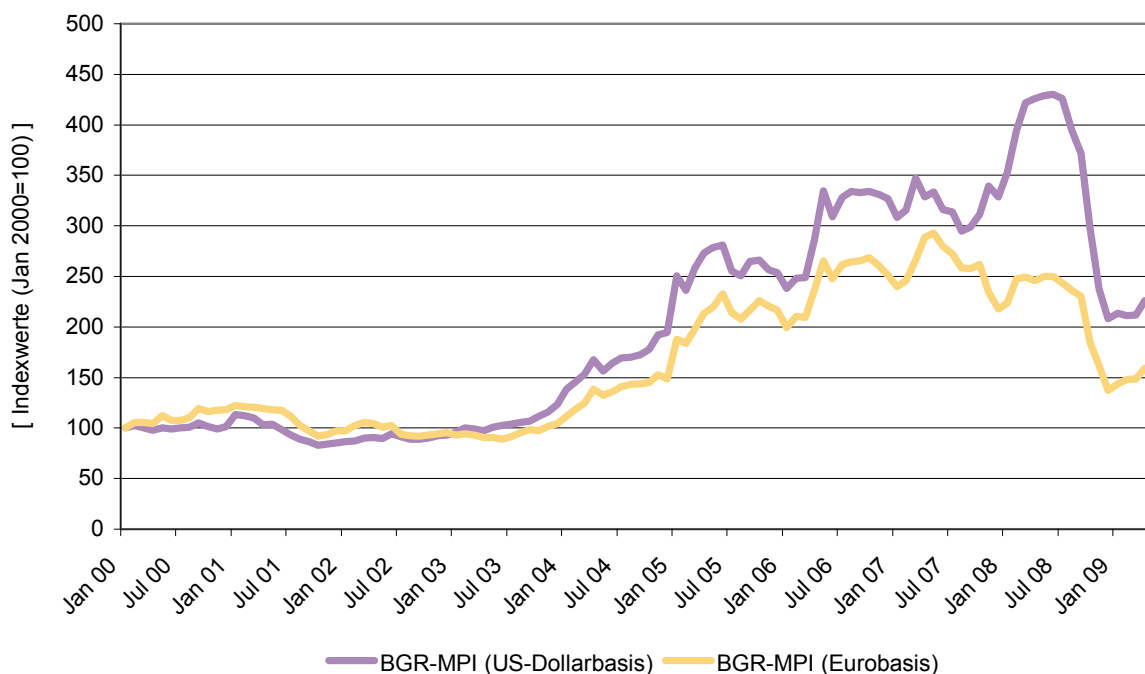
Der vorliegende Beitrag widmet sich daher der Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen. Um die Bedeutung dieses Themas für die Unternehmen aufzuzeigen, soll zunächst ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Rohstoffpreise, bestehender Rohstoffknappheiten und die Entwicklung der Materialkosten in Unternehmen gegeben werden. Davon ausgehend werden bestehende Potenziale zur Steigerung der Materialeffizienz dargestellt und anhand von Beispielen veranschaulicht. Im Anschluss daran wird der Frage nachgegangen, weshalb die Potenziale bislang nur zögerlich erschlossen werden und welche Instrumente zur Überwindung der bestehenden Hemmnisse bereits eingesetzt werden. Abschließend werden ver-

¹ Vgl. Bardt (2008), S. 6.

schiedene Förderinitiativen auf Bundes- und Landesebene vorgestellt, welche in diesem Feld tätig sind.

2. Bedeutung der Material- und Rohstoffeffizienz

Mit der allgemeinen Erholung der Wirtschaft begannen die Rohstoffpreise Ende 2003 stark zu steigen. Dabei wiesen bekannte Rohstoffindizes auf dem Höhepunkt der Hausse 2008 teilweise eine Vervielfachung der Preise gegenüber 2003 aus (siehe Grafik 1). Der Grund dafür lag im relativ starren Angebot, welches sich nicht schnell genug an die steigende Nachfrage aus aufstrebenden Schwellenländern anpassen konnte.



Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2009)

Grafik 1: Entwicklung der Rohstoffpreise

Die Entwicklung der Rohstoffpreise soll hier beispielhaft am Metallpreisindex (BGR-MPI) der Bundesanstalt für Geowissenschaften dargestellt werden. Die Gewichtung einzelner Metalle entspricht dabei der Importstruktur der deutschen Wirtschaft. Auf Eurobasis zeigt der BGR-MPI, dass die Aufwertung des Euro ab 2003 die Preisanstiege abmildern konnte und die deutsche Wirtschaft von den Preisspitzen im Jahr 2008 verschont blieb. Dennoch waren deutsche Unternehmen in den Jahren 2005 bis 2008 mit Rohstoffpreisen konfrontiert, die sich seit 2003 mehr als verdoppelt hatten. In der Spitze kam es 2007 sogar zu einer Verdreifachung gegenüber dem Jahr 2003 (siehe Grafik 1).

In der zweiten Jahreshälfte 2008 kam es aufgrund der derzeitigen Wirtschaftskrise zu drastischen Einbrüchen der Rohstoffpreise. Im Vergleich zur Hausse Anfang 2007 halbierten sich die beiden betrachteten Indizes in etwa bis zu Beginn dieses Jahres. Davon darf jedoch nicht abgeleitet werden, die Gefahr steigender Rohstoffpreise sei gebannt und das Thema Materialeffizienz nicht mehr aktuell. Zum einen zeigt der aktuelle Rand bereits wieder deutliche Preissteigerungen, welche sich auch im Mai und Juni 2009 fortsetzten.² Zum anderen sind Engpässe, welche aus der verzögerten Reaktion des Angebots auf unvorhergesehene Ausweitungen der Nachfrage resultieren, nicht die einzige Ursache für künftig zu befürchtende Preissteigerungen. Sehr viele der dringend benötigten und schwer bis gar nicht substituierbaren Rohstoffe verfügen über eine deutlich geringere statische Reichweite als beispielsweise fossile Brennstoffe. Während bei letzteren ein öffentliches Bewusstsein für deren Endlichkeit geschaffen wurde, ist dies bei anderen Rohstoffen häufig nicht der Fall. Verstärkte Recyclingbemühungen lindern das Problem der Knappheit zwar, eignen sich aber zumindest gegenwärtig nur für eine begrenzte Auswahl an Rohstoffen.³ Rohstoffe unterliegen also teils mehr teils weniger starken künftigen Nutzungsrivalitäten, was mittelfristig zu weiteren Preissteigerungen führen wird. Ein weiteres Problem ist die häufige Konzentration der Rohstoffreserven auf wenige Länder bzw. der Förderung auf wenige Konzerne. Aufgrund dieser tendenziell oligopolistischen Angebotsstruktur ist zusätzlich mit Preisschwankungen und erhöhten Preisen zu rechnen.

Das Institut der deutschen Wirtschaft Köln hat deshalb eine Ratingmethode entwickelt, mit der das Versorgungsrisiko diverser Rohstoffe bewertet werden kann (siehe Tabelle 1). Als Kriterien für eine unsichere Versorgung werden dabei die geringe statische Reichweite des Rohstoffs, sowie schlechte Substituierbarkeit und starke Konzentration auf Länder und Unternehmen herangezogen. Das Versorgungsrisiko von Rohstoffen, die in mindestens drei der Bereiche kritische Werte aufweisen, wird als hoch klassifiziert. Unter diese Kategorie fallen beispielsweise Chrom, Molybdän und die Platingruppenmetalle Platin, Palladium und Rhodium. Sie alle sind nicht substituierbar und ihre Vorkommen sind auf wenige Länder konzentriert. Zusätzlich wird ihre Förderung zum großen Teil von wenigen Unternehmen kontrolliert. Weitere sehr kritische Rohstoffe sind Niob, Tantal und Zirkon. Deren Vorkommen sind teilweise auf wenige Länder konzentriert. Tantal und Zirkon verfügen darüber hinaus über eine relativ geringe statische Reichweite von ungefähr 30 Jahren.

² Vgl. Bundesbank (2009).

³ So weisen z. B. Gold, Silber, Zink, Blei, Titan, Zinn und Aluminium eine hohe Recyclingfähigkeit auf.

Tabelle 1: Das Rohstoffversorgungs-Risiko-Rating des Instituts der deutschen Wirtschaft Köln (Stand 2005)

	Rohstoff	Statische Reichweite der Produktion, in Jahren	Konzentration auf die drei größten Länder, in Prozent	Konzentration auf die drei größten Unternehmen, in Prozent	Fehlende Substituierbarkeit	Anwendungsbereiche
***	Chrom	187	Südafrika, Indien, Kasachstan 74,4	52,9	Nicht substituierbar	Edelstahl, Chemie, Farben
***	Molybdän	46	USA, Chile, China 78,7	48,5	Nicht substituierbar	Edelstahl, Farben, Schmierstoffe, Flugzeugbau, Katalysatoren, Elektronik
***	Niob	130	Brasilien, Kanada, Australien 98,7	79,7	Schlecht substituierbar	Edelstahl, Flugzeugturbinen
***	Platin, Palladium, Rhodium	154	Südafrika, Russland, Kanada 92,1	73,1	Nicht substituierbar	Autoindustrie, Chemie, Schmuck, Medizintechnik, Brennstoffzellen
***	Tantal	29	Australien, Mosambik, Brasilien 84,4	68,4		Kondensatoren, Medizintechnik, chemische Apparate
***	Zirkon	33	Australien, Südafrika, USA 86,8	61,8	Zum Teil nicht substituierbar	Keramikglasuren, Gießereien, Chemie, Bildröhren
**	Baryt	25	China, Indien, USA 72,3	k. A.		Schwerbeton, Füllstoff in Papier und Farbe, Chemie, Röntgenkontrastmittel
**	Flourit	44	China, Mexiko, Mongolei 75,5	k. A.	Schlecht substituierbar	Stahl- und Gusseisenerzeugung, Chemie, Emaille, Glasuren, Optik
**	Lithium	228	Chile, Australien, Argentinien 78,9	57,8		Aluminium-Verhüttung, Keramik, Glas, Batterien, Medizin, Chemie
*	Blei	20	China, Australien, USA 66,8	22,2		Akkumulatoren, Elektrotechnik
*	Titan	134	Australien, Südafrika, Kanada 67,7	56,2		Edelstahl, Flugzeugbau, Schiffbau, Anlagenbau, Medizintechnik, Farben
*	Wolfram	39	China, Russland, Österreich 95,1	<10		Edelstahl, Hartmetall, Leuchtmittel
*	Zinn	20	China, Indonesien, Peru 80,6	39,5		Weißblechherstellung, Elektronik, Chemie

Konzentration auf Länderebene: Niob = 2004; Konzentration auf Unternehmensebene: Kobalt/Niob = 2003, Tantal = 2004; Kriterien für die Auswahl kritischer Rohstoffe: Statische Reichweite unter 30 Jahren oder hohe Konzentration bei normaler/niedriger Laufzeit;

Klassifizierungskriterien: Statische Reichweite unter 30 Jahren, Unternehmenskonzentration größer 45 Prozent, Länderkonzentration größer 66 Prozent, schlechte oder fehlende Substitutionsmöglichkeiten;

*** = besonders kritisch (3 Kriterien erfüllt);

** = kritisch (2 Kriterien erfüllt);

* = weniger kritisch (1 Kriterium erfüllt);

Gold, Silber und Zink wurden aufgrund hoher Recyclingfähigkeit und bestehender Reserven nicht als kritisch klassifiziert; Blei, Titan und Zinn aus demselben Grund als „weniger kritisch“.

Quelle: Bardt (2008)

Als rohstoffarmes Land mit hohen Lohnkosten ist Deutschland auf seinen komparativen Vorteil als Technologieführer angewiesen. Das Fraunhofer Institut hat daher in einer neuen Studie die Impulse untersucht, welche bis 2030 von Zukunftstechnologien auf die Rohstoffnachfrage ausgehen. Analysiert wurden dabei 92 Einzeltechnologien aus den Bereichen Verkehr, Chemie, Maschinenbau, Informations- und Kommunikationstechnik, Energie-, Elektro- und Antriebstechnik sowie 15 potenziell kritische Metalle bzw. Metallgruppen. Entscheidend war bei der Risikobewertung nicht ausschließlich die statische Reichweite der Rohstoffe. So reichen die Kobalt-Vorkommen noch für 200 Jahre. Mit dem Kongo und Sambia als Hauptförderländer findet derzeit aber ca. 55 % der Weltproduktion in politisch instabilen Staaten statt, weshalb Kobalt als vulnerabler Rohstoff eingestuft wurde.⁴ Weiterhin wurde in der Studie zwischen marktbedingten und technologieinduzierten Nachfrageimpulsen unterschieden. So scheint die Nachfrage nach Massenrohstoffen wie Eisen, Kupfer, Stahl und Chrom hauptsächlich vom Weltwirtschaftswachstum angetrieben zu werden. Für exotischere Rohstoffe wurde als weiterer (und teilweise hauptsächlicher) Nachfragetreiber der Bedarf durch Zukunftstechnologien ausgemacht. Durch die Analyse wurden 32 Technologien als rohstoffsensibel eingestuft. Durch sie ist mit einer deutlich steigenden technologisch induzierten Rohstoffnachfrage zu rechnen, der eine instabile Versorgung gegenübersteht. Die Nachfrageimpulse des technologischen Wandels sind dabei teilweise beträchtlich. Derzeit entfallen beispielsweise 28 % der nachgefragten Produktion von Gallium auf Zukunftstechnologien. Für 2030 wird der Bedarf an Gallium allein durch Zukunftstechnologien wie z. B. die Dünnschicht-Photovoltaik auf 609 % der heutigen Weltproduktion geschätzt⁵.

Die Autoren der Studie sehen in der beschriebenen Kombination aus stark ansteigender Nachfrage und unsicherem Angebot ein großes Risikopotenzial für die Rohstoffversorgung Deutschlands und dessen technologieintensive Wirtschaft. Sie fordern deshalb, sich stärker mit den Möglichkeiten der Materialeffizienz und -substitution zu befassen.

Kasten 1: Seltene Erden ein Beispiel für Versorgungsrisiken bei Zukunftstechnologien

Seltene Erden ist ein Oberbegriff für eine Gruppe einzelner Metalle, die bspw. Neodym und Cer einschließt und zu der in der kommerziellen Praxis auch die Elemente Scandium, Yttrium und Lanthan gezählt werden. Dabei täuscht ihr Name, da selbst Europium, das zweitseltenste Element der Gruppe, fast so häufig vorkommt wie Silber.⁶ Seltene Erden werden für eine große Zahl an Zukunftstechnologien benötigt, wie zum Beispiel innovative Elektromotoren (bspw. für Hybridfahrzeuge), Lasertechnik, Permanentmagneten, Aluminiumlegierungen oder LCD-Displays. Das Fraunhofer ISI rechnet daher mit einer künftig stark ansteigenden technologiebedingten Nachfrage. So soll 2030 der durch Zukunftstechnologien induzierte Bedarf an Neodym das 3,8-fache der heute weltweiten Gesamtproduktion betragen. Neodym wird beispielsweise in Hochleistungs-Permanentmagneten verwendet und in

⁴ Vgl. Fraunhofer ISI und IZT (2009), S. 258f.

⁵ Vgl. a. a. O., S. 350.

⁶ Vgl. a. a. O., S. 303ff.

miniaturisierten Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik (z. B. in Handys oder dem iPod). Ein anderes Element der Seltenen Erden, Scandium, besitzt große Bedeutung für den Leichtbau. Es wird deshalb erwartet, dass 2030 von Zukunftstechnologien wie den Scandium-Aluminium-Legierungen eine Nachfrage ausgeht, die dem 2,3-fachen der gegenwärtigen Weltproduktion entspricht.⁷ Neben dem zu erwartenden starken Anstieg der Nachfrage ist die Versorgungssituation bei Seltenen Erden aber noch aus einem weiteren Grund problematisch. So ist die gegenwärtige Angebotsstruktur als quasi-monopolistisch zu beschreiben: Die weltweite Produktion von Seltenen Erden Oxiden⁸ (Abk.: REO) wird von China mit einem Anteil von 97 % klar dominiert.⁹ China ist sich der künftigen Bedeutung und seiner Marktrolle durchaus bewusst und erhöhte in den vergangenen Jahren daher schrittweise die Exportzölle auf REO und senkte deren Exportquoten. Weiterhin verschafften sich chinesische Staatsunternehmen 2009 bedeutende Anteile an australischen REO-Vorkommen. So besitzt China mittlerweile mit einem über 50-prozentigen Anteil an der Lagerstätte Mount Weld und einem 25-prozentigen Anteil an Nolan's Bore direkten Zugriff auf zwei der aussichtsreichsten REO-Vorkommen außerhalb Chinas. Bei der ausreichenden Versorgung mit Seltenen Erden bestehen deshalb beträchtliche Risiken. Für die technologieintensive deutsche Wirtschaft ist dies von besonderer Bedeutung und weist auf die künftig große Rolle der Materialeffizienz in diesen Bereichen hin.

3. Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen

Anteil und Entwicklung der Materialkosten

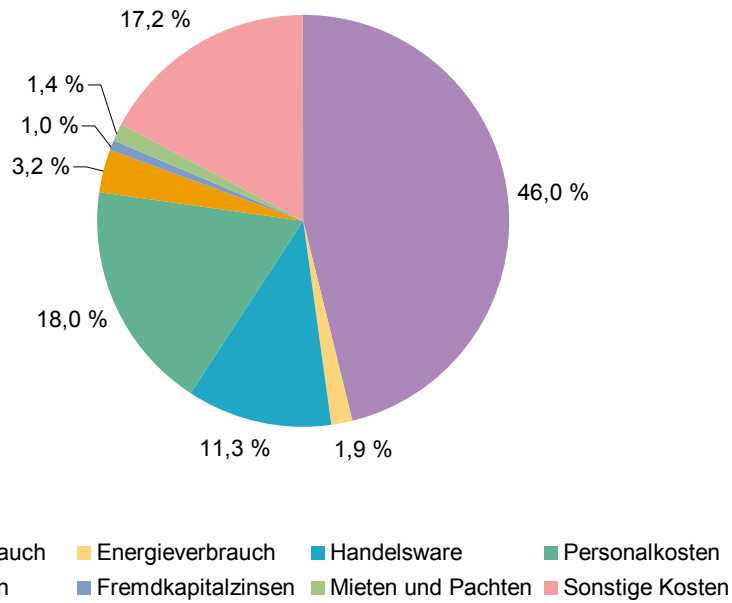
Während in den vergangenen Jahren vor allem versucht wurde, beim Personal einen möglichst hohen Grad an Effizienz zu erreichen, wurde das Thema der Materialeffizienz weniger stark beachtet. Dabei zeigt eine Betrachtung der Kostenstruktur im deutschen Verarbeitenden Gewerbe die hohe Relevanz einer Steigerung der Material- und Rohstoffeffizienz. Die gesamten Kosten des Verarbeitenden Gewerbes betragen 2007 1.723 Mrd. EUR. Davon entfielen mit einem Umfang von 792 Mrd. EUR 46 % auf den Materialverbrauch, während lediglich 18 % oder 310 Mrd. EUR den Personalkosten zuzurechnen waren (siehe Grafik 2)¹⁰.

⁷ Vgl. a. a. O., S. 313f.

⁸ Seltene Erden werden in Metall- oder Oxid-Form produziert und verwendet. Seltene Erden Oxide (Rare Earth Oxides – REO) nehmen mit einem Anteil an der Produktion von ca. 75 % die bedeutendere Rolle ein. Vgl. a. a. O., S. 307f.

⁹ Vgl. a.a.O., S. 309.

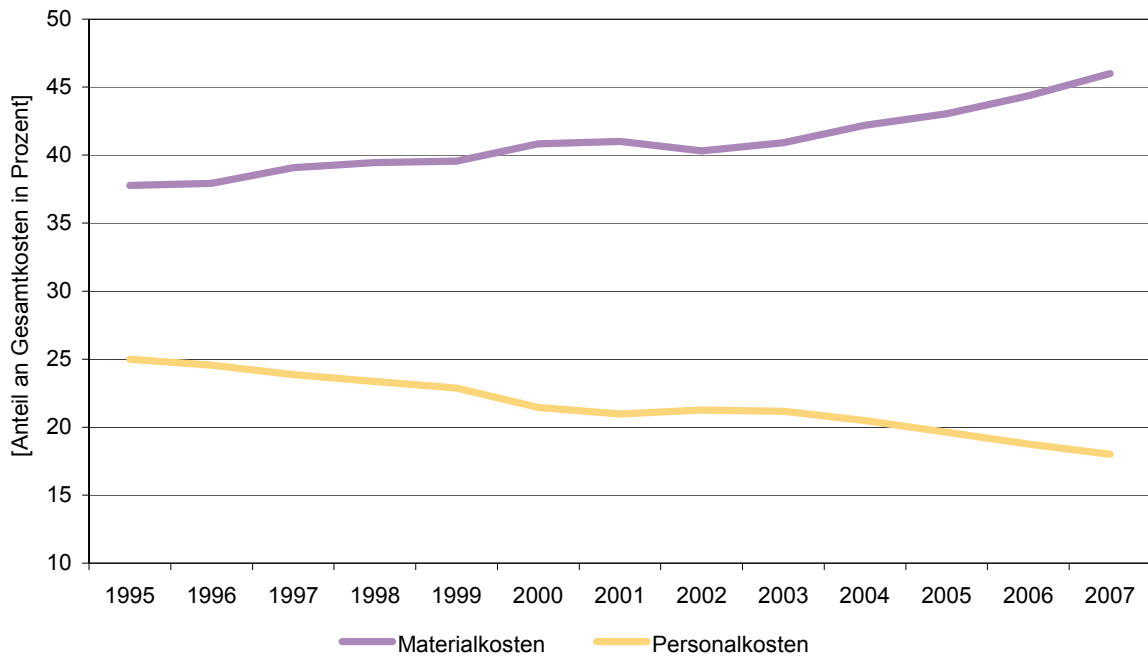
¹⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009a).



Quelle: Statistisches Bundesamt (2009a), eigene Berechnungen

Grafik 2: Kostenanteile im Verarbeitenden Gewerbe 2007

Betrachtet man diese Kostenanteile im historischen Verlauf, so zeigt sich die Prioritätensetzung bei Rationalisierungsmaßnahmen besonders deutlich (siehe Grafik 3).



Quelle: Statistisches Bundesamt (2009b), eigene Berechnungen

Grafik 3: Entwicklung der Material- und Personalkostenanteile an den Gesamtkosten im Verarbeitenden Gewerbe

1995 nahmen Materialkosten bereits 37,7 % der gesamten Kosten ein. Dennoch stieg ihr Anteil bis 2007 um über acht Prozentpunkte auf 46 %. Der Anteil der Personalkosten dagegen ging im gleichen Zeitraum von 25 % auf 18 % zurück. Auch in absoluten Zahlen stiegen die Materialkosten deutlich an. Sie erhöhten sich nominal von 402 Mrd. EUR im Jahr 1995 auf über 792 Mrd. EUR im Jahr 2007.¹¹ Materialkosten stellen also den mit Abstand größten Kostenblock im Verarbeitenden Gewerbe dar und sind für dessen Unternehmen daher von größter Bedeutung.

Entwicklung der Rohstoffproduktivität in Unternehmen

Wird die Entwicklung der Produktivität im Verarbeitenden Gewerbe betrachtet, zeigt sich zunächst, dass sowohl Rohstoff-¹² als auch Personalproduktivität¹³ über die Jahre stark gestiegen sind (siehe Grafik 4). Allerdings fällt auf, dass der Anstieg der Rohstoffproduktivität zwischen 1995 und 2006 mit 36,4 %¹⁴ deutlich hinter der Entwicklung der Personalproduktivität zurückblieb, welche um 55,8 % zulegen konnte¹⁵. Auch wenn eine Diskrepanz zwischen der Entwicklung der beiden Produktivitäten zu Tage tritt, legt der vermeintlich hohe Anstieg der Rohstoffproduktivität insgesamt eine positive Bewertung nahe. Doch zeigt eine genauere Analyse der Beiträge einzelner Gewerbetypen, dass der Produktivitätsanstieg vor allem auf das Glasgewerbe, die Herstellung von Keramik und die Verarbeitung von Steinen und Erden zurückzuführen ist. Dieser Gewerbebereich ist für einen großen Teil des Rohstoffverbrauchs im Verarbeitenden Gewerbe verantwortlich. Bedingt durch einen deutlichen Rückgang der Baukonjunktur zwischen 1994 und 2005 ging in diesen Gewerben der Materialverbrauch stark zurück.¹⁶ Eine Bereinigung um die Einflüsse dieser Branchen führt deshalb zu einem gänzlich anderen Bild. So beträgt der preisbereinigte Produktivitätsanstieg im Verarbeitenden Gewerbe zwischen 1995 und 2006 anschließend nur noch 4,2 %.¹⁷ Dadurch vergrößert sich nicht nur die Diskrepanz zur Entwicklung der Personalproduktivität beträchtlich, auch das absolute Ausmaß der Steigerung der Rohstoffproduktivität erscheint in neuem Licht. So zeigt sich, dass die um Sondereinflüsse und Preiseffekte bereinigte Materialproduktivität im Verarbeitenden Gewerbe in den Jahren 1995 bis 2006 kaum gestiegen ist.

¹¹ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009b).

¹² Definiert als Bruttowertschöpfung (in EUR) pro verwendete Menge an abiotischem Primärmaterial (in Tonnen).

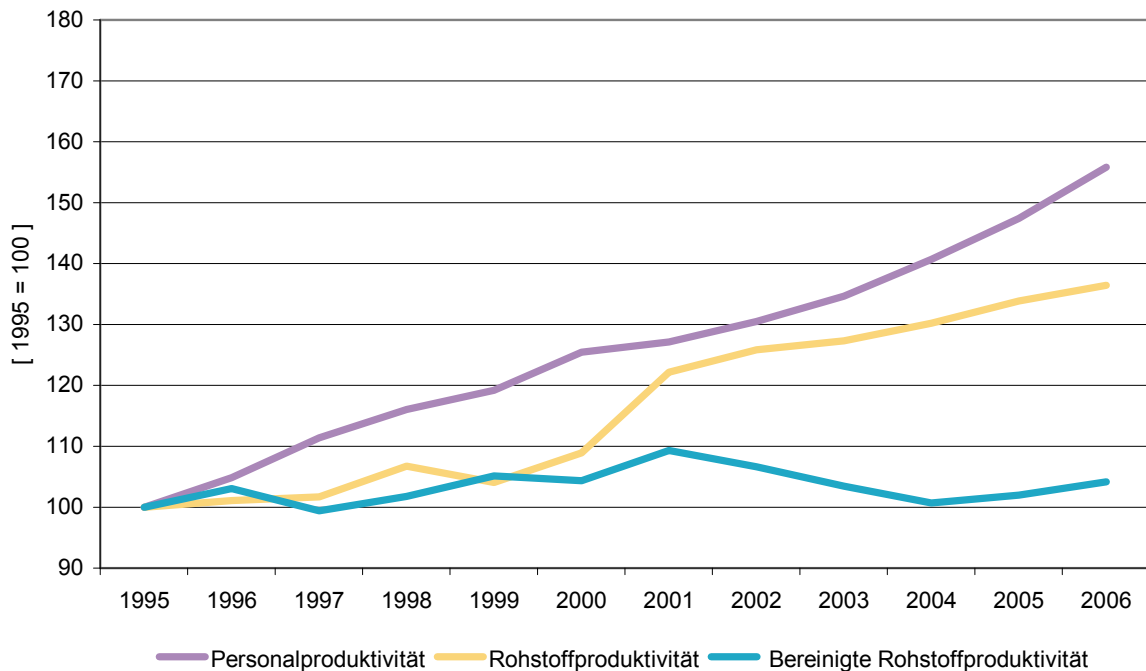
¹³ Definiert als Bruttowertschöpfung (in EUR) pro Arbeitsstunde.

¹⁴ Sonderauswertung Statistisches Bundesamt.

¹⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt (2009c).

¹⁶ Siehe auch Artikel des Statistischen Bundesamtes, S. 71.

¹⁷ Sonderauswertung Statistisches Bundesamt.



Quelle: Statistisches Bundesamt (2009c) und Sonderauswertung Statistisches Bundesamt

Grafik 4: Entwicklung der Rohstoff- und Personalproduktivität im Verarbeitenden Gewerbe¹⁸

4. Ansatzpunkte zur Steigerung der Materialeffizienz in Unternehmen

Potenziale

Studien weisen darauf hin, dass die Potenziale zur Steigerung der Materialeffizienz in Unternehmen beträchtlich sind. Je nach Branche wird das Potenzial sehr unterschiedlich im Bereich weniger Prozentpunkte bis zu 20 % des Bruttoproduktionswertes geschätzt.¹⁹ Tabelle 2 gibt einen Überblick über ökonomische Einsparpotenziale in ausgewählten Branchen, die 2005 in einer gemeinsamen Studie der Arthur D. Little GmbH, des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt und Energie sowie des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung abgeschätzt wurden. Diese Abschätzung bezieht sich jedoch nur auf die vermiedenen Kosten infolge höherer Effizienz. Der begleitende Zusatznutzen beispielsweise durch bessere Produktqualität oder eine Reduzierung der Transportkosten kann darüber hinaus erheblich sein und die gleiche Höhe wie die gemiedenen Materialkosten annehmen.²⁰

¹⁸ Die bereinigte Rohstoffproduktivität bezieht sich auf das Verarbeitende Gewerbe abzüglich der Einflüsse des Wirtschaftszweiges „Herstellung von Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“.

¹⁹ Vgl. Arthur D. Little GmbH (2005), S. 57.

²⁰ Vgl. Arthur D. Little GmbH (2005), S. 54f.

Tabelle 2: Branchenspezifische Einsparpotenziale

Branche	Materialeinsatz in Mrd. EUR im Jahr 2002	Jährliches Materialeinsparpotenzial innerhalb von 7–10 Jahren in Mrd. EUR*)	
		absolut	in Prozent
Herstellung von Metallerzeugnissen	23,3	1,5	6,4
Herstellung von Kunststoffwaren	16,8	2,0	11,9
Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung	35,0	3,0	8,6
Chemische Industrie (ohne Grundstoffindustrie)	16,9	3,4	20,1
Verlags-, Druckgewerbe, Vervielfältigungen	10,5	0,45	4,3
Be- und Verarbeitung von Holz	7,2	0,5	6,9
Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik	10,3	0,7	6,8
Baugewerbe: Hochbau und Ausbaugewerbe	9,0	1,2	13,3
Herstellung von Waren aus Papier, Karton	7,1	0,3	4,2
Gesamt	136,1	13,1	9,6

*) autonomes und durch zusätzliche Maßnahmen (z. B. Förderprogramme) induziertes Potenzial

Quelle: Arthur D. Little (2005), S. 60; Statistisches Bundesamt (2009b); eigene Berechnungen

Um die Potenziale freizusetzen gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, welche sich in vier Gruppen unterteilen lassen. So kann die Materialeffizienz u. a. durch ein verändertes Produktdesign, durch eine Optimierung der Produktionsabläufe, durch die Verwendung neuer ressourcenschonender Werkstoffe und durch verbessertes Recycling gesteigert werden.

Produktdesign

Bereits in der Planungs- und Entwicklungsphase von Produkten kann darauf geachtet werden, dass bei der Herstellung weniger Material verwendet wird. Großes Potenzial besteht darin, Optimierungslösungen der Natur nachzuahmen, da diese durch den Millionen Jahre langen Prozess der Evolution besonders weit fortgeschritten sind. So entspricht der lokale Materialaufwand (z. B. bei der Ast- und Stammstärke von Bäumen) optimal den jeweiligen Mehr- oder Minderbelastungen. Die technologische Entsprechung findet sich im Leichtbau, der beispielsweise in der Automobilbranche genutzt wird. Dabei wird Material in unterbelasteten Bereichen eines Bauteils eingespart, wodurch in der Summe erhebliche Effizienzgewinne erzielt werden können, ohne dass die Qualität der Produkte nachlässt. Obwohl die Anwendung dieses Verfahrens bisher hauptsächlich auf die Automobilindustrie und den Hochbau beschränkt war, bestehen Potenziale auch in anderen Branchen wie im Maschinenbau und der Elektroindustrie, in der Kunststoff- und Holzverarbeitung, in der Medizin-

technik sowie im Stahlbau.²¹ Darüber hinaus kann beim Produktdesign darauf geachtet werden, dass Produkte über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg möglichst ressourceneffizient gestaltet sind. Dazu sollten die Produkte neben einer ressourceneffizienten Produktion reparaturfreundlich und am Ende ihres Lebenszyklus effizient recycelbar sein.

Optimierung der Produktionsabläufe

Auch durch die Optimierung der Produktionsabläufe lassen sich Material und Rohstoffe einsparen. Mit dem so genannten Zero Loss Management wird die gesamte Wertschöpfungskette und vor allem die Produktion nach Einsparpotenzialen durchleuchtet. Dabei wird beispielsweise nach Verlusten durch Verpackungs- und Verbrauchsmaterialien Ausschau gehalten, nach Produktausschuss oder nach Verschnitt. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse führen dann zu Investitionen und Umstrukturierungen des Produktionsablaufs. Die Deutsche Mechatronics GmbH zum Beispiel bekam 2007 den Deutschen Materialeffizienzpreis für innovative Maßnahmen zur Verschnittreduktion. Statt nach dem in der Industrie üblichen Verfahren Teile nach einem festgelegten Schema aus Blechtafeln zu schneiden, verwendeten sie ein neuartiges Konzept. So werden mittlerweile die Konturen der Teile aus verschiedenen Aufträgen auf den Blechen angeordnet, wodurch die Rohbleche optimal genutzt werden können und der Verschnitt um bis zu 25 % reduziert werden konnte.²²

Verwendung neuer Werkstoffe

Ebenfalls ein großes Einsparpotenzial bei den Materialkosten bieten Werkstoffinnovationen. So können knappe Rohstoffe teilweise durch gleichwertige aber weniger knappe Materialien substituiert werden, was sowohl Kosten spart als auch die Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung erhöht. Darüber hinaus eröffnen sich durch innovative Anwendung biotechnologischer Verfahren in der chemischen Industrie und der Herstellung von Kunststoffen teilweise erhebliche Potenziale zur Einsparung von Material und Energie. Im Rahmen der so genannten „weißen“ Biotechnologie werden anstelle von Chemikalien Enzyme und Mikroorganismen verwendet, wenn es um die Herstellung von Chemierzeugnissen oder um Reinigungsprozesse geht. Die jeweiligen Produktionsprozesse laufen dadurch statt unter hohem Druck und hohen Temperaturen bei normalem Druck und Zimmertemperatur ab. Dadurch wird einerseits Energie gespart, andererseits werden weniger Materialien für Reinigungs- und Produktionsprozesse benötigt (z. B. geringerer Waschmitteleinsatz). Als BASF in den 90er-Jahren die Produktion des Vitamins B2 von einem chemischen Verfahren auf ein biotechnologisches umstellte, konnte der Stoffeinsatz um 60 % und die Abfälle um 95 %

²¹ Vgl. a. a. O., S. 48.

²² Vgl. Kaminski (2008).

gesenkt werden. Die Gesamtkosten des Produktionsprozesses sanken dadurch um bis zu 40 %.²³ Große Bedeutung haben Innovationen im Bereich der Werkstoffe auch für das Produktdesign. So eröffnet die Verwendung von höherfesten Stählen neue Möglichkeiten beim Leichtbau in der Automobilbranche.

Verstärktes Werkstoffrecycling

Eine weitere Möglichkeit zur Erschließung von Materialeffizienzpotenzialen stellt ein stärkeres Recycling von Werkstoffen dar. Dabei bieten sich Möglichkeiten über die Verwertung des Verschnitts hinaus. So wurden um das Jahr 2004 in Deutschland 1,1 Mio. Tonnen an Schmierstoffen verbraucht. Das dabei als Abfall anfallende Altöl lässt sich durch Fortschritte im Recycling immer effizienter wieder verwerten. Dennoch werden jährlich ca. 140.000 t Altöl zur Energiegewinnung verbrannt, da dieses als Brennstoff von der Mineralölsteuer befreit ist. Würde als Brennstoff eingesetztes Altöl den gewöhnlichen Heizölen gleichgesetzt und damit unter die Mineralölsteuer fallen, so ließe sich eine Verdopplung der zurückgewonnenen Menge an Basisölen erzielen von 100.000 t/a auf ca. 200.000 t/a.²⁴

5. Hemmnisse bei der Erschließung von Materialeffizienzpotenzialen

Trotz der großen Potenziale wurden Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz bisher noch nicht in ausreichendem Maß durchgeführt. Einer Umfrage des BDI aus dem Herbst 2008 zufolge haben 52,6 % der Unternehmen bereits Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz durchgeführt und 5,8 % beabsichtigen dies.²⁵ Knapp die Hälfte der Unternehmen hat also noch keine Maßnahmen in dieser Hinsicht unternommen und plant dies auch nicht. In der Literatur werden insbesondere folgende Hemmnisse für die Umsetzung von Materialeffizienzmaßnahmen in Unternehmen aufgeführt:²⁶

- fehlendes Bewusstsein und Informationsmangel über Materialeffizienzpotenziale in den Unternehmen,
- Personal- und Zeitmangel (vor allem in kleinen und mittleren Unternehmen),

²³ Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2008), S. 21.

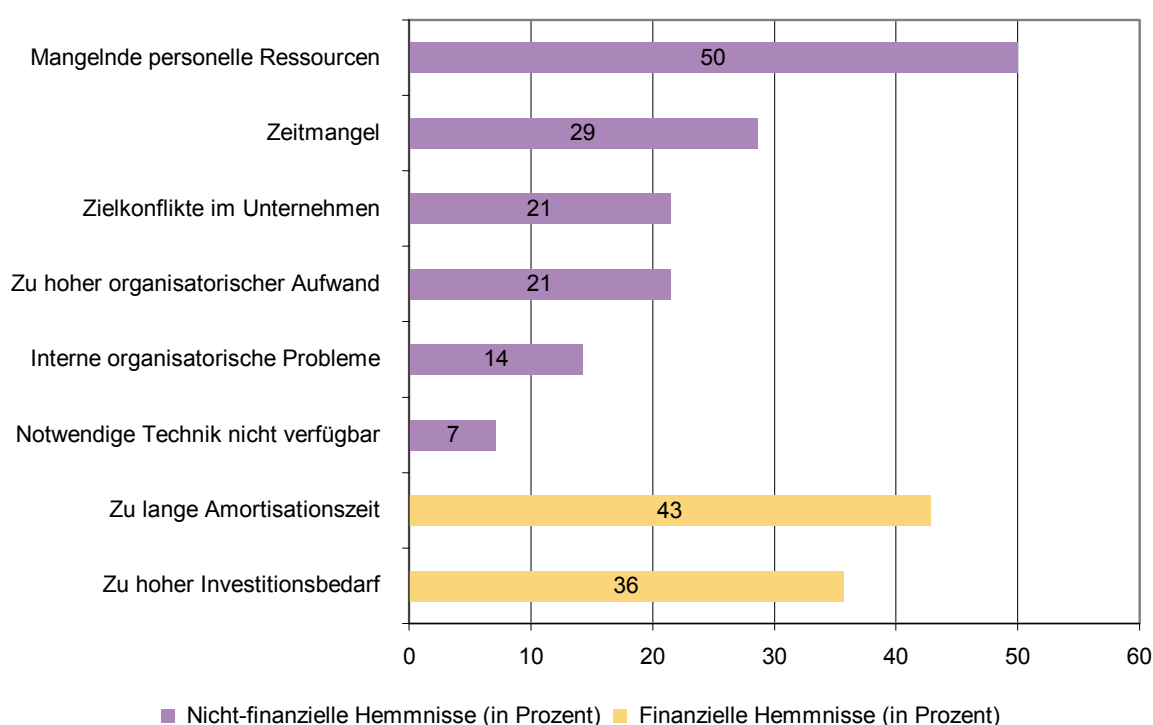
²⁴ Vgl. Arthur D. Little GmbH (2005), S. 45.

²⁵ Vgl. Institut für Mittelstandsforschung Bonn (2008).

²⁶ Vgl. von Stumpfheldt (2005), S. 41f, und Kristof und Liedtke (2005), S. 53, und Bahn-Walkowiak et al. (2007), S. 31.

- hoher organisatorischer Aufwand (hohe Transaktionskosten),
- Finanzierungsprobleme durch hohen Investitionsaufwand,
- Unvereinbarkeit mit Gewinnerwartungen des Investors (Vorgabe sehr kurzer Amortisationszeiten).

Eine Umfrage unter 14 am baden-württembergischen Beratungsprogramm zur Materialeffizienz teilnehmenden Unternehmen bestätigt diese Hemmnisse und nennt Personal- und Zeitmangel sowie finanzielle Restriktionen als die häufigsten Hindernisgründe für die Steigerung der Materialeffizienz in Unternehmen (siehe Grafik 5):



Quelle: Schmidt (2004), eigene Darstellung

Grafik 5: Häufigkeiten der Hemmnisse für die Umsetzung von Materialeffizienzmaßnahmen

Insgesamt kann von einer Hemmnisstruktur gesprochen werden, die derjenigen in anderen Innovationsbereichen wie der Energieeffizienz stark ähnelt. Aufgrund dieser Hindernisse werden vorhandene, an sich rentable Möglichkeiten zur Steigerung der Materialeffizienz vielfach nicht genutzt. Eine bedarfsgerechte Gestaltung des förderpolitischen Rahmens ist in dieser Situation entscheidend, um die Marktdurchdringung von Materialeffizienzmaßnahmen zu beschleunigen. Die Vielzahl der Effizienztechniken sowie die unterschiedlichen Umsetzungshemmnisse machen den Einsatz eines zielgruppen- und technologiespezifischen Instrumentenbündels erforderlich.

6. Instrumente zur Förderung der Materialeffizienz

Die wesentlichen förderpolitischen Ansatzpunkte sind dabei die Überwindung von Informationsdefiziten und die Bereitstellung von Finanzierungshilfen.

So muss bei Unternehmen generell Bewusstsein über die Materialeinsparpotenziale geschaffen und gefördert werden. Ein wesentliches Instrument zur Förderung der Materialeffizienz ist daher die Öffentlichkeitsarbeit. Doch selbst wenn sich Unternehmen darüber im Klaren sind, dass Materialeffizienzsteigerungen großes Potenzial in sich bergen, treffen sie vielfach auf weitere Hemmnisse. So verfügen speziell kleine und mittlere Unternehmen nur selten über Personal, welches Ansatzpunkte zur Effizienzsteigerung gezielt ausmachen und Wege zu deren Umsetzung aufzeigen kann. Eine Möglichkeit dieses Hemmnis zu überwinden, wäre die Inanspruchnahme von externer Beratung. Doch ist die Inanspruchnahme von externen Beratern häufig mit Ressentiments belegt, oder die Kosten einer Beratung werden bei ungewissem Nutzen als zu hoch erachtet. Ein wichtiges Instrument zur Förderung der Materialeffizienz ist daher, externe Beratung attraktiver zu gestalten. Dazu kann das Kostenrisiko gesenkt werden, indem Beratungen finanziell gefördert werden. Weiterhin können Beraternetzwerke und -standards geschaffen werden, um das Beratungsangebot transparenter und Beratungsleistungen einheitlicher zu gestalten.

Ein weiteres Instrument ist die finanzielle Förderung von betrieblichen Materialeffizienzinvestitionen (z. B. in Form von Zuschüssen oder zinsverbilligten Darlehen). Die Anfangsinvestition einer Effizienzmaßnahme ist oftmals relativ hoch und amortisiert sich über die eingesparten Materialkosten häufig erst mittel- bis langfristig. Durch Finanzierungshilfen können die Finanzierungskosten von Materialeinsparmaßnahmen spürbar gesenkt und so erhebliche Anreize zur Durchführung entsprechender Investitionen gesetzt werden.

Bestehende Förderinitiativen

Vor dem Hintergrund der großen wirtschaftlichen Bedeutung des Themas Materialeffizienz haben sich bereits zahlreiche Initiativen zur Förderung der Materialeffizienz in Unternehmen sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene gebildet. Tabelle 3 listet einige dieser Initiativen und Förderprogramme auf:

Tabelle 3: Programmlandkarte Deutschland

Bezeichnung	Reichweite	Träger	Instrumente
Deutsche Materialeffizienz-agentur (demea)	Bundesweit	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	Breitenwirksame Information, Förderung und Vermittlung von Beratung für KMU, Unterstützung bei der Gründung von regionalen, branchenspezifischen oder produktionskettenbezogenen Netzwerken primär aus KMU (bis Ende 2010 werden auch Unternehmen bis 1.000 Mitarbeiter gefördert)
ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm	Bundesweit	KfW Bankengruppe (KfW); Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	u. a. zinsverbilligte Darlehen für Investitionen in Materialeffizienz durch Unternehmen
Netzwerk Ressourceneffizienz des BMU	Bundesweit	Bundesumweltministerium; Umweltbundesamt	Netzwerkangebot (Knowhow- und Technologietransfer) für Akteure aus Politik, Unternehmen, Verbänden, Gewerkschaften und Wissenschaft
Gründung eines Kompetenzzentrums für Effizienztechnologien	Bundesweit	Bundesumweltministerium; VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.	Beratung insbesondere von KMU beim Einsatz von innovativen Technologien für den Klima- und Ressourcenschutz
PIUS-Netzwerk	Bundesweit	Effizienz-Agentur NRW; Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz; Aktionslinie Hessen-Umweltech, Hessen Agentur GmbH	Netzwerkangebot (Knowhow- und Technologietransfer) für KMU und Multiplikatoren
Effizienz-Agentur NRW	Nordrhein-Westfalen	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW	Information, Vermittlung von Finanzierung, Vermittlung und Förderung von Beratung für Unternehmen
Förderwettbewerb Ressource.NRW	Nordrhein-Westfalen	Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes NRW	Förderwettbewerb für Unternehmen zum Thema Materialeffizienz (Investitionszuschüsse für die prämierten Unternehmen)
ECO+	Baden-Württemberg	Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg	Vermittlung von Beratung und Übernahme von Kosten (beschränkt auf KMU)
ECOfit	Baden-Württemberg	Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg	Organisation von Materialeffizienzworkshops und -beratungen sowie Beteiligung an deren Kosten (beschränkt auf KMU)
Modell Hohenlohe – Netzwerk betrieblicher Umweltschutz und nachhaltiges Wirtschaften e. V.	Baden-Württemberg	-	Netzwerkangebot (Knowhow- und Technologietransfer), beschränkt auf KMU
Unternehmen für Ressourcenschutz	Hamburg	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hamburg)	Finanzielle Förderung von Investitionen in Ressourcenschutz durch Hamburger Unternehmen (Zuschussförderung)
Integrierte Produktpolitik (IPP)	Bayern	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit	Pilotprojekte mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz
KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt e. V.	Bayern	Bayerische Staatsregierung im Rahmen der Hightech-Offensive	Netzwerkangebot (Knowhow- und Technologietransfer) für Unternehmen

Quelle: eigene Recherche

Zu den häufigsten Angeboten zählt dabei die Bereitstellung von Netzwerken innerhalb derer Unternehmen Knowhow rund um das Thema Materialeffizienz austauschen können. Institutionen wie die Deutsche Materialeffizienzagentur (demea), die Effizienz-Agentur NRW und ECO+ bieten zudem Unterstützung bei der Suche nach externen Beratern an. So verfügt bspw. die demea über einen Pool von Beratern, welche eine spezielle Akkreditierung für den Bereich der Materialeffizienz besitzen. Potenzialanalysen sowie Vertiefungsberatungen werden darüber hinaus auch finanziell unterstützt. Investitionen in die betriebliche Materialeffizienz selbst können durch zinsverbilligte Darlehen der KfW Bankengruppe im Rahmen des ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramms bundesweit gefördert werden.

Ergänzend sei noch erwähnt, dass Forschung und Entwicklung (F&E) im Bereich der Ressourceneffizienz durch Forschungsprogramme der Bundesregierung unterstützt wird. Beispielsweise hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) geschaffen. Dieses fördert durch finanzielle Zuschüsse F&E-Tätigkeiten, welche von einzelnen KMU oder von Kooperationsgemeinschaften zwischen KMU und Forschungseinrichtungen durchgeführt werden, u. a. auch im Bereich der Ressourceneffizienz. Ähnliche Kriterien für eine Förderung weist auch das Programm „KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung auf, welches durch finanzielle Unterstützung auch wissenschaftlich-technisch riskante F&E-Vorhaben im Bereich der Materialeffizienz ermöglichen will.

7. Fazit

Die Ausführungen haben gezeigt, dass Steigerungen in der Material- und Rohstoffeffizienz große Kosteneinsparpotenziale für deutsche Unternehmen bergen. Im Verarbeitenden Gewerbe haben die Materialkosten seit 1995 stark zugenommen, sowohl in absoluten Zahlen als auch in Relation zu anderen Kostenfaktoren. So betragen die Kosten durch den Materialverbrauch 2007 46 % der Gesamtkosten. Dennoch wurde die Entwicklung von einer nur schwach zunehmenden Rohstoffproduktivität begleitet. Dabei gibt es wie skizziert viele Möglichkeiten die Materialeffizienz zu erhöhen. Über ressourcensparsames Produktdesign zum Beispiel durch Einbindung von Leichtbauprinzipien lässt sich der Materialverbrauch bereits in der Entwicklungsphase deutlich senken. Zusätzliche Potenziale lassen sich durch die Verwendung neuer Werkstoffe bspw. als Substitut für knappe Rohstoffe erschließen. Ein weiterer Weg zur Effizienzsteigerung führt über die Optimierung bestehender Produktionsprozesse. Obwohl in vielen Unternehmen meist die Auffassung besteht, diese seien bereits optimiert, lassen sich gerade hier beträchtliche Produktivitätsgewinne erzielen. Angesichts zunehmender Knappheit und wachsender Risiken auf den Rohstoffmärkten besitzen diese Themen eine hohe Zukunftsrelevanz.

Trotz dieser Faktenlage werden die Potenziale zur Erschließung der Materialeinsparpotenziale bislang noch nicht ausreichend erschlossen. Der Grund hierfür ist eine Reihe von Hemmnissen. So fehlt in Unternehmen vielfach das Bewusstsein für Potenziale im Bereich Materialeffizienz. Selbst wenn dieses vorhanden ist, mangelt es zudem häufig an Personal und Zeit für die Planung und Umsetzung oder an Finanzierungsmöglichkeiten für die notwendigen Investitionen. Um diese Hindernisse zu überwinden und damit die Nachhaltigkeit der deutschen Volkswirtschaft und die Wettbewerbsfähigkeit ihrer Unternehmen zu stärken, ist eine förderpolitische Begleitung des Wandels hin zu einer ressourceneffizienteren und damit nachhaltigeren Wirtschaftsstruktur Deutschlands von essentieller Bedeutung. So wurden auf Bundes- und Länderebene mehrere Programme und Institutionen geschaffen, welche Investitionen in Materialeffizienz beratend oder finanziell unterstützen und über Netzwerkbildung den Know-how-Transfer fördern. Wichtig ist, die Finanzierung bestehender Initiativen auch für die Zukunft zu sichern und deren Ausbau voranzutreiben. Auch den finanziellen Hemmnissen sollte verstärkt begegnet werden, welche Unternehmen davon abhalten, Investitionen in eine nachhaltige und wirtschaftlich sichere Zukunft zu tätigen.

Autoren: Thomas Wied, Anke Brüggemann, KfW Bankengruppe
(E-Mail: anke.brueggemann@kfw.de)

Literatur

- Arthur D. Little GmbH, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung und Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2005), Studie zur Konzeption eines Programms für die Steigerung der Materialeffizienz in mittelständischen Unternehmen. Abschlussbericht, Wiesbaden.
- Bahn-Walkowiak, Bettina, Bleischwitz, Raimund, Kristof, Kora und Volker Türk (2007), Instrumentenbündel zur Erhöhung der Ressourcenproduktivität, www.ressourcenproduktivitaet.de (aufgerufen am 19.6.2009).
- Bardt, Hubertus (2008), Sichere Energie- und Rohstoffversorgung, Köln. (IW-Positionen – Beiträge zur Ordnungspolitik aus dem Institut der deutschen Wirtschaft Köln, 36).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2008), Weiße Biotechnologie, Bonn / Berlin.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2009), MPI Januar 2000 - April 2009, http://www.bgr.bund.de/cln_092/nn_330806/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/produkte_node.html?nnn=true#mpi (aufgerufen am 19.6.2009).
- Bundesbank (2009), Zeitreihe IUW501: HWWI-Rohstoffpreisindex "Euroland", http://www.bundesbank.de/statistik/statistik_zeitreihen.php?open=konjunktur&func=row&tr=IUW501 (aufgerufen am 9.7.2009).
- Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (2009), Rohstoffe für Zukunftstechnologien, Stuttgart.
- Institut für Mittelstandsforschung Bonn (2008), BDI-Mittelstandspanel, Bonn.
- Kaminiski, Gerhard (2008), Bleche optimal nutzen, in: factorY Magazin für Nachhaltiges Wirtschaften 4, 2008, 1, S. 25.
- Kristof, Kora und Christa Liedtke (2005), Materialeffizienzpolitik für den Mittelstand, in: Liedtke, Christa und Timo Busch (Hrsg.), Materialeffizienz, 2005, München, S. 47–61.
- Schmidt, Mario (2004), Evaluation des Beratungsprogramms des Landes zur Ressourceneffizienz und zum Energie- und Stoffstrommanagement (ESSM), http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/5846/2004_schmidt_ups.pdf (aufgerufen am 24.6.2009).

Statistisches Bundesamt (2009a), Produzierendes Gewerbe – Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Erden und Steinen, Fachserie 4 – Reihe 4.3, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2009b), Sachgebiet/Statistik Code 42251, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> (aufgerufen am 26.6.2009).

Statistisches Bundesamt (2009c), Produzierendes Gewerbe – Indizes der Produktion und der Arbeitsproduktivität im Produzierenden Gewerbe, Fachserie 4 – Reihe 2.1, Wiesbaden.

Von Stumpfheldt, Götz (2005), Das Impulsprogramm Materialeffizienz, in: Liedtke, Christa und Busch, Timo (Hrsg.), Materialeffizienz, 2005, München, S. 37–46.

Gesamtwirtschaftlicher Rohstoff- und Materialeinsatz in Deutschland

1. Rohstoffeinsatz und Nachhaltigkeitspolitik

Die Umwelt wird in vielfältiger Weise durch Produktions- und Konsumaktivitäten in Anspruch genommen. Dabei werden Materialien bzw. Rohstoffe aus der Natur entnommen, die Fläche wird als Standort für wirtschaftliche Aktivitäten genutzt und die Rest- und Schadstoffe werden wieder an die Natur abgegeben. Im Sinn einer nachhaltigen Entwicklung verlangen die wirtschaftlichen Aktivitäten einen möglichst schonenden Umgang mit der Natur, um auch künftigen Generationen ihre Handlungsspielräume zu erhalten. Mit Blick auf die Rohstoffnutzung verlängern mehr Materialeffizienz und eine sparsamere Nutzung der Rohstoffe die Reichweiten der Rohstoffvorräte, vermindern zugleich die Umweltauswirkungen und entlasten Haushalte und Unternehmen durch Kostensenkungen oder zumindest eine Reduktion der Kostensteigerungen.

Die deutsche Bundesregierung hat in ihrer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie Aussagen zur Nutzung von Rohstoffen gemacht und Ziele zur Rohstoffproduktivität festgelegt. Im Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie schreibt sie: „Die Steigerung der Materialeffizienz ist ein zentrales Element einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft“¹. Als Ziel wird eine Verdoppelung der Produktivität des Rohstoffeinsatzes – wie auch des Energieeinsatzes – bis zum Jahr 2020 angestrebt.² Auch auf internationaler Ebene sind vergleichbare Bemühungen zu beobachten. So hat etwa der G8-Gipfel im Juni 2004 eine Initiative angestoßen, die im Hinblick auf den Materialverbrauch ein „Reduzieren, Wiederverwenden, Recyceln“ zum Ziel hat – beschlossen unter dem Schlagwort 3R-Initiative („Reduce, Reuse, Recycle“). Die EU hat sich in ihrer 2005 verabschiedeten „Thematischen Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen“ und der „Europäischen Rohstoffinitiative“³ von 2008 u. a. ebenfalls eine effizientere Nutzung von Rohstoffen zum Ziel gesetzt. In der wissenschaftlichen Diskussion ist die effizientere Rohstoffnutzung unter dem Schlagwort „Faktor Vier“ bekannt geworden. Dies besagt, dass bei verdoppeltem Wohlstand der Rohstoffeinsatz halbiert werden sollte.⁴

¹ Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2008), S. 105.

² Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2008), S. 14 sowie Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2002), S. 93.

³ Europäische Kommission (2005) und (2008).

⁴ von Weizsäcker (1995).

Die generelle Zielsetzung einer nachhaltigen Entwicklung erfordert einen ganzheitlichen Politikansatz. Nachhaltigkeitspolitik darf nicht bei der unverbundenen Betrachtung einzelner Aspekte und des jeweiligen Zielerreichungsgrades stehen bleiben. Der Kernpunkt ist die Integration, damit die Zielsetzungen in den Politikbereichen Wirtschaft, Umwelt und Soziales möglichst gleichzeitig erreicht werden können. Nachhaltigkeitspolitik ist insoweit kein eigenständiger Politikansatz. Ihr Gegenstand ist vielmehr die Koordinierung der verschiedenen Sektorpolitiken mit der Aufgabe, die Zielkonflikte, die sich zwischen den genannten Bereichen der Nachhaltigkeitspolitik (Ökonomie, Umwelt, Soziales) sowie innerhalb der drei Aufgabenbereiche ergeben, auszubalancieren und bestmögliche Lösungen zu finden. Bei der Entscheidung über Maßnahmen, die auf einen Teilbereich abzielen, müssen also zugleich die Wirkungen auf die anderen Teile und damit auf die Gesamtstrategie mit berücksichtigt werden. Die einem solchen Politikansatz zu Grunde liegende Analyse erfordert eine möglichst alle Bereiche integrierende Datenbasis.⁵

Eine solche Datenbasis ist mit den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) und ihrer engen Anbindung an die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) für die Zusammenhänge zwischen Umwelt und Wirtschaft geschaffen worden. Durch ihren homogenen und konsistenten methodischen Rahmen ermöglicht sie die Analyse von Querbeziehungen zwischen verschiedenen Aspekten der Nachhaltigkeit. Zentrales Element der UGR sind die Material- und Energieflussrechnungen, die den Rahmen für eine vollständige Bilanzierung der Materialströme und damit auch für die Betrachtung der Effizienz des gesamtwirtschaftlichen Materialeinsatzes bilden. In den Abschnitten 2 bis 4 wird diese gesamtwirtschaftliche Darstellung erläutert, daraus abgeleitete Indikatoren vorgestellt und weiterführende Analysemöglichkeiten gezeigt. In Abschnitt 5 werden schließlich ausgewählte Ergebnisse präsentiert.

2. Vollständige Bilanzierung der Materialströme

2.1 Konzeptionelle Grundlagen

Wesentliche Umweltprobleme entstehen dadurch, dass große Mengen von Energieträgern, mineralischen Rohstoffen sowie sonstigen Materialien aus der Umwelt entnommen werden, dann in den Produktionsprozessen und durch den Konsum der privaten Haushalte verändert oder verbraucht werden und schließlich wieder als Emissionen (Abwasser, Luftverunreinigungen u. ä.) oder in anderer Form (z. B. Abraum) an die Umwelt abgegeben werden. In den traditionellen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) finden diese Materialströme

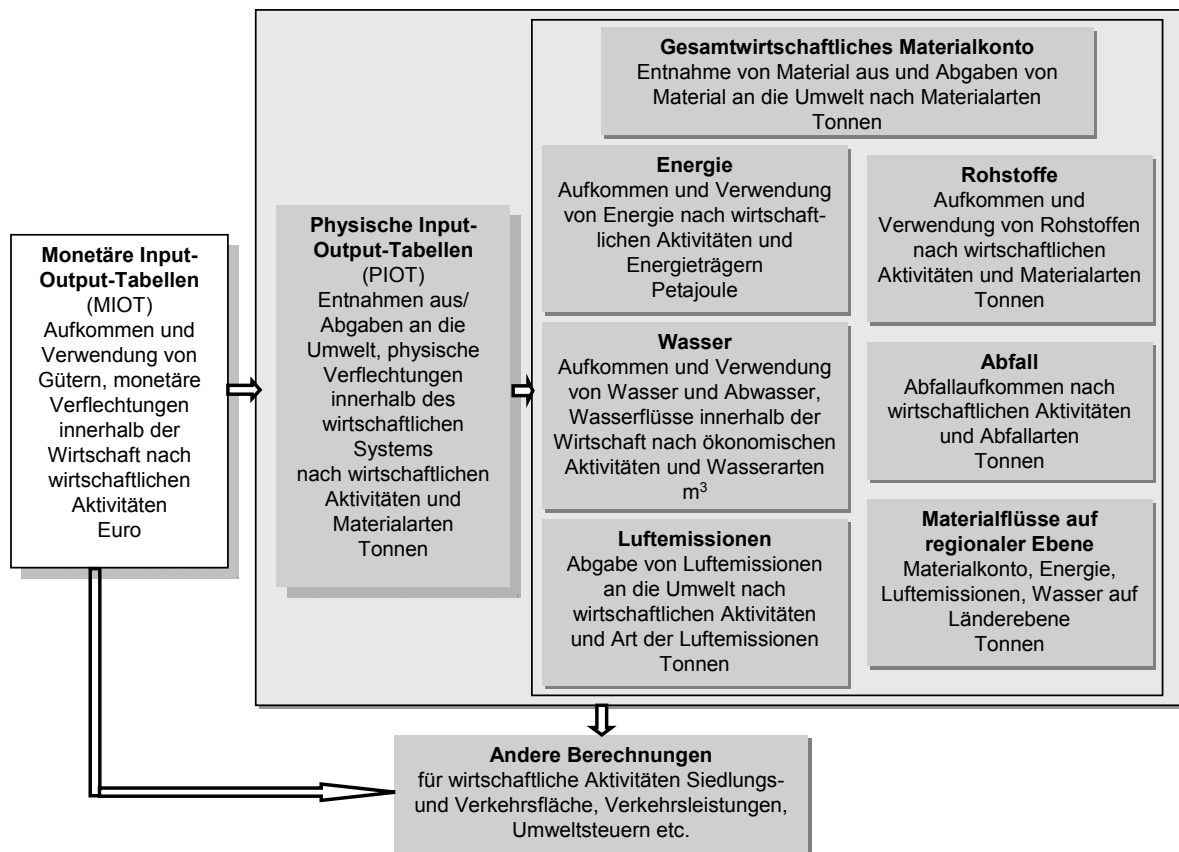
⁵ Steuerer, Anton (2003).

nur zum Teil ihren Niederschlag. Für die vollständige Darstellung müssen aber auch solche Ströme erfasst und als Teil der Wirtschaft dargestellt werden, die nicht in monetären Einheiten (in EUR), wohl aber in physischen Einheiten (z. B. in Tonnen) gemessen werden können (z. B. die Emission von Schadstoffen in die Luft). Die Zielsetzung der Materialflussrechnungen besteht - insbesondere im Hinblick auf das Konzept der „Nachhaltigen Entwicklung“ - in der statistischen Erfassung dieser durch wirtschaftliche Tätigkeiten verursachten Materialflüsse zwischen der Wirtschaft und der Umwelt sowie innerhalb der Ökonomie.

Einen methodischen Überblick über das Gesamtsystem der Material- und Energieflussrechnungen zeigt Grafik 1. Die monetären und physischen Input-Output-Tabellen bilden den konzeptionellen Rahmen für die Berechnungen. Die physischen Input-Output-Tabellen (PIOT) sind sozusagen das mengenmäßige Spiegelbild der monetären Input-Output-Tabelle (MIOT), stellen also Aufkommen und Verwendung von Gütern dar, erfassen aber zusätzlich die Inputs, die von der Umwelt zum wirtschaftlichen System fließen (Rohstoffe, Wasser, Sauerstoff etc.) und umgekehrt die Outputs, die die Wirtschaft an die Umwelt abgibt (Luftemissionen, Abfall, Abwasser und andere Abgaben). Die PIOT umfassen auch Materialverflechtungstabellen mit einer detaillierten Gliederung nach Produktionsbereichen und Konsumaktivitäten sowie nach Materialkategorien. Sie liefern damit eine sehr umfassende Beschreibung der Materialflüsse im Zusammenhang mit den ökonomischen Aktivitäten. Die PIOT bilanzieren also alle internen und grenzüberschreitenden Transaktionen, während das Materialkonto nur Vorgänge einbezieht, die die Systemgrenze zwischen Umwelt und Wirtschaft überschreiten. Beide Rechenwerke unterscheiden sich in einigen methodischen Punkten – insbesondere hinsichtlich der Systemgrenzen, der Behandlung der pflanzlichen Produktion, und der Erfassung der Abfälle⁶ – sind aber grundsätzlich ineinander überführbar. Da die wichtigsten Fragestellungen zu den Zusammenhängen zwischen Umwelt und Wirtschaft die „grenzüberschreitenden“ Ströme betreffen, konzentriert sich die UGR derzeit auf diesen Aspekt. Hinzu kommt, dass die Erstellung konsistenter PIOT mit erheblichem Aufwand verbunden ist. Vollständige PIOT liegen daher nur für die Jahre 1990 (früheres Bundesgebiet) und 1995 (Deutschland) vor.

Zum Gesamtsystem der Material- und Energieflussrechnungen gehört als zusammenfassende Übersicht ein gesamtwirtschaftliches Materialkonto, das – dargestellt in physischen Einheiten (in der Regel in Tonnen) – Materialströme aus der Natur und der übrigen Welt in die inländische Wirtschaft erfasst sowie umgekehrt Materialströme aus der Wirt-

⁶ Zu Einzelheiten vgl. Lauber (2005), S. 255.



Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2008

Grafik 1: Gesamtsystem von Material- und Energieflussrechnung

schaft in die Natur und in die übrige Welt. Die Module zu Energie, Rohstoffen, Wasser, Abfall (noch unvollständig) und Luftemissionen zeigen das Aufkommen und die Verwendung dieser Stoffe, gegliedert nach wirtschaftlichen Aktivitäten und Arten von Stoffen. Die methodischen Grundlagen für diese Bausteine entsprechen den Vorgaben der EU⁷ und des SEEA 2003⁸ (näheres siehe unter 2.2).

Wesentlich für die Darstellung der Material- und Energieströme ist zunächst die Betrachtung der Volkswirtschaft als Ganzes. Diese wird im zweiten Schritt untersetzt durch die Gliederung nach Materialarten und im dritten Schritt nach wirtschaftlichen Einheiten, also Wirtschafts- oder Produktionsbereichen. Zugleich liegen auch die monetären Daten aus den „traditionellen“ VGR nach Produktions- oder Wirtschaftsbereichen gegliedert vor. Diese einheitliche Gliederung ermöglicht es, Querbeziehungen zwischen ökonomischen und umweltbezogenen Größen herzustellen und Interdependenzen zu analysieren. Hinsichtlich der UGR ist deshalb die Erfassung und Darstellung der durch die wirtschaftlichen Aktivitäten (in glei-

⁷ Statistical Office of the European Communities (2001).

⁸ United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, World Bank (2003).

cher Gliederung der Bereiche wie die VGR) ausgelösten Material- und Energieströme von wesentlicher Bedeutung. Diese Art der Darstellung unterscheidet sich von bislang üblichen, eher technisch ausgerichteten Betrachtungen von Stoffströmen (z. B. Emissionen nach Bereichen wie Industrieprozessen, Industriefeuerungen, Straßenverkehr, sonstiger Verkehr usw.).

Nur durch eine einheitliche methodische Abgrenzung und eine harmonisierte Gliederung der Ergebnisse ist es möglich, neben der Darstellung von absoluten Kenngrößen weitere Indikatoren zu entwickeln, bei denen verschiedene Größen zueinander in Beziehung gesetzt werden. So ist es in der Ökonomie gängige Praxis, die wirtschaftliche Leistung (Bruttowertschöpfung) zu den eingesetzten Produktionsfaktoren Arbeit oder Kapital in Beziehung zu setzen. In den UGR wird die wirtschaftliche Leistung in Relation zu den einzelnen, in physischen Einheiten gemessenen Mengen der Umwelteinsatzfaktoren gesetzt. Auf diese Weise lassen sich – ähnlich wie bei der Betrachtung der wirtschaftlichen Einsatzfaktoren Arbeit und Kapital – so genannte „Produktivitäten“ errechnen. Die so ermittelten Produktivitäten können als Maß für die Effizienz der Nutzung der verschiedenen Bestandteile des Produktionsfaktors Umwelt herangezogen werden.

Die Entwicklung der Effizienz ist unter dem Nachhaltigkeitsblickwinkel von besonderem Interesse, da sich Konflikte zwischen Umweltzielen und ökonomischen Zielen am ehesten durch Effizienzsteigerungen lösen bzw. abmildern lassen. Die Beobachtung der Entwicklung dieser Größen über längere Zeiträume kann darüber Auskunft geben, wie sich das Verhältnis dieser Faktoren u. a. durch technischen Fortschritt verändert, ob also z. B. der Einsatz von Kapital eher zur Entlastung des Faktors Arbeit oder des Faktors Umweltinanspruchnahme führt. In der Zusammenschau mit der Entwicklung der absoluten Mengen kann so gezeigt werden, ob eine Entwicklung hin zu einem schonenderen Umgang mit der Umwelt stattgefunden hat.

2.2 Gesamtwirtschaftliches Materialkonto

Die Berechnung von Material- und Energieflüssen ist auch im internationalen Rahmen von zentraler Bedeutung für die datenmäßige Erfassung von Zusammenhängen zwischen Wirtschaft und Umwelt. Das wird beispielsweise in dem gemeinsam von der UN, der Europäischen Kommission, dem Weltwährungsfonds (IWF), der OECD und der Weltbank herausgegebenen Handbuch zu Integrierten Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (SEEA 2003)⁹ deutlich. Auch auf EU-Ebene werden in verschiedenen Handbüchern detailliert Methoden und Abgrenzungen von Umweltrechnungen dargestellt. Das Handbuch zum gesamtwirt-

⁹ United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-Operation and Development, World Bank (2003).

schaftlichen Materialkonto¹⁰ stellt den konzeptionellen Rahmen dar, erläutert die einzelnen Positionen auf der Entnahme- und Abgabeseite der Bilanz und präsentiert Indikatoren, die von diesen Daten abgeleitet werden können.

Zentrale methodische Grundlagen für das gesamtwirtschaftliche Materialkonto:

- Wie bereits erwähnt, betrachtet das Materialkonto nur solche Materialflüsse, die mit einer Überschreitung der Systemgrenze zwischen Umwelt und Wirtschaft verbunden sind. Materialentnahmen sind definiert als Entnahme fester, flüssiger oder gasförmiger Materialien, die aus der Umwelt in das ökonomische System eingehen zum Zweck der (Weiter-)Verarbeitung in Produktionsprozessen oder zu Konsumzwecken. Als Materialabgabe werden entsprechend sämtliche Abgaben aus dem ökonomischen System (Produktionsprozesse oder Konsum) an die inländische Umwelt verstanden. Die Bilanzierung der Entnahme und Abgabe von Wasser gehört grundsätzlich zum Materialkonto, wird aber gesondert dargestellt. *Natürliche* Flüsse in oder aus einem politischen Territorium (z. B. der Ländergrenzen überschreitende Zustrom von Wasser über die Flüsse oder der grenzüberschreitende Zustrom von Luftschadstoffen) werden nicht einbezogen.
- In der Land- und Forstwirtschaft wird das Wachstum der angebauten Pflanzen dem System Umwelt zugerechnet, sodass nur die entnommenen Ernteprodukte (Feldfrüchte, Holz etc.) in das wirtschaftliche System eingehen. Deren Entstehung und der Bestand selbst werden als Teil der Umwelt erachtet, die Ausbringung von Saatgut, Dünger und Pflanzenschutzmitteln wird als eine unmittelbare Abgabe an die Natur (Stoffausbringung) angesehen. Bei dieser Sichtweise werden die mit den Fotosynthese-Leistungen der Pflanzen und ihrem Wachstum verbundenen Materialströme („Biologischer Metabolismus“, z. B. bezogen auf Sauerstoff, Kohlendioxid oder Wasser) und das damit zusammenhängende Biomassewachstum nicht als Veränderung des Materialbestandes in der Wirtschaft bilanziert. Da die hochkomplexen Stoffwechselforgänge nicht ausreichend zu quantifizieren sind und die Angaben in diesem Bereich folglich nicht so gut abgesichert sein können wie die Angaben für Güter oder für die in den UGR erfassten Rest- und Schadstoffe, liegen die Vorteile dieser Vorgehensweise auf der Hand.¹¹
- Die Ablagerung von Abfall in Deponien wird nicht als Materialabgabe an die Umwelt, sondern als Materialverbleib innerhalb des wirtschaftlichen Systems erachtet. Dagegen werden die bei der Verbrennung von Abfall freigesetzten Emissionen, das Deponiegas sowie Sickerwasser aus Deponien ebenso als Materialabgaben gebucht wie der kompos-

¹⁰ Statistical Office of the European Communities (2001).

¹¹ Schweinert, Stefan (2004), S. 16.

tierbare Abfall in seiner Gesamtheit als Materialabgabe an die Umwelt angesehen wird (in der Annahme, dass das anfallende Material auch tatsächlich als Kompost wieder ausgebracht wird)¹².

Auf der Entnahmeseite werden entsprechend den europäischen Vorgaben für die Materialflussrechnungen folgende Hauptkategorien unterschieden:

- Verwertete inländische Entnahme, untergliedert in abiotische und biotische Rohstoffe,¹³
- Entnahme von Gasen (insbesondere für Verbrennungsprozesse, Industrieprozesse),
- Einfuhr von Rohstoffen, Halb- und Fertigwaren,
- Nicht verwertete Entnahme (Abraum, Bergematerial, Bodenaushub, nicht verwertete Biomasse).

Auf der Abgabeseite des Materialkontos sind die wichtigsten Positionen:

- Inländische Abgabe nach Verwertung, wobei Luftemissionen, Emissionen ins Abwasser, die Ausbringung von Produkten (Saatgut, Dünger, Streusalz) und die Abgabe von sonstigen Gasen unterschieden werden,
- Ausfuhr in gleicher Gliederung wie die Einfuhr,
- Nicht verwertete inländische Abgabe, die der nicht verwerteten inländischen Entnahme entspricht.

Eine weitere, bislang noch nicht gefüllte Kategorie sind die indirekten Flüsse bezüglich der Im- bzw. der Exporte, also der Materialeinsatz in den „vorgelagerten“ Produktionsstufen der Im- und Exportgüter. Auf diesen Aspekt wird an späterer Stelle noch näher eingegangen (Abschnitt 4).

¹² Ob der deponierte Abfall als Abgabe an die Umwelt oder als Verbleib im wirtschaftlichen System gebucht wird, ist im EU-Handbuch freigestellt. Für Deutschland schien die Verbuchung als Abgabe an die Umwelt nicht sinnvoll, da alle Abfälle grundsätzlich auf geordnete Deponien zu verbringen sind (sofern sie nicht anderweitig verwertet werden) und damit weiterhin der „Kontrolle“ des wirtschaftlichen Systems unterliegen. Allerdings verfahren nicht alle Länder in gleicher Weise wie Deutschland, insbesondere solche nicht, bei denen zumindest teilweise davon auszugehen ist, dass Abfall so abgelagert wird, dass keine Kontrolle mehr über Ort und Zusammensetzung besteht.

¹³ Biotische (erneuerbare) Rohstoffe stammen aus Land- und Forstwirtschaft sowie aus der Fischerei, abiotische (nicht erneuerbare) Rohstoffe sind alle übrigen, also Energieträger, Erze und sonstige mineralische Rohstoffe (Sande, Kies, Steine, etc.).

Der Saldo zwischen Entnahmen aus und Abgaben an die Umwelt kann als Materialverbleib im wirtschaftlichen System interpretiert werden. Dazu gehört auch der deponierte Abfall, der – wie erwähnt – zumindest in Deutschland grundsätzlich kontrolliert abgelagert wird und insoweit nicht als eine Abgabe an die Umwelt angesehen wird.

Grafik 2 zeigt das Materialkonto in verkürzter Form mit Ergebnissen für das Jahr 2007. Die Daten werden aus unterschiedlichen Quellen zusammengestellt. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Statistiken über Produktion, Außenhandel, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei sowie Umwelt, die beim Statistischen Bundesamt¹⁴ erstellt werden. Außerdem werden Veröffentlichungen des Wirtschafts- und des Landwirtschaftsministeriums,¹⁵ der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe¹⁶ sowie Verbandstatistiken herangezogen. An einigen Stellen werden die Daten durch Schätzungen ergänzt,¹⁷ so zum Beispiel Entnahmen von Baumineralien durch Kleinbetriebe, die in der Produktionsstatistik nicht erfasst werden.

Mit Blick auf den gesamtwirtschaftlichen Rohstoff- und Materialverbrauch konzentrieren sich die folgenden Abschnitte auf die Entnahmeseite des Kontos, also auf die verwertete Entnahme von Rohstoffen und die Einfuhr. Auf der Abgabeseite wird die Ausfuhr von Material näher beleuchtet. Auf andere Teilbereiche der Materialflussrechnungen (z. B. Emissionen, Energie und Wasser) wird hier nicht weiter eingegangen.¹⁸ Die verwertete inländische Entnahme von Rohstoffen sowie die Einfuhr aller Güter werden im Folgenden zum Begriff Primärmaterial zusammengefasst.

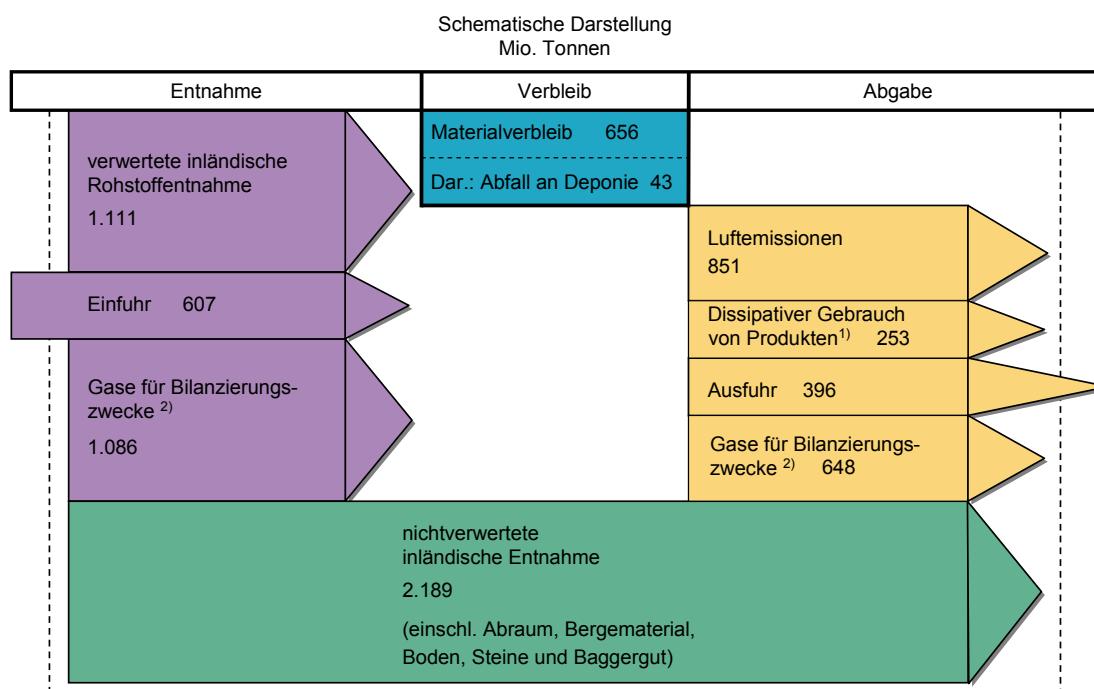
¹⁴ Statistisches Bundesamt.

¹⁵ Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (2008) und Bundesministerium für, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2008).

¹⁶ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2007).

¹⁷ Detaillierte Angaben zu Berechnungsmethoden und Quellen enthält Anhang I der Veröffentlichung Schweinert (2004).

¹⁸ Zu Einzelheiten siehe z. B. Schoer, Karl und Christine Flachmann (1999). Thomas, Joachim (1996). Ragaly, Sandor und Angela Heinze (1998).



Anmerkung: Entnahme und Abgabe von Material ohne Wasser

1) organischer und mineralischer Dünger, Pflanzenschutzmittel, Saatgut, Streusalz; einschl. dissipativen Verlusten, ohne Emissionen im Abwasser

2) Insbesondere für bzw. aus Verbrennungsprozessen (O_2 , N_2 bzw. H_2O)

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2009

Grafik 2: Materialkonto 2007

3. Primärmaterialeinsatz im Materialkonto und abgeleitete Indikatoren

Die Entnahmeseite des Materialkontos dient – wie oben bereits erläutert – der Erfassung des Materialbedarfs einer Volkswirtschaft. Dabei geht es nicht um die Erfassung von Beständen, sondern von Stromgrößen im Laufe einer Periode. Im ersten Schritt werden die unmittelbaren Materialströme erfasst, die aus der inländischen Natur entnommen werden bzw. aus dem Ausland eingeführt werden. Damit lassen sich Ausmaß und Entwicklung der physischen Inanspruchnahme der Umwelt erkennen. Aus einer einfachen Addition ganz unterschiedlicher Materialien in Gewichtseinheiten sind zunächst aber nur grobe Hinweise auf das Belastungspotential der Materialflüsse abzuleiten. Für eine genauere Analyse sind weitere Schritte erforderlich:

- Erstens muss zwischen Materialarten oder -kategorien unterschieden werden. Je nachdem, ob es beispielsweise im Kohlebergbau um die Förderung von Braunkohle (in der Regel im Tagebau) oder um Steinkohle (im Untertagebau) geht, werden unterschiedliche Eingriffe in die Landschaft verursacht, entstehen große oder vergleichsweise geringe Mengen von Abraum usw.. Ebenso macht es einen erheblichen Unterschied, ob man abiotische Rohstoffe betrachtet, deren Reserven endlich sind, oder ob es sich um biotische, also nachwachsende Rohstoffe handelt. Die Information über die einzelnen Kate-

gorien muss neben der Gesamtzahl als darunter liegende Information verfügbar sein, um adäquate Schlussfolgerungen ziehen zu können.

- Zum Zweiten ist ein besonderes Augenmerk auf mögliche Verschiebungen zwischen inländischer und ausländischer Herkunft von Materialien zu richten. Je mehr solche Substitutionsvorgänge stattfinden, desto stärker werden Umweltbelastungen, die von den Entnahme- und Produktionsprozessen ausgehen, ins Ausland verlagert. Zugleich können aber Substitutionsprozesse auch in die entgegengesetzte Richtung ablaufen, z. B. durch steigende Exporte von Materialien.
- Drittens ist eine Unterscheidung zwischen den Branchen erforderlich, die die verschiedenen Materialien verwenden. Wie oben bereits erläutert ist es eines der Kernelemente der UGR, die Ergebnisse nach Produktionsbereichen zu gliedern und damit Querbeziehungen zu anderen ökologischen oder ökonomischen Tatbeständen herzustellen. Anhand der branchenbezogenen Informationen lassen sich darüber hinaus diejenigen Bereiche identifizieren, für die ggf. umweltpolitische Maßnahmen sinnvoll wären. Auch bei der so genannten Dekompositionsanalyse, die es erlaubt, die zeitliche Entwicklung eines Indikators aus der Entwicklung seiner Einflussfaktoren zu erklären, ist es nur auf der Grundlage bereichsbezogener Ergebnisse sinnvoll, den Einfluss der Entwicklung der Wirtschaftsstruktur zu quantifizieren.
- Schließlich muss viertens versucht werden, die indirekten Materialflüsse, d. h. den Materialbedarf in den vorgelagerten Produktionsstufen, abzuschätzen. Es stellt sich also beispielsweise die Frage, wieviel Erz und wieviel Energie benötigt wurden, um Stahl zu erzeugen oder welche Mengen von Holz oder Zellstoff, Energie, Wasser etc. für die Herstellung von Druckerpapier verwendet werden. Die indirekten Materialflüsse, die mit den Produkten verbunden sind, werden auch als „ökologische Rucksäcke“ bezeichnet. Dabei wird unterschieden, ob lediglich die verwerteten vorgelagerten Materialeinsätze berücksichtigt werden oder auch die nicht verwerteten. Im Hinblick auf den globalen Materialbedarf einer Volkswirtschaft und die bereits angesprochenen Substitutionsvorgänge ist die rechnerische Einbeziehung dieser indirekten Materialströme für die importierten, aber auch für die exportierten Güter von besonderem Interesse.

Die beiden ersten Schritte sind im oben dargestellten Materialkonto bereits realisiert. Die Ergebnisse können herangezogen werden, um gesamtwirtschaftliche Darstellungen mit differenzierten Informationen zu unterlegen. Auch zur Verwendung von Primärmaterial nach

Branchen¹⁹ liegen Ergebnisse vor und werden regelmäßig veröffentlicht²⁰. Arbeiten zur Ermittlung der indirekten Materialflüsse sind derzeit im Gang (näheres siehe Abschnitt 4).

Sowohl Gesamtindikatoren wie auch nach Materialarten und/oder Branchen differenzierte Indikatoren dienen der Beantwortung jeweils spezieller Fragen. Die Gesamtindikatoren ermöglichen beispielsweise internationale Vergleiche. Sie werden aber insbesondere zur Problembeschreibung und zur Erfolgskontrolle auf nationaler Ebene verwendet. So wird der Rohstoffindikator der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung²¹ auf der Basis des Materialkontos und damit der gesamtwirtschaftlichen Materialflüsse gebildet. In der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie sind 21 Indikatoren festgelegt, die die Entwicklung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit abbilden sollen. Zugleich werden Ziele vorgegeben, die im Hinblick auf diese Indikatoren in den kommenden Jahren erreicht werden sollen. Der dort definierte Indikator „Rohstoffproduktivität“ soll insbesondere anzeigen, ob der Umgang der inländischen Wirtschaft mit den eingesetzten Materialien im Zeitablauf effizienter wird.

Zur Ermittlung der Rohstoffproduktivität wird – analog der Berechnung von Arbeits- oder Kapitalproduktivitäten – die wirtschaftliche Leistung mit der in physischen Einheiten gemessenen Rohstoffeinsatzmengen in Relation gesetzt. Dabei werden die Daten aus dem gesamtwirtschaftlichen Materialkonto zu Grunde gelegt. Im Einzelnen fließen die verwertete inländische Entnahme von abiotischen Rohstoffen (Energieträger, Erze, sonstige mineralische Rohstoffe wie Sand oder Kies) sowie die Einfuhr von abiotischen Rohstoffen und Gütern in den Rohstoffindikator ein. Bei der Interpretation dieser Größe ist zu beachten, dass bei der Berechnung von Produktivitäten der gesamte reale Ertrag der wirtschaftlichen Tätigkeit ausschließlich auf den gerade betrachteten Produktionsfaktor – hier den Rohstoffeinsatz – bezogen wird, obwohl das Produkt aus dem Zusammenwirken sämtlicher Produktionsfaktoren entsteht.

Im Handbuch zu den Materialflussrechnungen der EU²² wird ebenfalls die Bildung von Indikatoren empfohlen, die den gesamtwirtschaftlichen Rohstoffbedarf darstellen und internationale Vergleiche ermöglichen. Die wichtigsten dieser Indikatoren, soweit sie sich mit dem Materialeinsatz beschäftigen, sind:

¹⁹ Schoer, Karl und Stefan Schweinert (2005).

²⁰ Statistisches Bundesamt (2008b).

²¹ Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2002).

²² Statistical Office of the European Communities (2001).

- der direkte Materialeinsatz („direct material input“ – DMI),
- der inländische Materialverbrauch („domestic material consumption“ – DMC),
- der Gesamtmaterialeinsatz („total material input“ – TMI),
- der Gesamtmaterialbedarf („total material requirement“ – TMR) sowie
- die physische Handelsbilanz („physical trade balance“ – PTB), die sich als Differenz von Im- und Exporten in Tonnen ergibt und damit insbesondere den Außenhandel beleuchtet.

Die Zusammenhänge zwischen den Indikatoren ergeben sich wie folgt:

		2007	2007
		Mio. Tonnen	Veränderung gegenüber 1994 in Prozent
	verwertete abiotische inländische Entnahme	852	-23,1
+	verwertete biotische inländische Entnahme	258	22,4
+	Einfuhr (biotisch und abiotisch)	606	30,7
=	DMI (direkter Materialeinsatz)	1.716	-3,7
+	nicht verwertete inländische Entnahme	2.189	-7,1
=	TMI (Gesamtmaterialeinsatz)	3.906	-5,7
+	indirekte Materialflüsse verbunden mit Importen	n. v.	n. v.
=	TMR (Gesamtmaterialbedarf)	n. v.	n. v.

Der inländische Materialverbrauch ergibt sich aus der inländischen Entnahme und dem Saldo aus Ein- und Ausfuhr:

		2007	2007
		Mio. Tonnen	Veränderung gegenüber 1994 in Prozent
	DMI (= inländische Entnahme + Einfuhr)	1.716	-3,7
	Ausfuhr (biotisch und abiotisch)	396	77,5
	DMC (inländischer Materialverbrauch)	1.320	-15,3

Die Basiszahl für den Rohstoffindikator der deutschen nationalen Nachhaltigkeitsstrategie kann ebenfalls vom DMI abgeleitet werden:

		2007	2007
		Mio. Tonnen	Veränderung gegenüber 1994 in Prozent
	DMI (direkter Materialeinsatz)	1.716	-3,7
-	verwertete inländische Entnahme von Biomasse	258	22,4
-	Einfuhr von Biomasse und deren Produkten	109	54,3
=	Basiszahl für deutschen Rohstoffindikator	1.349	-10,1

Die Abgrenzung der Materialströme, die in den DMI (direkter Materialeinsatz) eingehen, unterscheidet sich also von der, die dem deutschen Indikator zu Grunde gelegt wird, lediglich durch die inländische Entnahme von Biomasse und die Einfuhr von Gütern biotischen Ursprungs. Bei den Überlegungen der Bundesregierung zum effizienteren Einsatz von Rohstoffen standen vor allem die nicht erneuerbaren Rohstoffe im Vordergrund. Demgegenüber erlaubt die zusätzliche Einbeziehung der biotischen Rohstoffe auch die Betrachtung möglicher Substitutionseffekte zwischen den beiden Materialkategorien. Hinsichtlich der einzubeziehenden Materialarten in einen Indikator gibt es also kein generelles „richtig“ oder „falsch“, vielmehr hängt die Auswahl von der jeweiligen Fragestellung der Analyse ab.

Das zeigt sich auch bei der vergleichenden Betrachtung von DMI (direkter Materialeinsatz) und DMC (DMI abzüglich der exportierten Mengen), was in der internationalen Diskussion eine Rolle spielt. Der DMI, der den (direkten) Materialeinsatz für Produktion und Konsum im Inland umfasst, ist insbesondere dann die geeignete Größe, wenn die Analyse nicht auf die gesamtwirtschaftliche Ebene reduziert, sondern auf Produktions- und Konsumprozesse heruntergebrochen werden soll, wenn also Wirtschaftsstruktur und Produktionsverflechtungen näher beleuchtet werden sollen. Demgegenüber ist der DMC dann geeignet, wenn eine Größe benötigt wird, die doppelzählungsfrei über verschiedene Länder aggregierbar ist oder wenn auf gesamtwirtschaftlicher Ebene z. B. ein inländischer Materialeinsatz nach einzelnen Materialarten betrachtet werden soll.

Ein weiterer, noch umfassenderer Indikator, der so genannte Gesamtmaterialbedarf („total material requirement“ - TMR), bezieht zusätzlich zur nicht verwerteten Entnahme die indirekten Materialströme (hier ebenfalls die nicht verwerteten) auf den vorgelagerten Produktionsstufen im Ausland ein. Zwar sind derzeit Arbeiten im Gang, die die indirekten Materialströme ermitteln sollen (vgl. Abschnitt 4.), sie beinhalten jedoch keine nicht verwerteten Materialien.

Im Hinblick darauf, dass einerseits die Analyse der nicht verwerteten Entnahme auf nationaler wie auf internationaler Ebene nicht im Vordergrund steht und dass andererseits die Datenbeschaffung gerade in diesem Bereich äußerst schwierig bzw. die Datenqualität oft nicht ausreichend ist, sind in dieser Richtung in absehbarer Zeit auch keine Anstrengungen der amtlichen Statistik vorgesehen. Dagegen wurden von wissenschaftlichen Instituten – in Deutschland vor allem vom Wuppertal Institut²³ – bereits Berechnungen für den TMR vorgelegt.

Der letzte oben genannte Indikator gemäß dem EU-Handbuch, die physische Handelsbilanz (PTB), liefert eine erste, sehr grobe Einschätzung grenzüberschreitender Materialströme. Er zeigt auf, ob in der Summe ein Zustrom oder ein Abfluss von Material in eine Volkswirtschaft zu verzeichnen ist. In ihm verdeutlicht sich die Notwendigkeit der globalen Betrachtung von Materialströmen, wobei jedoch für detaillierte Analysen umfangreiche zusätzliche Informationen benötigt werden. Es stellen sich Fragen wie: Werden Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren importiert und finden die zugehörigen (Umwelt belastenden) Entnahme- und/oder Produktionsprozesse dann im Ausland statt? Oder ist es umgekehrt? Welche Verschiebungen ergeben sich im Zeitablauf? Gibt es Unterschiede zwischen dem Materialbedarf in den vorgelagerten Produktionsstufen im Inland und im Ausland? Kann man daraus Schlüsse hinsichtlich des globalen Materialbedarfs der inländischen Wirtschaft ziehen? Welche Prozesse finden im Inland gar nicht statt (Anbau von Bananen, Abbau von Kupfererzen etc.)? Wie integriert man diese in die inländische Rechnung? Welche Daten benötigt man, um diese und ähnliche Fragen zu beantworten? Einen umfassenderen Ansatz für diese Art von Fragestellungen bietet das Konzept der indirekten Effekte, das im folgenden Abschnitt kurz erläutert wird.

4. Weiterführende Analysen

Die Ergebnisse der Materialflussrechnungen, wie der UGR allgemein, können als Grundlage für vielfältige weiterführende Analysen und Modellrechnungen sowie die Formulierung von Maßnahmen verwendet werden. Einige ausgewählte seien hier erwähnt.²⁴

- Die Ableitung gesamtwirtschaftlicher Indikatoren. Von besonderem Interesse sind dabei Indikatoren, die in Form von Effizienzmaßen (Produktivitäten oder deren Kehrwert, die Intensitäten) monetäre ökonomische Größen mit physischen Umweltkennziffern verknüpfen – vgl. Abschnitt 2.1. Darüber hinaus kann bei der Betrachtung von Primärmaterialströmen eine Analyse nach Materialarten auf gesamtwirtschaftlicher Ebene erfolgen.

²³ Schütz, Helmut (2003).

²⁴ Schoer, Karl (2005).

- Die Ableitung sektoraler Indikatoren (z. B. Primärmaterial- oder Energieintensität der Produktions- bzw. Wirtschaftsbereiche). Auch hier kommt wiederum den sektorspezifischen Effizienzindikatoren besondere Bedeutung zu.
- Nutzung der Daten in multi-sektoralen ökonomischen Modellierungsansätzen: Mit der Modellierung werden Szenarien aufgestellt, die es erlauben, in einer integrierten Betrachtung die Entwicklung sowohl von Umweltvariablen wie auch von wirtschaftlichen Variablen in der Zukunft abzuschätzen. So kann z. B. im Rahmen eines solchen Modells abgeschätzt werden, wie sich etwa die Einführung einer Energie- oder einer anderen rohstoffbezogenen Steuer auf Energieverbrauch, Primärmaterialeinsatz, CO₂-Emissionen, Steuereinnahmen, Beschäftigung oder Bruttoinlandsprodukt und eventuell weitere Variablen auswirken würde. Die Daten der UGR liefern für diese Modelle einen wichtigen Input. Modellrechnungen sind aber nicht Teil der UGR, sondern werden von wissenschaftlichen Institutionen außerhalb der amtlichen Statistik durchgeführt.

Ein Ansatz, der die Analysemöglichkeiten erheblich ausweitet, ist die Berechnung von indirekten Materialflüssen in Form von so genannten „Rohstoffäquivalenten“. Hintergrund ist, dass bei den Daten, die in den bisherigen Indikator einfließen, die Messung der Rohstoffinputs anhand der Originalwerte eine gewisse Verzerrung der Gewichtsrelationen mit sich bringt. Insbesondere repräsentiert das Gewicht der importierten Materialien in der Regel nur noch einen Teil der zu ihrer Erzeugung eingesetzten Rohstoffe. So gehen zum Beispiel allein bei der Herstellung von Roheisen aus Eisenerz rund 80 % des Gewichts des ursprünglich entnommenen Materials verloren. Auch werden beim Gewicht der importierten Metalle die bei der Verhüttung eingesetzten Energieträger nicht berücksichtigt. Eine Substitution von importiertem (oder im eigenen Land entnommenem) Eisenerz durch importiertes Roheisen oder importierten Stahl würde sich in dem auf den Originalwerten beruhenden Indikator als ein Rückgang des Rohstoffeinsatzes niederschlagen, obwohl sich der Verbrauch von Eisenerz und der zur Verhüttung eingesetzten Energieträger faktisch nicht verringert hat, sondern nur in das Ausland verlagert wurde. Um diese Schwäche zu beheben, werden bei der Berechnung von Rohstoffäquivalenten also die importierten (bzw. exportierten) Halb- und Fertigwaren auf die zu ihrer Herstellung notwendigen Rohstoffe umgerechnet (im o. g. Beispiel also importierter Stahl auf das eingesetzte Eisenerz, die Energieträger etc.).

Die Darstellung in Rohstoffäquivalenten zeigt weit deutlicher als es bislang möglich war, in welchem Umfang Belastungen im In- und Ausland vom Materialbedarf der deutschen Wirtschaft ausgehen. Durch die Bilanzierung von Im- und Exporten in Rohstoffäquivalenten wird zudem deutlich, welcher Teil davon auf die Nachfrage aus dem Inland einerseits und aus dem Ausland andererseits zurückzuführen ist. Erst der Vergleich der verschiedenen Aggregate zeigt, wie ressourceneffizient die deutsche Wirtschaft tatsächlich ist, welche Verlage-

rungseffekte stattfinden und welche Aktivitätsbereiche im Sinn globaler Verantwortung die eigentlichen Auslöser für Ressourcenverbrauch und Umweltbelastung sind.

Ein Rohstoffindikator, der auf der Basis von Rohstoffäquivalenten berechnet wird, liefert außerdem ein verbessertes Mengengerüst zur Analyse der Umweltwirkungen („impacts“) der Rohstoffnutzung – sowohl für Rohstoffe insgesamt als auch auf der Ebene einzelner Rohstoffarten. Auf einem verbesserten Mengengerüst können dann weitere Überlegungen zu einem transparenteren und hinsichtlich seiner ökologischen Auswirkungen richtungssicheren Rohstoffindikator (oder Indikatorensatz) aufbauen.

Das Statistische Bundesamt arbeitet derzeit – mit Unterstützung des Umweltbundesamtes – an einem Projekt zur Berechnung von Rohstoffäquivalenten. Der verwendete methodische Ansatz verbindet in einem komplexen Rechenverfahren die gesamtwirtschaftliche Input-Output-Analyse mit den Ergebnissen von Prozesskettenanalysen auf der Produktebene. Die Ergebnisse sind auf die gesamte Volkswirtschaft bezogen. Sie sind damit sowohl für gesamtwirtschaftliche Produktivitätsbetrachtungen als auch für Analysen auf der Ebene der Rohstoffe (z. B. Bilanzierungen bestimmter Metalle) geeignet.²⁵

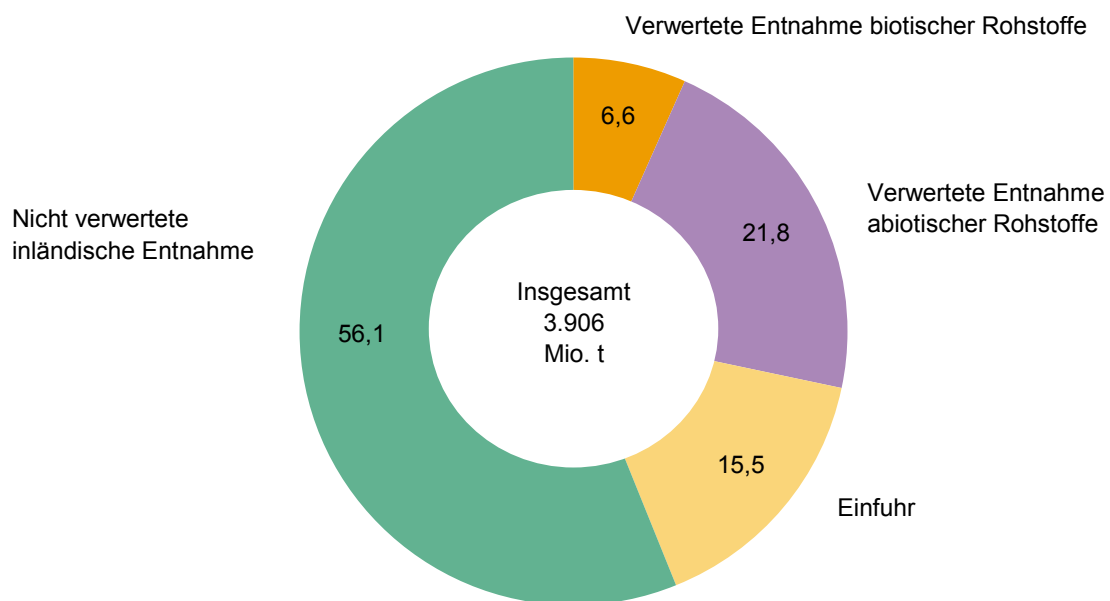
5. Ausgewählte Ergebnisse

Beispielhaft werden im Folgenden einige Ergebnisse vorgestellt, die Möglichkeiten der Analyse von Materialflussrechnungen zeigen. Der Materialeinsatz für die deutsche Volkswirtschaft (inländische Entnahme von Material – ohne Entnahme von Gasen aus der Atmosphäre – und Einfuhr von Gütern) belief sich 2007 auf rund 3.906 Mio. Tonnen (Grafik 3). Davon entfielen knapp 3.300 Mio. Tonnen auf Materialentnahmen in Deutschland und 606 Mio. Tonnen auf Einfuhren. Rund zwei Drittel der inländischen Entnahmen wurden nicht weiter verwendet, sondern fielen z. B. in Form von Abraum und Bergematerial aus dem Bergbau oder als Bodenaushub an – allein rund 1.736 Mio. Tonnen (52,6 % der inländischen Materialentnahme) als Abraum im Braunkohletagebau. Je Einwohner wurden somit im Jahr 2007 rund 47 Tonnen Material für wirtschaftliche Zwecke eingesetzt, im Jahr 1994 waren es knapp 51 Tonnen pro Kopf.

Bei der verwerteten inländischen Entnahme war die mengenmäßig bedeutendste Position der Bereich „Sonstige mineralische Rohstoffe“ und hier wiederum „Baumineralien“ mit 577 Mio. Tonnen im Jahr 2007 (Tabelle 1). Die entnommenen Energieträger folgen mit 219 Mio. Tonnen (darunter 180 Mio. Tonnen Braunkohle) und liegen damit niedriger als die

²⁵ Die Arbeiten des Statistischen Bundesamtes stehen kurz vor dem Abschluss. Ergebnisse für die Jahre 2000 bis 2005 werden im Lauf des Jahres 2009 veröffentlicht.

biotischen Rohstoffe (Wildtiere, Bäume und übrige Pflanzen) mit zusammen 258 Mio. Tonnen. Von den Einfuhren sind die Hälfte Energieträger und deren Erzeugnisse (303 Mio. Tonnen), 138 Mio. Tonnen entfallen auf Erze und deren Erzeugnisse, 55 Mio. Tonnen auf sonstige mineralische Rohstoffe und deren Erzeugnisse und 109 Mio. Tonnen auf biotische Güter. Fasst man die Entnahmen aus der inländischen Umwelt und die Einfuhren zusammen, so sind die Energieträger einschließlich ihrer Erzeugnisse mit insgesamt 522 Mio. Tonnen eine bedeutende Einzelposition.



Anmerkung: Materialeinsatz 2007 ohne Wasser und Gase aus der Atmosphäre

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2009

Grafik 3: Materialeinsatz 2007, Anteil am Gesamteinsatz in Prozent

Tabelle 1: Rohstoffentnahme und Import nach Materialkategorien*)

Materialkategorien	1994	2000	2007	Veränderung 2007 gegen- über 1994 in Prozent
	Mio. Tonnen			
Rohstoffentnahme und Import insgesamt (bio- tisch und abiotisch)¹	1.782	1.736	1.716	-3,7
Rohstoffentnahme und Import (abiotisch)²	1.500	1.410	1.349	-10,1
Davon				
Inländische Rohstoffentnahme (abiotisch)	1.108	970	852	-23,1
Inländische Entnahme von Energieträgern	278	221	219	-21,2
Inländische Entnahme von Erzen	0,1	0,5	0,4	197,9
Inländische Entnahme von sonstigen minerali- schen Rohstoffen	830	748	633	-23,7
darunter: Baumineralien	775	697	577	-25,6
Einfuhr (abiotisch)	392	440	496	26,5
Einfuhr von Energieträgern und deren Erzeug- nissen	237	268	303	28,2
Einfuhr von Erzen und deren Erzeugnissen	87	107	138	58,1
Einfuhr von sonstigen mineralischen Rohstoffen und deren Erzeugnissen	69	65	55	-19,4
Rohstoffentnahme und Import (biotisch)	282	326	367	30,4
Davon				
Entnahme von Biomasse	211	245	258	22,4
Einfuhr von Gütern biotischen Ursprungs	71	81	109	54,3

*) 2007 vorläufige Ergebnisse.

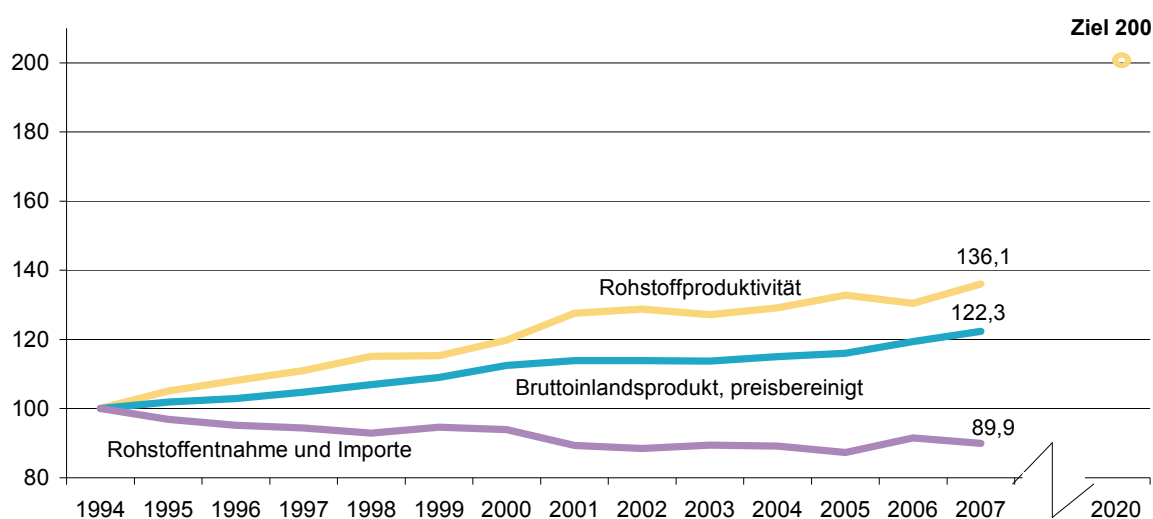
1) Direkter Materialeinsatz - DMI.

2) Basiszahl für den Rohstoffindikator der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie.

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, hat sich die Bundesregierung in ihrer nationalen Nachhaltigkeitsstrategie u. a. die Steigerung der Rohstoffproduktivität zum Ziel gesetzt, um so der Ressourcenverknappung entgegenzuwirken und die Umweltbelastungen, die vom Rohstoffverbrauch ausgehen, zu vermindern. Inwieweit das bislang gelungen ist, zeigt Grafik 4. Die verwertete Rohstoffentnahme im Inland und die Importe – jeweils abiotische Materialien – sind von 1994 bis 2007 um 10,1 % zurückgegangen, während das Bruttoinlandsprodukt in diesem Zeitraum um 22,3 % gestiegen ist. Das entspricht einer Produktivitätssteigerung um 36,1 %.

Der abiotische Materialeinsatz und das Wirtschaftswachstum haben sich also bis zu einem gewissen Grad entkoppelt. Insgesamt entwickelte sich der Indikator in die angestrebte Richtung, das bisherige Tempo der Erhöhung würde jedoch nicht ausreichen, um das gesteckte Ziel einer Verdoppelung der Rohstoffproduktivität bis zum Jahr 2020 zu erreichen.

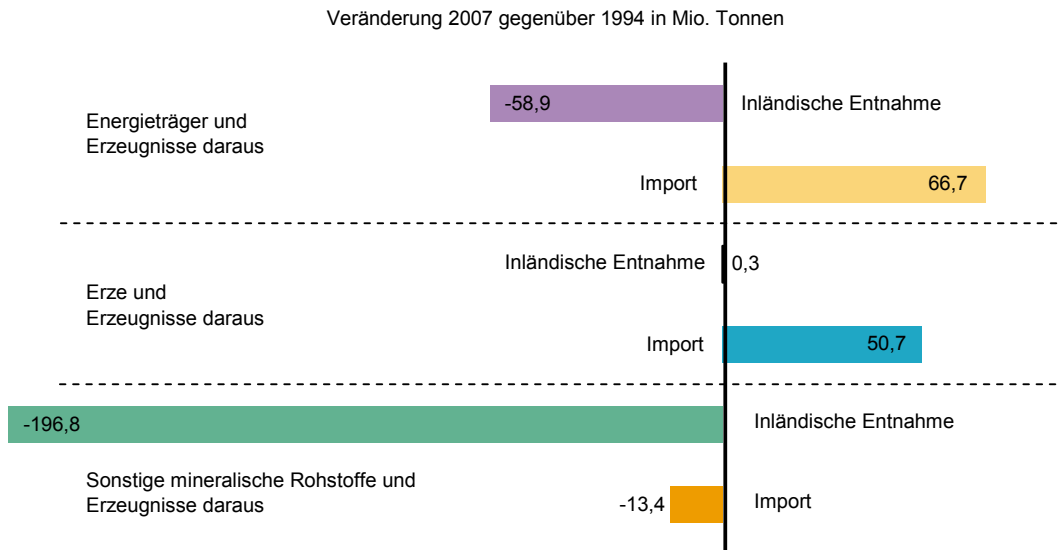
Für die Interpretation dieser Gesamtentwicklung lohnt sich ein Blick auf die verschiedenen Materialarten einerseits und die Verteilung zwischen inländischer Entnahme und Importen andererseits (Grafik 5). Die inländische verwertete abiotische Rohstoffentnahme war im Zeitraum von 1994 bis 2007 deutlich rückläufig (-255 Mio. Tonnen bzw. -23 %), wobei die bedeutendste Einzelposition, nämlich die Entnahme von Sand, Kies, Natursteinen u. ä., die Entwicklung besonders geprägt hat (-196,8 Mio. Tonnen). Der Einsatz von Baurohstoffen ist in Deutschland als Folge der deutlich rückläufigen Baukonjunktur zwischen 1994 und 2005 überproportional zurückgegangen. In diesem Zeitraum verminderten sich die Bauinvestitionen preisbereinigt um fast 24 %, seit 2006 sind sie dann wieder gestiegen. Dieser Effekt hat rechnerisch wesentlich zu einer Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Rohstoffproduktivität beigetragen. Darüber hinaus spielten die geringeren Fördermengen im Steinkohle- und Braunkohlebergbau (-59 % bzw. -13 %) eine Rolle.



Anmerkung: 2007 vorläufige Ergebnisse

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2009

Grafik 4: Rohstoffproduktivität und Wirtschaftswachstum



Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2009

Grafik 5: Entnahme abiotischer Rohstoffe und Einfuhr abiotischer Güter

Gegenläufig zu dieser Entwicklung stieg die Einfuhr von abiotischen Gütern um 27 % (bzw. 104 Mio. Tonnen) an, wobei hier die mengenmäßig bedeutsamste Position die Energieträger mit einem Plus von rund 67 Mio. Tonnen waren. Bei den Energieträgern zeigen also die Entwicklungen von inländischer Entnahme und Einfuhr in entgegengesetzte Richtungen, bei Erzen sind die Importe gestiegen (+51 Mio. Tonnen) und bei den sonstigen mineralischen Rohstoffen sind sowohl die inländische Entnahme als auch die Einfuhr im Betrachtungszeitraum rückläufig. Der Anteil der importierten Güter am gesamten Primärmaterialeinsatz erhöhte sich damit von 26 % im Jahr 1994 auf rund 37 % im Jahr 2007.

Interessant ist auch ein Blick auf die Verwendung der eingesetzten Materialien. Im Jahr 2006²⁶ wurden von der Gesamtmenge in Höhe von 1.373 Mio. Tonnen des eingesetzten Primärmaterials (verwertete Entnahme abiotischer Rohstoffe im Inland zuzüglich Einfuhr von abiotischen Gütern) 1.283 Mio. Tonnen als Vorleistungen für die Produktion sowie für den direkten Konsum der privaten Haushalte verwendet. Die Differenz von 90 Mio. Tonnen wurde direkt exportiert oder ist den übrigen Kategorien der letzten inländischen Verwendung (Investitionen, Vorratsveränderungen) zuzurechnen. Der Anteil des Konsums der privaten Haushalte an den 1.283 Mio. Tonnen eingesetzten Primärmaterials ist mit 4,1 % relativ gering, wohingegen 95,9 % auf die verwendenden Produktionsbereiche entfallen.

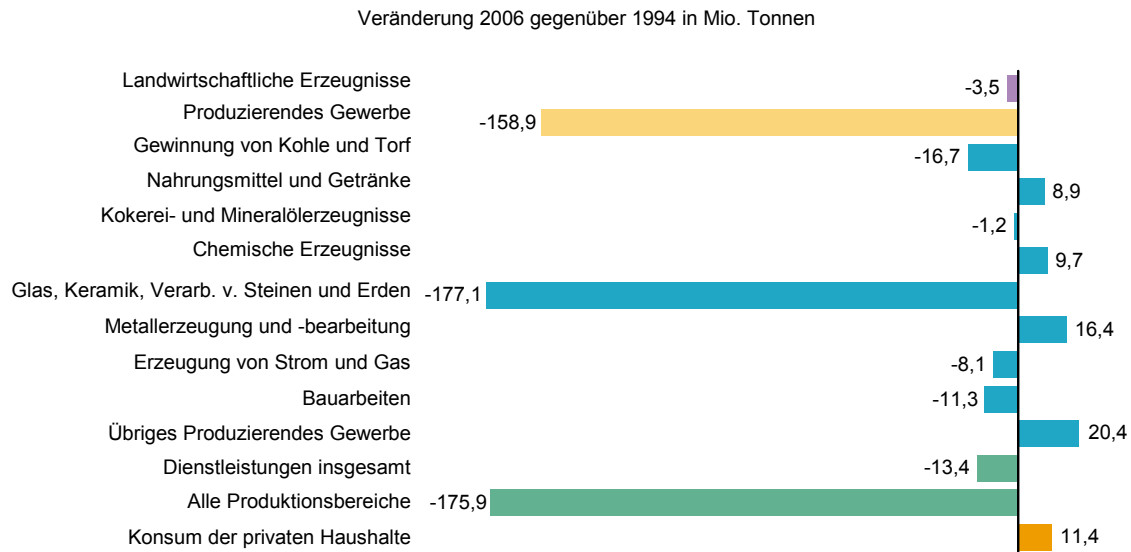
Die Differenzierung nach Produktionsbereichen zeigt für 2006 erwartungsgemäß einen weit überwiegenden Anteil des Produzierenden Gewerbes (89,3 %) an der Verwendung von abio-

²⁶ Angaben für 2007 differenziert nach Produktionsbereichen lagen bei Redaktionsschluss noch nicht vollständig vor.

tischem Material im Vergleich zum Dienstleistungsgewerbe (5,8 %). Innerhalb des Produzierenden Gewerbes sind die bedeutendsten Verwender die Bereiche „Glas, Keramik, Verarbeitung von Steine und Erden“ (20,5 %), „Bauarbeiten“ (21,9 %), „Strom und Gas“ (17,9 %), „Kokerei und Mineralölerzeugnisse“ (10,1 %) und „Metallerzeugung“ (7,8 %). Zusammen verwenden diese Produktionsbereiche rund 78 % des eingesetzten abiotischen Materials. Diese starke Konzentration auf wenige Branchen weist darauf hin, dass die gesamtwirtschaftliche Entwicklung des absoluten Materialeinsatzes wie auch des Nachhaltigkeitsindikators „Rohstoffproduktivität“ wesentlich durch die Entwicklung in diesen Branchen bestimmt wird.

Zwischen 1994 und 2006 verzeichneten die Produktionsbereiche einen Rückgang in der Verwendung von abiotischem Material in Höhe von insgesamt 175,9 Mio. Tonnen (Grafik 6). Es zeigt sich, dass diese Entwicklung im betrachteten Zeitraum insbesondere durch den deutlichen Rückgang des Materialeinsatzes im Bereich „Glas, Keramik, Verarbeitung von Steine und Erden“ (-177,1 Mio. Tonnen) geprägt war.

Abschließend sei der oben erwähnte Indikator „physische Handelsbilanz“ (PTB = Physical Trade Balance), also der Saldo von Ein- und Ausfuhr in Tonnen, kurz beleuchtet. Im Jahr 2007 wurden knapp 606 Mio. Tonnen an Gütern (biotisch und abiotisch) nach Deutschland eingeführt und 396 Mio. Tonnen ausgeführt. Das ergibt einen Überschuss der Einfuhren in Höhe von 209 Mio. Tonnen. Im Unterschied dazu zeigt sich monetär ein Überschuss der (Waren-) Ausfuhr von rund 195 Mrd. EUR. Auch in den zurückliegenden Jahren ist das Bild weitgehend ähnlich. Für ein relativ rohstoffarmes Industrieland wie Deutschland ist dieser Befund nicht überraschend. Auf der einen Seite werden Rohstoffe in großen Mengen importiert, auf der anderen Seite hochwertige, aber weniger gewichtsintensive Industriegüter exportiert. In welche Richtung damit eine Verlagerung von Umweltbelastungen erfolgt, bedarf allerdings – wie oben erläutert – der näheren Analyse.



Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung 2009

Grafik 6: Verwendung von abiotischen Primärmaterialien nach wirtschaftlichen Aktivitäten

Hilfreich für solche Analysen sind die im Abschnitt 4 erwähnten Berechnungen zu den Rohstoffäquivalenten. In den Materialflussrechnungen wird die eingesetzte Rohstoffmenge, wie eingangs erläutert, als Indikator für eine Reihe von Belastungen (Flächennutzung, Emissionen, Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen) verwendet. Durch die Umrechnung der importierten und exportierten Waren auf die für ihre Produktion eingesetzten Rohstoffe (Erze, Energieträger, biotische Rohstoffe etc.) steht eine erheblich bessere Basis zur Verfügung, um den Rohstoffeinsatz der deutschen Volkswirtschaft im Hinblick auf seine globalen Umweltwirkungen zu betrachten. Welche Bedeutung dieser Aspekt hat, zeigen erste Ergebnisse des erwähnten Projekts, denen zufolge die Importe in Rohstoffäquivalenten etwa fünfmal so hoch sind wie das statistisch erfasste Gewicht der importierten Güter.

6. Ausblick

Die Materialflussrechnungen wie sie hier skizziert wurden, haben in den vergangenen Jahren auf nationaler und internationaler Ebene an Bedeutung gewonnen. National bilden sie – wie dargestellt – die Datenbasis für materialbezogene Indikatoren der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. International wurden die Konzeptentwicklung und die Datensammlung u. a. vom Statistischen Amt der Europäischen Gemeinschaften (Eurostat) vorangetrieben. Die Materialflussrechnungen sind ein Kernelement einer umweltökonomischen Berichterstattung der EU und sollen in einer entsprechenden Richtlinie verankert werden. Auf UN-Ebene werden die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen zu einem internationalen Standard weiterentwickelt. Dies erfolgt im Rahmen eines umfassenden Prozesses

zur Überarbeitung des SEEA²⁷ (Integrated System on Environmental Economic Accounting). Auch dort gehören die Materialflussrechnungen zum geplanten Kernprogramm.

Wie in Deutschland bereits realisiert, sind auch auf EU-, OECD- und UN-Ebene Ergebnisse aus den Materialflussrechnungen in den jeweiligen Indikatorensets enthalten oder sollen aufgenommen werden. Neue Indikatoren sollen entwickelt werden, um die unterschiedlichen Aspekte der Ressourcennutzung besser zu beleuchten. Hier seien insbesondere zwei zentrale Punkte genannt, bei denen besondere Anstrengungen zur Verbesserung der Datenlage unternommen werden: Zum einen sind das Fragen nach der internationalen Verflechtung der Materialflüsse und damit eine Betrachtung über die jeweiligen nationalen Grenzen hinaus (Stichwort: „indirekte Materialflüsse“), zum anderen Fragen nach Art und Umfang der mit der Ressourcennutzung verbundenen Belastungen („impacts“). Auf die Darstellung der indirekten Flüsse wurde in Abschnitt 4 bereits eingegangen. Zur Betrachtung der Belastungen durch Materialflüsse wurden z. B. von der Europäischen Kommission mehrere Forschungsvorhaben angestoßen, deren Ergebnisse in den kommenden ein bis zwei Jahren vorliegen dürften.

Autorin: Ursula Lauber, Statistisches Bundesamt
(E-Mail: ursula.lauber@destatis.de)

²⁷ United Nations (2003).

Literatur.

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2007) (Hrsg.): Bundesrepublik Deutschland – Rohstoffsituation 2007 sowie frühere Ausgaben dieses Berichts.
- Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2002) (Hrsg.): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Berlin.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (2008) (Hrsg.): Der Bergbau in der Bundesrepublik – Bergwirtschaft und Statistik 2008 sowie frühere Ausgaben dieses Berichts.
- Bundesministerium für, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2008) (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 2008 sowie frühere Ausgaben dieses Berichts.
- Europäische Kommission (2005): Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen, Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, KOM (2005) 670, S. 5, 2005.
- Europäische Kommission (2008): Die Rohstoffinitiative – Sicherung der Versorgung Europas mit den für Wachstum und Beschäftigung notwendigen Gütern, Mitteilung an das Europäische Parlament und den Rat am 4. November 2008.
- Lauber, Ursula (2005): Gesamtwirtschaftlicher Rohstoffeinsatz im Rahmen der Materialflussrechnungen, in: Wirtschaft und Statistik 2005, H.3, S. 253 ff..
- Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2008) (Hrsg.): Für ein nachhaltiges Deutschland – Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, Berlin.
- Ragaly, Sandor und Angela Heinze (1998): Material- und Energiefluss -Informationssystem – Stoffstrombilanzierung in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen – umweltpolitisches Anforderungsprofil und Konzeption, in: Wirtschaft und Statistik 1998, H. 3, S.259 ff.
- Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004): Am Roten Faden arbeiten. Stellungnahme zum Regierungsentwurf des Fortschrittsberichts 2004 „Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung“ vom 19. Juli 2004.

- Schoer, Karl und Christine Flachmann (1999): Wasser in der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, in: *Wirtschaft und Statistik* 1999, H.11, S. 891 ff.
- Schoer, Karl (2005): Umweltökonomische Gesamtrechnungen; in: *Umweltschutzberater*, Ergänzungslieferung Februar 2005.
- Schoer, Karl und Stefan Schweinert (2005): Verwendung von Primärmaterial nach Produktionsbereichen und Materialarten, in: *Wirtschaft und Statistik* 2005, H.7, S. 748 ff.
- Schütz, Helmut (2003): Economy-wide material flow accounts, land use accounts and derived indicators for Germany, Projektbericht an die Europäische Kommission vom 26.2.2003.
- Schweinert, Stefan (2004): Nationales Handbuch Materialkonto, Band 13 der Schriftenreihe Beiträge zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Hrsg. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Seibel, Steffen (2003): Decomposition analysis of carbon dioxide-emission changes in Germany – conceptual framework and empirical results, Luxembourg 2003.
- Statistical Office of the European Communities (2001) (Hrsg.): Economy-wide material flow accounts and derived indicators – A methodological guide, Luxemburg.
- Statistisches Bundesamt: Fachserie 3 „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“ – Reihen 1 und 3; Fachserie 4 „Produzierendes Gewerbe“ – Reihe 3.1; Fachserie 7 „Außenhandel“ – Reihe 1; Fachserie 19 „Umwelt“ – Reihen 1.2.1 und 2.2; jeweils aktuelle Ausgaben.
- Statistisches Bundesamt (2008a): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Indikatorenbericht 2008, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2008b): UGR-Tabellenband 2008, www.destatis.de (Pfad: Weitere Themen/ Umwelt/ Umweltökonomische Gesamtrechnungen/ Publikationen).
- Steurer, Anton (2003): The use of National Accounts in developing SD Indicators, Second Meeting of the ESS Task Force on Methodological Issues for Sustainable Development Indicators, Meeting of 3–4 February 2003, Eurostat.
- Thomas, Joachim (1996): Luftemissionsentwicklung der Produktionsbereiche – Ergebnisse aus der Datenbank Emittentenstruktur der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, in: *Wirtschaft und Statistik* 1996, H.1, S.40 ff.

United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-Operation and Development, World Bank (2003) (Hrsg.): Integrated Environmental Economic Accounting 2003, Studies in methods, Series F, No.61, Rev.1.

Weizsäcker, Ernst Ulrich von, Hunter, Amory B. und L. Hunter Lovins (1995): Faktor Vier – Doppelter Wohlstand – halbierter Naturverbrauch – Der neue Bericht an den Club of Rome, München.